

Franciele Bonatto
Jair de Oliveira
João Dallamuta
(Organizadores)

Ciência, Tecnologia e Inovação

Atena
Editora
Ano 2019

Franciele Bonatto
Jair de Oliveira
João Dallamuta
(Organizadores)

Ciência, Tecnologia e Inovação

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © da Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
---	--

C569	Ciência, tecnologia e inovação [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Bonatto, Jair de Oliveira, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019.
------	--

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia.
ISBN 978-85-7247-125-1
DOI 10.22533/at.ed.251191802

1. Ciência – Brasil. 2. Inovação. 3. Tecnologia. I. Bonatto, Franciele. II. Oliveira, Jair de. III. Dallamuta, João.

CDD 506

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Há quase quarenta anos, Alvin Toffler em seu Best Seller, *The Third Wave*, profetizou; “Pode-se criar mais valor com uma ideia em dez segundos do que com dez mil horas em uma linha de produção”. Esta talvez seja a melhor definição de inovação, não exatamente do conceito, mas do que ela efetivamente gera como efeito nas organizações e na sociedade.

Ciência, tecnologia e ambiente, considerando neste último fatores econômicos, sociais e legais, são base para a inovação. No que no que concerne a nossos pesquisadores, eles tem feito a parte deles, produzido ciência e tecnologia a despeito das dificuldades econômicas e culturais no Brasil. Há muito que melhorar sim, mas também a muito há se reconhecer.

Esse livro apresenta dois pilares de inovação, ciência e tecnologia, em uma reunião de vinte e quatro artigos, que são o resultado de pesquisas realizadas nos mais diversos setores com uma riqueza de metodologias e resultados.

Nesta obra, temos a oportunidade de leitura é fruto de trabalhos científicos de diversos pesquisadores. Aos pesquisadores, editores e aos leitores para quem em última análise todo o trabalho é realizado, agradecemos imensamente pela oportunidade de organizar tal obra.

Boa leitura!
Franciele Bonatto
Jair de Oliveira
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A FORMAÇÃO DOCENTE E AS NOVAS MÍDIAS TECNOLÓGICAS	
Walkiria de Fatima Tavares de Almeida	
Daniel González González	
DOI 10.22533/at.ed.2511918021	
CAPÍTULO 2	8
LABPATI – LABORATÓRIO DE PROJETOS DE AUTOMAÇÃO E TECNOLOGIAS INOVADORAS	
Jefferson Uchôa Ponte	
Erivando de Sena Ramos	
Alan Cleber Morais Gomes	
Francisco Giovanildo Teixeira de Souza	
Ligia Maria Carvalho Sousa Cordeiro	
DOI 10.22533/at.ed.2511918022	
CAPÍTULO 3	13
UMA CURADORIA DIGITAL PARA OS DADOS CIENTÍFICOS DE PESQUISA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO: A CRIAÇÃO DO PROJETO PILOTO	
Nilson Theobald Barbosa	
Linair Maria Campos	
Fabrícia Carla Ferreira Sobral	
Roberto José Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.2511918023	
CAPÍTULO 4	22
A UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS PARA A IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS DE ACESSIBILIDADE EM ESPAÇOS PÚBLICOS	
Francisco da Silva Passos	
José William Menezes Ribeiro	
Marlon Amaro Coelho Teixeira	
DOI 10.22533/at.ed.2511918024	
CAPÍTULO 5	28
CASE DE GESTÃO ADMINISTRATIVA E MODULARIZADA COM USO DO GLPI	
Ricardo Lazzari da Rosa	
Jorge Alberto Messa Menezes Júnior	
Luciano Pereira de Vargas	
Francis Diego Duarte Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.2511918025	
CAPÍTULO 6	35
EXPERIÊNCIA DE USO DE MAPEAMENTO DE PROCESSOS DE NEGÓCIO COMO FERRAMENTA DE APOIO AO LEVANTAMENTO E ELICITAÇÃO DE REQUISITOS DE SOFTWARE	
Fernanda Vieira Figueira	
Levi Cacau	
Alex Alves da Silva	
Kemis A. V. da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.2511918026	

CAPÍTULO 7 41

CONJUNTO DE PRÁTICAS INTERDISCIPLINARES PROPOSTA PELO PROGRAMA SAVE: *GREEN PARK* (Parque de diversão que gera energia limpa)

Jiam Pires Frigo
Nandra Martins Soares
Andreia Cristina Furtado
Oswaldo Hideo Ando Junior

DOI 10.22533/at.ed.2511918027

CAPÍTULO 8 50

SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO PARA SERVIDORES DO PCCTAE

Daniel Ferreira de Oliveira
Taiana Barbosa Pereira
Marcio Alexandre Silva Ferreira
Marcelo Duarte da Silva
Tarcila Gesteira da Silva
Julliany Sales Brandão
Enoch Cezar Pimentel Lins da Silva

DOI 10.22533/at.ed.2511918028

CAPÍTULO 9 57

GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Pisum sativum* L. SOB INFLUÊNCIA DE ARMAZENAMENTO

Alexandre Alves da Silva
Adriano Henrique Silva
Thaís Franco Pires de Lemos
Beatriz Moreira Zanatta
Caroline Luiza Benedito
João Pedro Bufalari da Cunha
Paulo Frezato Neto
Vinícius Bechelli Valadão de Araujo
Ruan Carlos da Silveira Marchi
Maria Aparecida da Fonseca Sorace
Conceição Aparecida Cossa

DOI 10.22533/at.ed.2511918029

CAPÍTULO 10 62

GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE *Lactuca sativa* L. APÓS PRAZO DE VALIDADE

Thaís Franco Pires de Lemos
Alexandre Alves da Silva
Adriano Henrique Silva
Beatriz Moreira Zanatta
Caroline Luiza Benedito
João Pedro Bufalari da Cunha
Paulo Frezato Neto
Vinícius Bechelli Valadão de Araujo
Ruan Carlos da Silveira Marchi
Maria Aparecida da Fonseca Sorace
Conceição Aparecida Cossa

DOI 10.22533/at.ed.25119180210

CAPÍTULO 11 68

PARÂMETROS DE CRESCIMENTO SOB ADUBAÇÃO FOSFATADA NO GRÃO-DE-BICO

Daniela Oliveira Silva
Mauren Sorace
Naielen de Lara Lopes
Débora Del Moura Soares
Bruna Lana Campanenute Soares
Ruan Carlos da Silveira Marchi
Ana Beatryz Prenzier Suzuki

DOI 10.22533/at.ed.25119180211

CAPÍTULO 12 80

POTENCIAL ALELOPÁTICO DE EXTRATO AQUOSO DE TUBÉRCULOS DE *Cyperus rotundus* L.
SOBRE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Digitaria insularis* L.

Olivia Pak Campos
Conceição Aparecida Cossa
Maria Aparecida da Fonseca Sorace
Ruan Carlos da Silveira Marchi
Leonardo Sgargeta Ustulin
Paulo Frezato Neto

DOI 10.22533/at.ed.25119180212

CAPÍTULO 13 86

CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA DE SUBPRODUTO DE LARANJA (*CITRUS SINENSIS*) QUANTO
A COMPOSIÇÃO DE FIBRAS, COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E POTENCIAL ANTIOXIDANTE

Isabela Julio Iwassa
Cecília Pinzon
Eliane Dalva Godoy Danesi
Beatriz Cervejeira Bolanho Barros

DOI 10.22533/at.ed.25119180213

CAPÍTULO 14 95

AVALIAÇÃO SENSORIAL E INTEÇÃO DE COMPRA DE PÃES COM ADIÇÃO DE FARINHA DE
GERGELIM *Sesamum indicum* L.

Roberta de Oliveira Sousa Wanderley
Paulo Alves Wanderley
Wellita Azevedo Silva
Anna Catarina Costa Paiva
Janine Patrícia Melo Oliveira
Altevir Paula de Medeiros
Oswaldo Soares da Silva
Élida Ramalho da Silva

DOI 10.22533/at.ed.25119180214

CAPÍTULO 15 100

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES HIGIÊNICO-SANITÁRIAS E ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E
MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE PANIFICADORAS SITUADAS NO MUNICÍPIO DE CAMPINA
GRANDE-PB

Deyzi Santos Gouveia
Fernanda Ellen Martins Oliveira Araújo
Yasmim Maria Azevedo Santos
Rebeca de Lima Dantas
Mércia Melo de Almeida Mota
Nubênia de Lima Tresena

DOI 10.22533/at.ed.25119180215

CAPÍTULO 16	115
ÓXIDO DE ZINCO (ZNO) E A DEGRADAÇÃO FOTOCATALÍTICA DA CAFEÍNA	
Lariana Negrão Beraldo de Almeida Giane Gonçalves Lenzi Juliana Martins Teixeira de Abreu Pietrobelli Onelia Aparecida Andreo dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.25119180216	
CAPÍTULO 17	130
INFRAESTRUTURA DE SÍTIOS INSTITUCIONAIS UTILIZANDO CONTÊINERES DOCKER	
Carlos Vinícius Braga dos Santos Felipe Evangelista dos Santos Luiz Carlos Barbosa Martins	
DOI 10.22533/at.ed.25119180217	
CAPÍTULO 18	136
DESENVOLVIMENTO DE SEMI-EIXO DE FIBRA DE CARBONO/EPÓXI PARA O PROTÓTIPO BAJA – SACI VII: PROJETO ESTRUTURAL E VALIDAÇÃO	
Rafael Pereira da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.25119180218	
CAPÍTULO 19	153
ESTUDO NUMÉRICO DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM DISSIPADORES	
Ulysses Lucius Salles Pereira Ana Lúcia Fernandes de Lima e Silva Amanda Aparecida Silva Angel Edecio Malaguera Mora	
DOI 10.22533/at.ed.25119180219	
CAPÍTULO 20	174
FATORES TERMODINÂMICOS ASSOCIADOS À CONVECÇÃO PROFUNDA SOBRE A REGIÃO DO CENTRO DE LANÇAMENTO DE ALCÂNTARA	
Gabriel Miller de Oliveira Marcos Daisuke Oyama	
DOI 10.22533/at.ed.25119180220	
CAPÍTULO 21	184
EVALUATION OF HETEROGENEOUS CATALYSTS DERIVED FROM WHITE AND BROWN CHICKEN EGG SHELL FOR SOYBEAN BIODIESEL SYNTHESIS	
Diego Oliveira Cordeiro Marta Maria da Conceição Luis Ferreira de Lima Janduir Egito da Silva Eduardo Lins Barros Neto	
DOI 10.22533/at.ed.25119180221	

CAPÍTULO 22	200
SÍNTESE E ESTUDO DE HIDROXIAPATITA E BETA FOSFATO TRICÁLCICO PARA USO BIOMÉDICO	
Thatiane Cristine Silva Pereira Batista	
Gerson Avelino Fernandes	
DOI 10.22533/at.ed.25119180222	
CAPÍTULO 23	213
DIMENSIONAMENTO DE BIODIGESTORES COM O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO NA INDÚSTRIA SUÍNA. ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE CUNHA, SÃO PAULO	
Larissa Ferraz Felipe Santos	
Christian Jeremi Rodriguez Coronado	
DOI 10.22533/at.ed.25119180223	
CAPÍTULO 24	228
PRODUÇÃO ECOLÓGICA DE SABÕES	
João Gabriel da Silva Andrade	
Valéria Aquilino Barbosa	
Tânia Mara Rizzato	
Vagner Roberto Batistela	
DOI 10.22533/at.ed.25119180224	
CAPÍTULO 25	244
PROPOSTA DE PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NAS ETAPAS DE QUEIMA E, INSPEÇÃO E CLASSIFICAÇÃO, EM UMA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA NO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PARÁ	
Magda Tayane Abraão de Brito	
Rayssa Bezerra Silva	
Antônio Pereira Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.25119180225	
SOBRE OS ORGANIZADORES	265

SÍNTESE E ESTUDO DE HIDROXIAPATITA E BETA FOSFATO TRICÁLCICO PARA USO BIOMÉDICO

Thatiane Cristine Silva Pereira Batista

Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI,
Instituto de Recursos Naturais
Itajubá – MG

Gerson Avelino Fernandes

Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI,
Instituto de Engenharia Mecânica
Itajubá – MG

RESUMO: A hidroxiapatita (HA) e o beta fosfato tricálcico (β -TCP) são duas cerâmicas largamente empregadas como biomateriais por apresentarem uma composição química semelhante à do tecido ósseo, sendo, dessa forma, capazes de promover a ósteo-integração. Vem-se realizando diversos estudos a fim de se conhecer a capacidade destes materiais na formação de biocompósitos, já que as resistências mecânicas de materiais cerâmicos são relativamente baixas, inviabilizando seu uso puro na fabricação de implantes ósseos. A hidroxiapatita e o beta fosfato tricálcico são encontrados comercialmente com facilidade, mas com um alto custo de obtenção. No entanto, estas cerâmicas podem ser facilmente sintetizadas partindo-se de matérias-primas mais baratas. As notáveis características físicas, químicas e biológicas da hidroxiapatita e do beta fosfato tricálcico, juntamente com seu baixo custo e facilidade de obtenção, fazem

destes biomateriais uns dos mais estudados e empregados na área biomédica. Considerando-se estes fatores, foram realizadas as sínteses e caracterizações das biocerâmicas em pó do tipo HA e β -TCP a fim de serem utilizadas como compatibilizantes em materiais bioinertes e/ou biotoleráveis. Dessa forma, foram feitos o estudo da influência da temperatura na síntese dos materiais e a determinação da pureza e da morfologia dos pós sintetizados por meio de métodos de caracterização, como espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier, difração de raios X e análise granulométrica.

PALAVRAS-CHAVE: Biomateriais, Cerâmicas, Fosfatos de Cálcio.

ABSTRACT: Hydroxyapatite and beta-tricalcium phosphate are two ceramics widely used as biomaterials because they have a chemical composition similar to the composition of bone tissue and are capable of promoting osteointegration. Several studies have been carried out in order to know the capacity of these materials in the formation of biocomposites, since the mechanical resistances of ceramic materials are relatively low, making their pure use impossible in the manufacture of bone implants. Hydroxyapatite and tricalcium beta phosphate are readily available commercially, but at a high cost. However, these ceramics can

be easily synthesized from cheaper raw materials. The remarkable physical, chemical and biological characteristics of hydroxyapatite and beta-tricalcium phosphate, together with its low cost and easy production, make these biomaterials some of the most studied in the biomedical area. Considering these factors, the syntheses and characterizations of the bioceramics hydroxyapatite and beta-tricalcium phosphate were performed in order to be used as compatibilizers in bio-inert and / or biotolerable materials. In this way, the influence of temperature on the synthesis of the materials and the determination of the purity and morphology of the synthesized powders were studied through characterization methods, such as Fourier Transform Infrared Spectroscopy, X-ray diffraction and particle size analysis.

KEYWORDS: Biomaterials, Ceramics, Calcium Phosphates.

1 | INTRODUÇÃO

A hidroxiapatita, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, dentre os fosfatos de cálcio, é a biocerâmica mais estudada e a mais utilizada para finalidades clínicas, principalmente por se tratar do componente majoritário da fase mineral de ossos e dentes, representando 30 a 70% da massa óssea e dentária (EANES, 1980). Quando no organismo, a hidroxiapatita participa de ligações químicas com o tecido ósseo que favorecem o crescimento ósseo para os locais em que ela se encontra e permitem a proliferação de células ósseas (SILVA, 2006).

Diversas técnicas vêm sendo desenvolvidas para a síntese do pó de HA devido a suas crescentes aplicações (BOSCHI, 1993). Dentre os vários métodos existentes, o mais utilizado é o de precipitação via úmida, técnica que apresenta baixo custo e simplicidade, quando comparada aos métodos tradicionais (KOUTSOPOULOS, 2002).

Os processos de precipitação consistem na adição de grupos fosfatos a suspensões que contenham íons cálcio, podendo partir de diferentes reagentes (RIGO; GEHRKE; CARBONARI, 2007). A reação de neutralização que utiliza ácido ortofosfórico e hidróxido de cálcio apresenta grande potencial para produção da hidroxiapatita, uma vez que se tem apenas água como subproduto da reação, conforme mostrado a seguir:



Variáveis como temperatura de obtenção e temperatura de calcinação são críticas para a pureza e características cristalográficas do material obtido (RIGO; GEHRKE; CARBONARI, 2007). Reações de obtenção em temperaturas mais altas (a partir de 80°C) permitem a produção de pós mais cristalinos (LOURENÇO; SOUSA; SILVA, 2009). Diferentes temperaturas de calcinação do pó obtido podem alterar a fase presente no sólido, pois cada uma das fases dos fosfatos de cálcio apresenta diferentes estabilidades térmicas e propriedades físicas (RAYNAUD et al., 2002).

O fosfato tricálcico, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, é um biomaterial de grande importância, pois como todos os fosfatos de cálcio, apresenta grande semelhança com a fase mineral de ossos e dentes; além de sua excelente biocompatibilidade, bioatividade e ausência de toxicidade local (GOMES et al., 2012).

Sua utilização como biomaterial tem uma grande área de aplicação, pois já foi empregado com sucesso no preenchimento de defeitos e extensão de contornos do tecido ósseo (BILLOTTE, 2000), bem como em sistemas de liberação controlada de fármacos (LAKES, 2000). Sua importância também se deve, ao fato de ser um dos precursores mais bem sucedidos na síntese de hidroxiapatita, além de ser empregado, em certos casos, em misturas bioativas de estímulo ao crescimento ósseo (JUN et al., 2003).

O fosfato tricálcico pode ser encontrado sob duas formas alotrópicas, β e α , sendo que a primeira é estável a temperaturas inferiores a 1125°C , enquanto que a segunda é formada acima desta temperatura (DOROZHKIN, 2009).

O β -TCP ($\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) pode ser considerado uma fase de alta temperatura, que é preparada acima de 800°C , pela decomposição térmica da hidroxiapatita deficiente em cálcio ou por interação no estado sólido de ortofosfato de cálcio acidificado (ZAVAGLIA, 2011), segundo a reação a seguir:



O β -TCP não pode ser precipitado de soluções aquosas. Além das rotas de preparação químicas, β -TCP com íons substituídos pode ser preparado pela calcinação de ossos (ZAVAGLIA, 2011). Ao ser combinado com hidroxiapatita, o β -TCP forma um fosfato de cálcio bifásico, o BCP. Assim como o β -TCP, o BCP é uma cerâmica muito usada na substituição de tecidos ósseos (DOROZHKIN, 2009).

2 | METODOLOGIA

2.1 Hidroxiapatita

A fim de avaliar-se o grau de pureza da hidroxiapatita sintetizada a um valor de temperatura mais baixo do que o recomendado pela literatura (80°C) e estudar a influência das temperaturas de calcinação em suas propriedades estruturais, a HA foi preparada pelo método de precipitação via úmida entre ácido fosfórico (H_3PO_4) e hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). A solução de ácido fosfórico 0,3M foi adicionada com controle de vazão (0,1mL/s) à solução de hidróxido de cálcio 0,5M previamente aquecida à temperatura de 60°C , sob agitação constante.

O pH foi controlado por meio da adição de uma solução de hidróxido de amônio (NH_4OH), permanecendo entre 9,0 e 9,5. O precipitado foi envelhecido por um período

de 24 h na solução mãe, na qual decantou. Após esse período a suspensão foi filtrada a vácuo e o precipitado foi seco em estufa a 80°C por 24h.

O pó de hidroxiapatita obtido foi desaglomerado em um almofariz de ágata e dividido em três frações, uma foi reservada para comparação, e as demais passaram pelo processo de calcinação, uma a 800°C e outra a 1000°C, durante duas horas.

Os pós foram submetidos à análise por espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) e difração de raios X (DRX). As fases cristalinas foram identificadas por difração de raios-X. A análise foi conduzida a temperatura ambiente em um equipamento Shimadzu XRD-6000 a 40 kV e 30 mA e com um comprimento de onda λ $\text{CuK}\alpha = 0.154$ nm. As amostras em forma de pó foram analisadas em um intervalo de varredura de 2θ entre 20 e 80 graus a uma taxa de 1,2°/min.

2.2 BETA FOSFATO TRICÁLCICO

Com o objetivo de analisar-se o grau de pureza e estudar a influência da calcinação em suas propriedades estruturais, o beta fosfato tricálcico foi obtido por meio da mistura a seco de carbonato de cálcio (CaCO_3) e fosfato bibásico de cálcio (CaHPO_4), em um moinho planetário de alta energia por 1h a 200 RPM, de modo a melhorar o contato entre os reagentes.

A mistura dos pós foi umidificada com excesso de acetona e, posteriormente, deixou-se a suspensão descansar por 24 h. O precipitado foi seco em uma estufa por três horas a 80°C.

O pó obtido de beta-TCP foi moído a seco no moinho planetário de alta energia e dividido em duas frações, uma foi reservada para comparação, e a outra passou pelo processo de calcinação, a 1000°C, durante seis horas.

Os pós foram então submetidos à análise por espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), difração de raios X (DRX) e análise granulométrica (realizada a seco).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.3 Hidroxiapatita

Apartir dos espectros de absorção no infravermelho das amostras de hidroxiapatita não calcinada (Figura 1), calcinada a 800°C (Figura 2) e calcinada a 1000°C (Figura 3), é possível verificar similaridade entre os resultados obtidos.

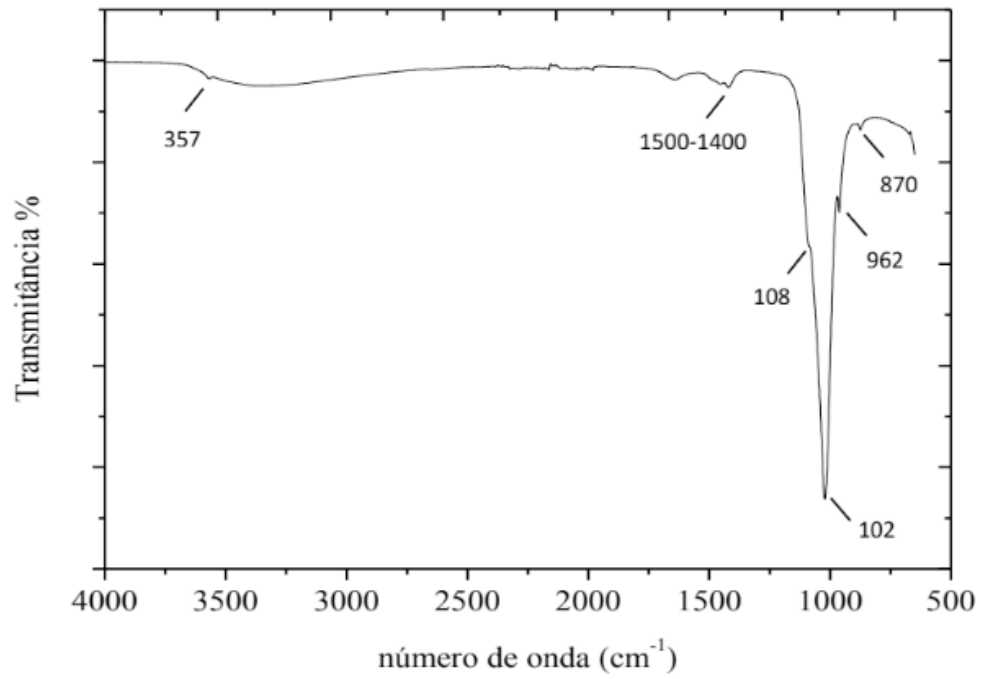


Figura 1 –Espectro da amostra de hidroxiapatita não calcinada

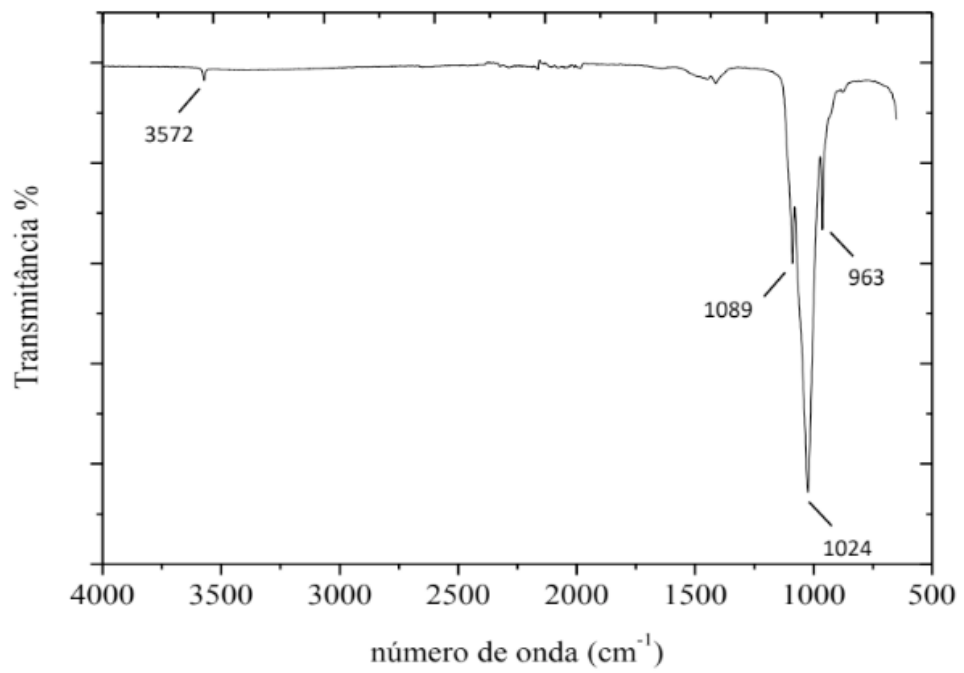


Figura 2 – Espectro da amostra de hidroxiapatita calcinada a 800°C

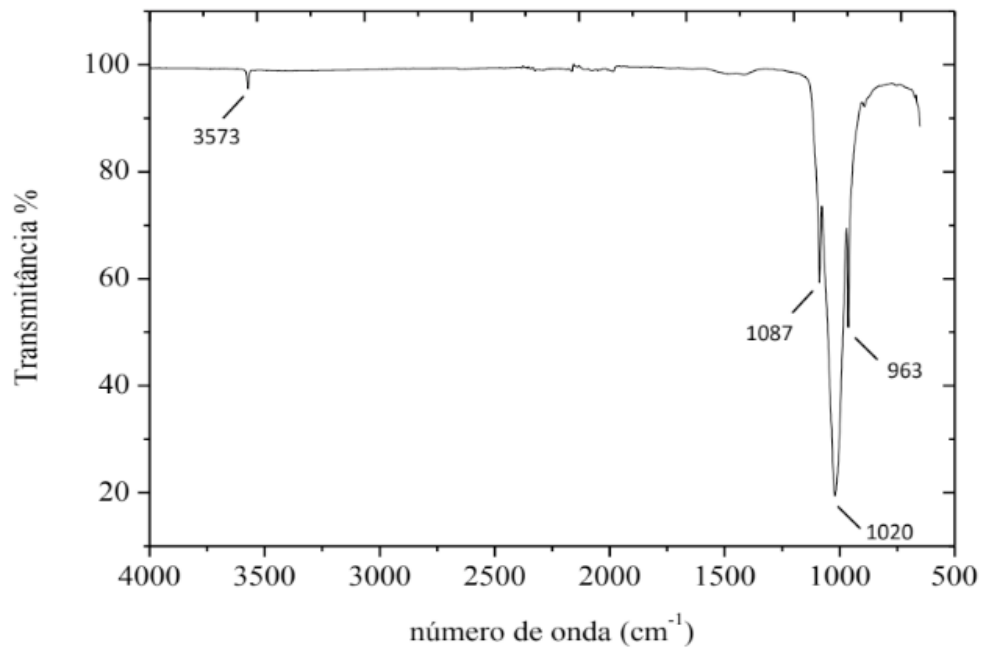


Figura 3 – Espectro da amostra de hidroxiapatita calcinada a 1000°C

As bandas presentes representam a fase de HA, confirmando a eficácia da síntese. Picos em torno de 963, 1024 e 1087 cm^{-1} , representam o grupamento PO_4^{3-} , que fica mais evidente com a sinterização; a banda em 3576 cm^{-1} representa o grupamento OH. Os espectros também mostram vestígios de CO_3^{2-} em torno de 870 cm^{-1} e na faixa de 1400 a 1500 cm^{-1} , que vão desaparecendo com o aumento da temperatura de calcinação (OLIVEIRA et al., 2010).

Os difratogramas de raios-X das amostras de hidroxiapatita sem calcinar e calcinadas a temperaturas de 800°C e 1000°C, são mostrados nas Figuras 4, 5 e 6 respectivamente.

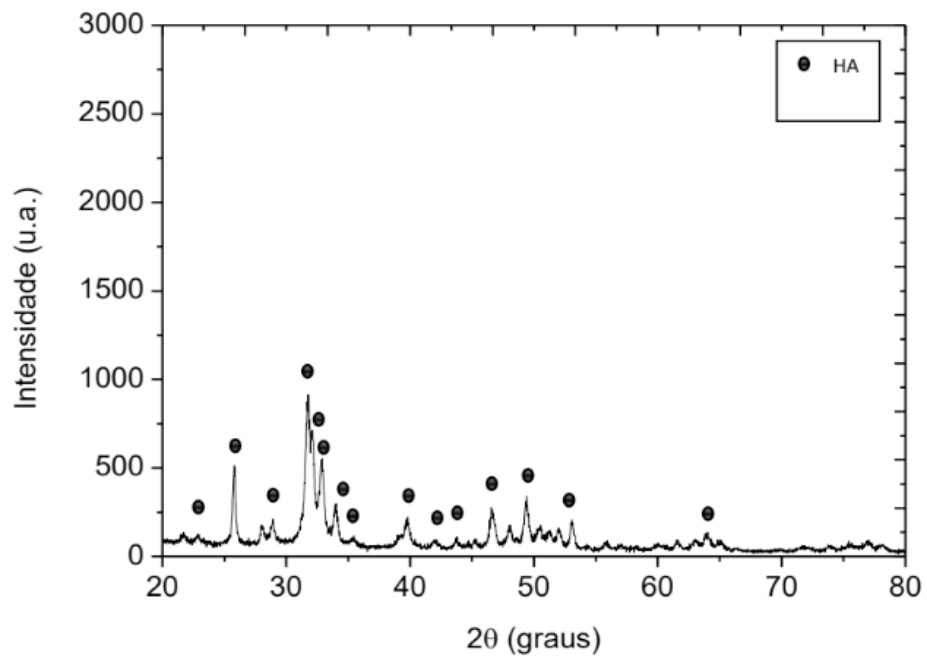


Figura 4 – Difratoograma da amostra de hidroxiapatita não calcinada

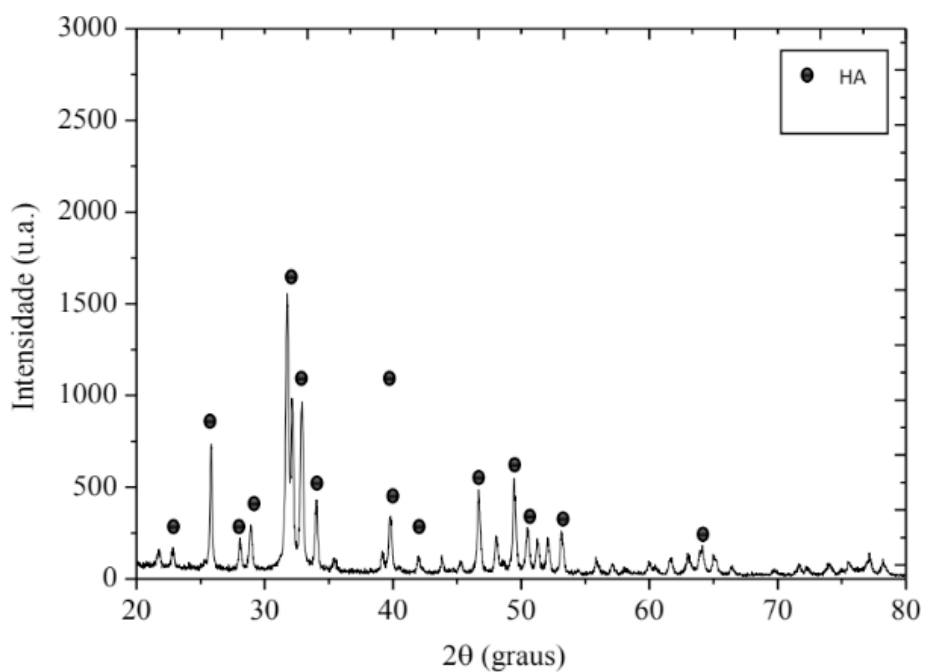


Figura 5 – Difratoograma da amostra de hidroxiapatita calcinada a 800°C

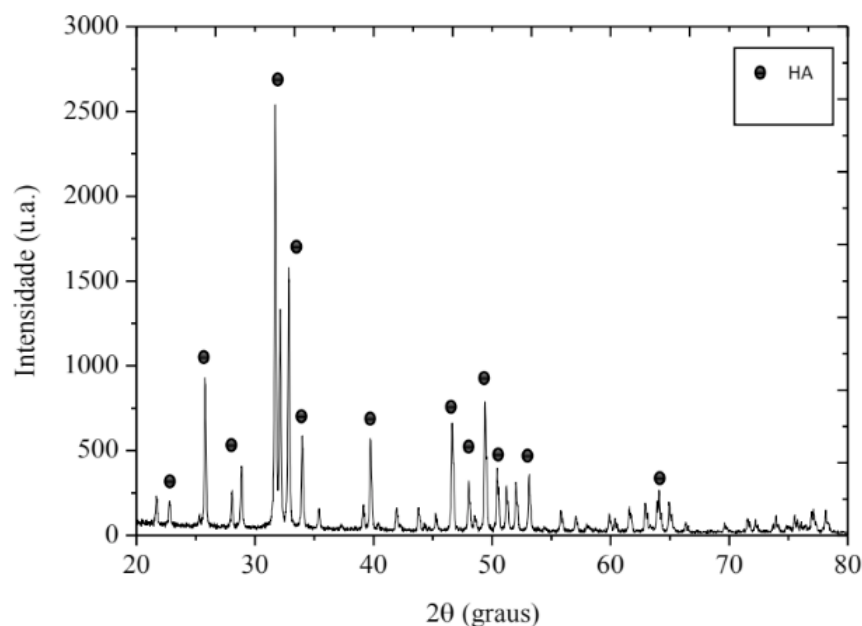


Figura 6 – Difratograma da amostra de hidroxiapatita calcinada a 1000°C

Pelos difratogramas obtidos (Figura 4 a Figura 6) é possível constatar que as amostras apresentam as fases características de uma hidroxiapatita (indicadas pelos pontos negros acima dos picos de cada difratograma), ou seja, as bandas nos difratogramas representam as fases das quais a hidroxiapatita é formada, não mostrando a formação de nenhuma fase diferente destas (SANTOS, 2002).

Os difratogramas também mostram que com o aumento na temperatura de calcinação os picos ficam mais bem definidos e com maior intensidade, o que indica o aumento na cristalinidade do pó, isto é, as amostras calcinadas apresentam estruturas mais cristalinas que a amostra não calcinada. Isso ocorre porque a temperatura de calcinação influencia na fase presente do pó, devido às diferentes propriedades físicas e estabilidades térmicas das fases presentes nos fosfatos de cálcio (RAYNAUD et al., 2002).

3.4 Beta Fosfato Tricálcico

Os espectros de absorção no infravermelho obtidos para a mistura precursora de β -TCP não calcinada (Figura 7) e calcinada a 1000°C (Figura 8) mostram diferenças entre a mistura precursora e a amostra sinterizada, indicando que a sinterização está agindo na estrutura química do biomaterial.

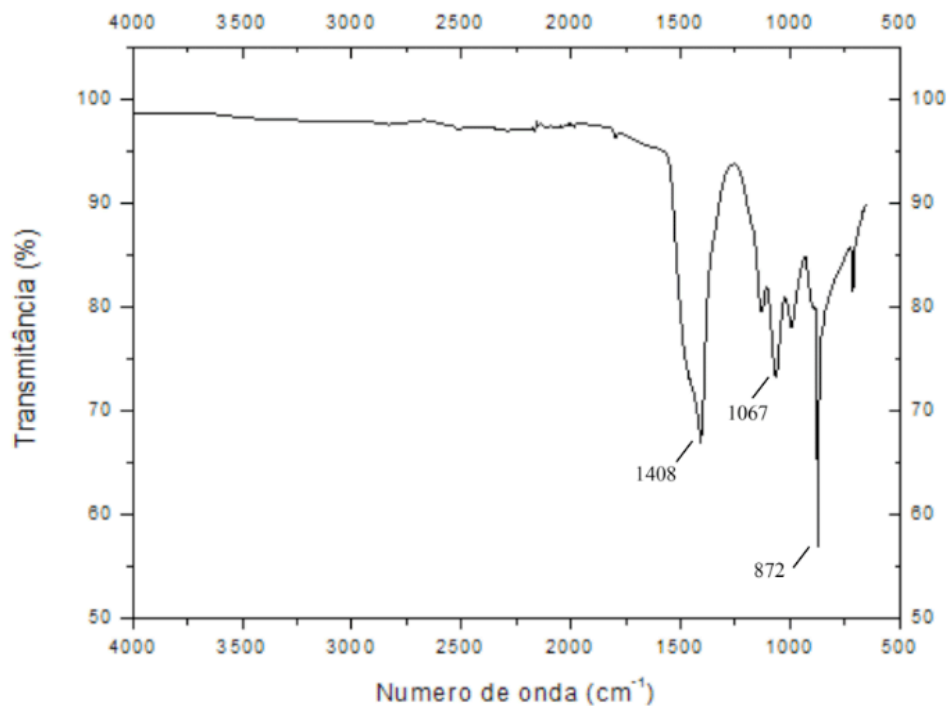


Figura 7 – Espectro da mistura precursora de β -TCP (sem calcinar)

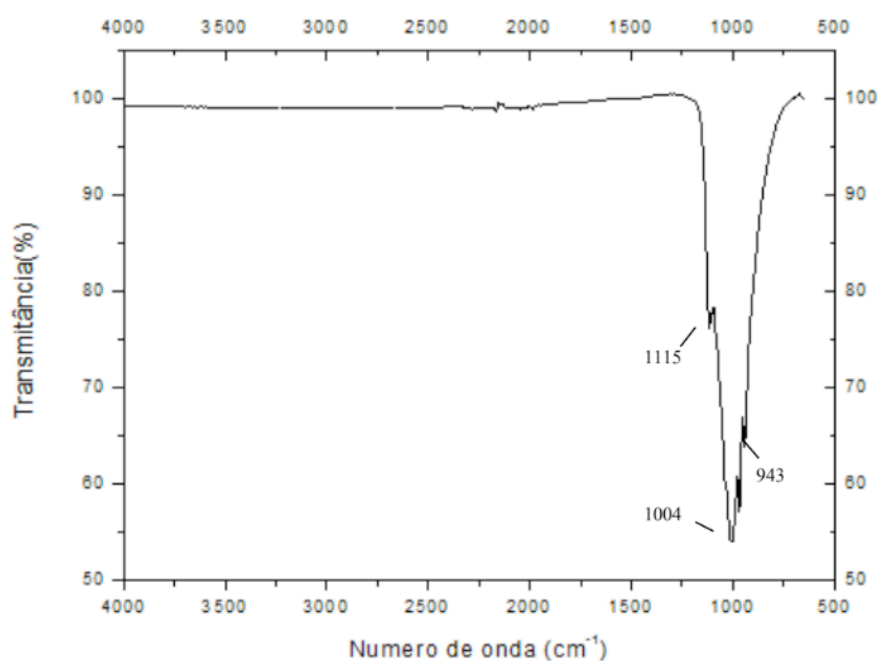


Figura 8 – Espectro da amostra de β -TCP calcinada a 1000°C

As bandas assinaladas na Figura 7 (1408, 1067 e 872 cm^{-1}) representam as vibrações CO_3^{2-} , provenientes da matéria-prima (OLIVEIRA et al., 2010).

Após a sinterização (Figura 8) o carbonato é eliminado na forma de gases e suas bandas desaparecem dando origem as bandas que representam a formação de fosfatos. Os picos em torno de 943, 1004 e 1115 cm^{-1} , na Figura 8, representam o

grupamento PO_4^{-3} , que se intensifica com a sinterização (OLIVEIRA et al., 2010).

As figuras 9 e 10 representam os difratogramas de raios-X da mistura precursora e do β -TCP calcinado a 1000°C , respectivamente.

A simples mistura a seco dos reagentes seguida da mistura a úmido já é suficiente para o surgimento de pequena quantidade de β -TCP, como pode ser observado pela Figura 9.

No entanto, a sinterização é necessária para aumentar a quantidade do biomaterial, o que é verificado, na Figura 10, pelo surgimento de maior quantidade de planos e cristalinos e aumento da intensidade de seus picos (RAYNAUD et al., 2002).

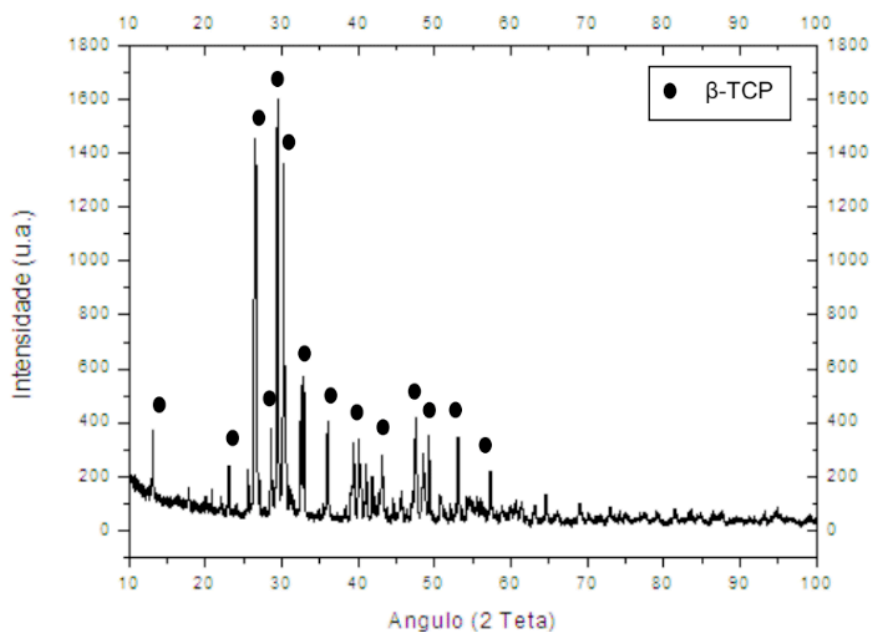


Figura 9 - Difratograma da mistura precursora do β -TCP (sem calcinar)

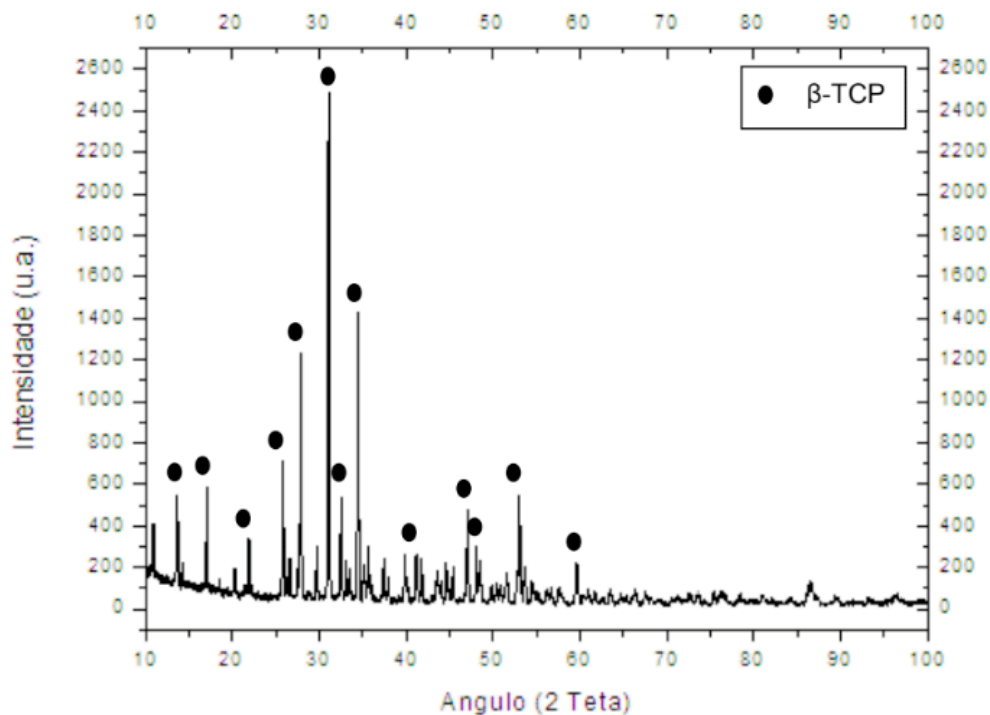


Figura 10 - Difratoograma da amostra de β -TCP calcinada a 1000°C

A partir da análise granulométrica apresentada na Figura 11, obtiveram-se os seguintes valores de diâmetro médio de partículas: 0,921 μm para a mistura precursora do β -TCP e 1,659 μm para o β -TCP calcinado. A liberação do carbonato na forma de gases e a formação do arranjo cristalino do β -TCP fazem com que as partículas se aglomerem, formando assim partículas de maior tamanho.

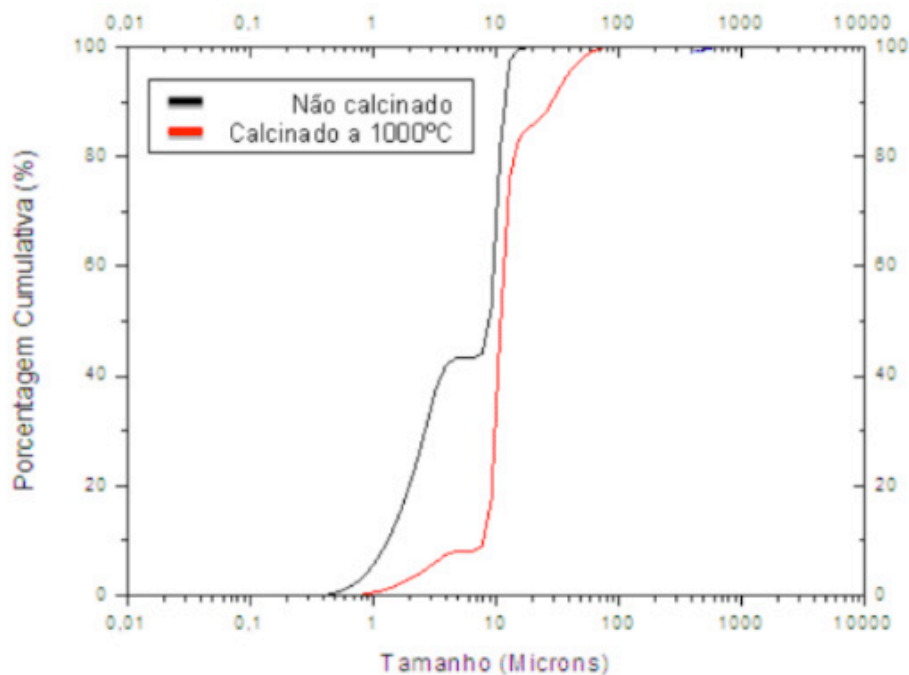


Figura 11 - Distribuição granulométrica para as amostras de β -TCP

4 | CONCLUSÕES

A caracterização da hidroxiapatita mostrou que o pó produzido pelo método da precipitação apresentou apenas fases cristalinas de HA. Assim, pode-se afirmar que a temperatura de 60°C é suficiente para síntese de HA com alto grau de pureza, uma vez que todos os reagentes foram consumidos durante a reação e não houve a formação de outros tipos de fosfatos de cálcio como subprodutos, ao menos não em quantidade suficiente para ser detectada pela análise de DRX. Observou-se ainda que a temperatura de calcinação influencia diretamente na fase obtida, sendo aconselhável a calcinação após a síntese da hidroxiapatita para se obter um produto com maior cristalinidade.

O método estudado de síntese do β -TCP, utilizando uma mistura preliminar a seco em um moinho de alta energia se mostrou bastante eficiente por gerar um biomaterial com um grau de pureza bastante elevado. Os ensaios de FTIR e DRX mostraram a necessidade da sinterização para a formação do fosfato de cálcio e aumento da cristalinidade do material. A análise granulométrica indicou a necessidade de moer o biomaterial formado devido à aglutinação que ocorre após a sinterização.

REFERÊNCIAS

BILLOTTE, W. G. **Ceramic Biomaterials**. In: BRONZINO, J. D. (Ed.). *The Biomedical Engineering Handbook*. 2. ed. Boca Raton: CRC Press LLC, 2000, cap. 38.

BOSCHI, A. O. **O que é necessário para que um material possa ser considerado um biomaterial?** In: *Encontro Nacional de Biomateriais, 3.*, 1993, São Paulo. Anais do Evento. São Paulo, 1993. p. 63-75.

DOROZHKIN, S. V. **Calcium orthophosphates in nature, biology and medicine**; Materials, v. 2, p. 399-498, 2009.

EANES, E. D. **Crystal Growth of Mineral Phases in Skeletal Tissues**. Prog. Crystal Growth Charact., v. 3, n. 1, p. 3-15, 1980.

GOMES, L. C. et al. **Síntese e caracterização de fosfatos de cálcio a partir da casca de ovo de galinha**. Cerâmica, v. 58, p. 448-452, 2012.

JUN, Y. et al. **Synthesis and dissolution behavior of β -TCP and HA/ β -TCP composites powders**. J. Eur. Ceram. Soc., v. 23, n. 7, p.1039-1045, 2003.

KOUTSOPOULOS, S. **Synthesis and characterization of hydroxyapatite crystals: a review study on the analytical methods**. J. Biomed. Mater. Res., Hoboken, v. 62, n. 4, p. 600-612, 2002.

LAKES, R. **Composite Biomaterials**. In: BRONZINO, J. D. (Ed.). The Biomedical Engineering Handbook. 2. ed. Boca Raton: CRC Press LLC, 2000, cap. 40.

LOURENÇO, B. H. G.; SOUSA, E.; SILVA, G. **Avaliação da influência das temperaturas de obtenção e calcinação na síntese de hidroxiapatita**. In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e Pós-Graduação, 9., 2009, São José dos Campos. Anais do Evento. São José dos Campos: UNIVAP, 2009.

OLIVEIRA, S. V. et al. **Análise no Infravermelho da Hidroxiapatita**. In: Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 6., 2010, Campina Grande. Anais do Evento. Campina Grande, 2010.

RAYNAUD, S. et al. **Calcium phosphates apatites with variable Ca/P atomic ratio I. Synthesis, characterization and thermal stability of powders**. Biomaterials, Oxford, v. 23, n. 4, p. 1065-1072, 2002.

RIGO, E. C. S.; GEHRKE, S. A.; CARBONARI, M. **Síntese e Caracterização de Hidroxiapatita Obtida pelo Método da Precipitação**. Rev. Dental Press Periodontia Implantol, Maringá, v. 1, n. 3, p. 39-50, 2007.

SANTOS, L. A. **Desenvolvimento de Cimento de Fosfato de Cálcio Reforçado por Fibras para Uso na Área Médico Odontológica**. 2002. Tese de Doutorado – Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

SILVA, O. G. **Síntese e Caracterização de Híbridos Inorgânicos-Orgânicos Formados a partir de Reações de Silanização da Hidroxiapatita e Monetita**. 2006. Dissertação de Mestrado – Laboratório de Compostos de Coordenação e Química de Superfície, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2006.

ZAVAGLIA, F. C. **Síntese, Caracterização e Processamento de Beta Fosfato Tricálcico para Manufatura de Implantes Personalizados**. 2011. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

SOBRE OS ORGANIZADORES

FRANCIELE BONATTO. Professora assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)- Campus Guarapuava. Graduação e Mestrado em Engenharia de Produção pela UTFPR. Doutorado em andamento em Engenharia de Produção pela UTFPR. Trabalha com os temas: *Supply Chain*, gestão da qualidade e gestão da produção.

JAIR DE OLIVEIRA Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Administrador de empresas pela UENP. Mestre em administração pela UFPR e doutor em engenharia de produção pela EESC-USP. Trabalha com os temas: Pequena empresa e Ensino para o empreendedorismo.

JOÃO DALLAMUTA. Professora assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre pela UEL. Trabalha com os temas: Inteligência de Mercado, gestão Engenharia da Qualidade, Planejamento Estratégico, Estratégia de Marketing

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-125-1

