



**Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Nitalo André Farias Machado
Hosana Aguiar Freitas De Andrade
(Organizadores)**

As Ciências Exatas e da Terra e a Interface com vários Saberes 2



**Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Nitalo André Farias Machado
Hosana Aguiar Freitas De Andrade
(Organizadores)**

As Ciências Exatas e da Terra e a Interface com vários Saberes 2

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Geraldo Alves

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
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. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

C569 As ciências exatas e da terra e a interface com vários saberes 2
 [recurso eletrônico] / Organizadores Raissa Rachel Salustriano
 da Silva-Matos, Nitalo André Farias Machado, Hosana Aguiar
 Freitas de Andrade. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020. –
 (As Ciências Exatas e da Terra e a Interface com Vários
 Saberes; v. 2)

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
 Modo de acesso: World Wide Web
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-85-7247-908-0
 DOI 10.22533/at.ed.080201301

1. Ciências exatas e da terra. 2. Engenharia. I. Silva-Matos,
 Raissa Rachel Salustriano da. II. Machado, Nitalo André Farias.
 III. Andrade, Hosana Aguiar Freitas de. IV. 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

Os grandes avanços tecnológicos e o desenvolvimento no campo das Ciências Exatas e da Terra fizeram com que essa grande área do conhecimento ganhasse uma forte interface com diferentes áreas dos saberes, da agricultura à pedagogia, completando o aspecto da didática-aprendizagem, recursos ambientais e saúde.

O leitor de “As Ciências Exatas e da Terra e a Interface com Vários Saberes 2” terá oportunidade de conhecer as discussões atuais sobre e profundas relações das Ciências Exatas e da Terra permeando com outras áreas do conhecimento, pois esta obra apresenta uma refinada coletânea de trabalhos científicos relacionados a essa temática.

Portanto, esta obra é direcionada a todos os técnicos, acadêmicos e profissionais das áreas das Ciências Exatas e da Terra e das demais áreas que, por ventura, tenham interesse em contemplar as relações e interface das Ciências Exatas e da Terra. Nesse sentido, ressaltamos a importância desta leitura de forma a incrementar o conhecimento dos nossos leitores.

Desejamos uma ótima leitura.

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

Nítalo André Farias Machado

Hosana Aguiar Freitas de Andrade

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A IMPORTÂNCIA DA VERTENTE FRANCESA DIDÁTICA PROFISSIONAL NO CENÁRIO EDUCACIONAL BRASILEIRO	
Georgyana Gomes Cidrão Italândia Ferreira de Azevedo Francisco Régis Vieira Alves Maria Cleide da Silva Barroso	
DOI 10.22533/at.ed.0802013011	
CAPÍTULO 2	10
ALTERAÇÕES ESPAÇO-TEMPORAIS NA PLANÍCIE FLÚVIO-MARINHA DO RIO ACARAÚ ENTRE OS ANOS 1993 E 2016	
Francisco Oricélio da Silva Brindeiro Antônio Rodrigues Ximenes Neto Brígida Miola Rocha Francisco José Maciel de Moura Jader Onofre de Moraes	
DOI 10.22533/at.ed.0802013012	
CAPÍTULO 3	16
APLICAÇÃO DE CONTORNOS ATIVOS NA EXTRAÇÃO DE FEIÇÕES EM IMAGENS LANDSAT 8 E CBERS 4	
Cleberton Reiz Rodrigo Bruno Zanin Erico Fernando de Oliveira Martins Jordan Luiz Dourado Filgueiras Jader Willian Evaristo	
DOI 10.22533/at.ed.0802013013	
CAPÍTULO 4	22
AVANÇOS RECENTES NA OXIDAÇÃO DE ÁLCOOL BENZÍLICO SOBRE CATALISADORES DE OURO E PALÁDIO	
Wiury Chaves de Abreu Jean Claudio Santos Costa Carla Verônica Rodarte de Moura Edmilson Miranda de Moura	
DOI 10.22533/at.ed.0802013014	
CAPÍTULO 5	37
DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA PROFISSIONAIS DE FÍSICA MÉDICA	
Eduardo Rossato Alessio Mateus Padoin Brutti Francine Kohls Schumacker Gustavo Stangherlin Cantarelli Ana Paula Schwarz	
DOI 10.22533/at.ed.0802013015	

CAPÍTULO 6	46
ELETRODEPOSIÇÃO DE FILMES DE POLIANILINA EM METAIS OXIDÁVEIS A PARTIR DE MEIO AQUOSO CONTENDO ÁCIDO METANOSULFÔNICO	
David Alexandro Graves Andrea Santos Liu Liu Yao Cho	
DOI 10.22533/at.ed.0802013016	
CAPÍTULO 7	58
ENSINO DAS GEOCIÊNCIAS NO LABORATÓRIO DE PEDOLOGIA E GEOLOGIA DA UNIOESTE, <i>CAMPUS</i> DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON	
Oscar Vicente Quinonez Fernandez	
DOI 10.22533/at.ed.0802013017	
CAPÍTULO 8	70
ENSINO DE ASTRONOMIA E TEORIA QUÂNTICA USANDO O FUNCIONAMENTO DE UMA LÂMPADA FLUORESCENTE	
Márcio Francisco dos Santos Carolina Marla Rodrigues Vanessa Aparecida Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.0802013018	
CAPÍTULO 9	82
ESTUDO DA SÉRIE DE TAYLOR E APLICAÇÃO	
Jociléa Rodrigues Cardoso José Francisco da Silva Costa Anildo das Chagas Dias Nayara dos Santos Rodrigues Raimundo das Graças Carvalho de Almeida Reginaldo Barros Genivaldo Passos Correa	
DOI 10.22533/at.ed.0802013019	
CAPÍTULO 10	108
ESTUDO DO MÉTODO DE EXTRAÇÃO DE PROTEÍNAS DE CARNE BOVINA (<i>BOS TAURUS</i>), UTILIZANDO PLANEJAMENTO FATORIAL E METODOLOGIA DE SUPERFÍCIE DE RESPOSTA	
Jane Kelly Sousa de Brito Tiago Linus Silva Coelho Darlisson Slag Neri Silva Jardes Figueredo Rego Naise Mary Caldas Silva	
DOI 10.22533/at.ed.08020130110	
CAPÍTULO 11	121
FERRAMENTA DE REALIDADE AUMENTADA UTILIZANDO KINECT PARA ESTUDOS TOPOGRÁFICOS	
Bruno dos Santos Belaguarda Alessandro André Mainardi de Oliveira Gustavo Stangherlin Cantarelli Guilherme Chagas Kurtz	

DOI 10.22533/at.ed.08020130111

CAPÍTULO 12 135

FITÓLITOS DE PLANTAS E SOLOS DA MATA ATLÂNTICA NA ILHA GRANDE, RIO DE JANEIRO

Heloisa Helena Gomes Coe
Yame Bronze Medina Ramos
André Luiz Carvalho da Silva
Emily Gomes
Leandro de Oliveira Furtado de Sousa
Kita Damasio Macario
Raphaella Rodrigues Dias

DOI 10.22533/at.ed.08020130112

CAPÍTULO 13 149

MANUAL DE PROTEÇÕES SOLARES: AUXILIO NO ENSINO DE CONFORTO AMBIENTAL

Yuri Viana Loiola
Flora Mendes Araújo Lima

DOI 10.22533/at.ed.08020130113

CAPÍTULO 14 155

MODELAGEM FENOMENOLÓGICA E OTIMIZAÇÃO DE UM SECADOR DE CAFÉ ROTATIVO

Uilla Fava Pimentel
Gildeir Lima Rabello
Willian Melo Poubel

DOI 10.22533/at.ed.08020130114

CAPÍTULO 15 162

PRAIAS ABRIGADAS NO LITORAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Ana Beatriz Pinheiro
André Luiz Carvalho da Silva
Maria Augusta Martins da Silva
José Antonio Baptista Neto
Carolina Pereira Silvestre
Jessyca dos Santos Araújo
Valéria Cristina Silva Pinto

DOI 10.22533/at.ed.08020130115

CAPÍTULO 16 176

PROCESSO DE MODELAGEM PARA FORMAÇÃO DA BASE DE DADOS ACÚSTICOS PARA O MAPEAMENTO DE RUÍDO DE SINOP-MT

Priscila Maria Gonçalves Guilherme
Cristiane Rossatto Candido
Emília Garcez da Luz
Érika Fernanda Toledo Borges Leão

DOI 10.22533/at.ed.08020130116

CAPÍTULO 17	190
PROTEÇÃO DA LIGA DE ALUMÍNIO 2024 CONTRA CORROSÃO POR FILMES DE POLIPIRROL ELETRODEPOSITADOS EM MEIO DE LÍQUIDO IÔNICO	
Julio Cesar Verli Chagas Andrea Santos Liu	
DOI 10.22533/at.ed.08020130117	
CAPÍTULO 18	194
REFLEXÕES PROJETAIS: O CASO DA DISCIPLINA DE CONFORTO AMBIENTAL	
Yuri Viana Loiola Thais Carvalho Cardoso Ana Paula Nogueira Vidal Menezes Ana Caroline de Carvalho Lopes Dantas Dias	
DOI 10.22533/at.ed.08020130118	
CAPÍTULO 19	198
USO DO MIRITI COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DE ANÁLISE COMBINATÓRIA	
Anildo das Chagas Dias Jociléa Rodrigues Cardoso José Francisco da Silva Costa Nayara dos Santos Rodrigues Raimundo das Graças Carvalho de Almeida Reginaldo Barros Genivaldo Passos Correa	
DOI 10.22533/at.ed.08020130119	
CAPÍTULO 20	219
VARIABILIDADE MULTITEMPORAL DA LINHA DE COSTA DA PRAIA DO BALBINO, CASCAVEL – CEARÁ	
Francisco Oricélio da Silva Brindeiro Filipe Maciel de Moura Francisco José Maciel de Moura Jader Onofre de Moraes	
DOI 10.22533/at.ed.08020130120	
SOBRE OS ORGANIZADORES.....	227
ÍNDICE REMISSIVO	228

AVANÇOS RECENTES NA OXIDAÇÃO DE ÁLCOOL BENZÍLICO SOBRE CATALISADORES DE OURO E PALÁDIO

Data de aceite: 10/12/2019

Data de submissão: 12/10/2019

Wiury Chaves de Abreu

Universidade Federal do Piauí – UFPI,
Departamento de Química
Teresina-PI

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Maranhão – IFMA
Buriticupu-MA

orcid.org/0000-0001-9889-7124 / lattes.cnpq.
br/5621351995306236

Jean Claudio Santos Costa

Universidade Federal do Piauí – UFPI,
Departamento de Química
Teresina-PI

orcid.org/0000-0002-3037-2329 / lattes.cnpq.
br/1306824345750868

Carla Verônica Rodarte de Moura

Universidade Federal do Piauí – UFPI,
Departamento de Química
Teresina-PI

orcid.org/0000-0002-1192-8336 / lattes.cnpq.
br/8314351279360798

Edmilson Miranda de Moura

Universidade Federal do Piauí – UFPI,
Departamento de Química
Teresina-PI

orcid.org/0000-0002-5662-7764 / lattes.cnpq.
br/0624348825872858
mmoura@ufpi.edu.br

RESUMO: Nas últimas décadas os sistemas oxidativos utilizando álcool benzílico e nanopartículas de ouro e paládio foram exploradas significativamente e desempenharam papéis importantes na síntese orgânica. Vários compostos foram sintetizados com controle do tamanho e dispersão das nanopartículas metálicas sobre os suportes, visando a obtenção de materiais cada vez mais ativos. Além disso, as condições reacionais, incluindo temperatura, tempo, quantidade de catalisador, oxidante e solvente foram investigadas para ajustar a conversão e seletividade. A exploração do mecanismo de obtenção dos derivados de álcool benzílico, nos descreve o efeito dos catalisadores heterogêneos e as vias reacionais para obtenção dos compostos benzaldeído, tolueno, eter dibenzílico, benzeno, ácido benzoico e benzoato de benzila. Por fim, essa revisão tem a finalidade de apresentar os principais avanços relacionados a utilização de nanopartículas de ouro e paládio em reações de oxidação do álcool benzílico.

PALAVRAS-CHAVE: Ouro; Paládio; Oxidação álcool benzílico.

ABSTRACT: In recent decades oxidative systems using benzyl alcohol and gold and palladium nanoparticles have been explored significantly and played important roles in organic synthesis. Several compounds were

synthesized with control of the size and dispersion of metallic nanoparticles on the supports, aiming to obtain increasingly active materials. In addition, reaction conditions including temperature, time, amount of catalyst, oxidant and solvent were investigated to adjust conversion and selectivity. Exploring the mechanism for obtaining benzyl alcohol derivatives describes the effect of heterogeneous catalysts and the reaction pathways for obtaining benzaldehyde, toluene, ether dibenzyl, benzene, benzoic acid and benzyl benzoate compounds. Finally, this review aims to present the main advances related to the use of gold and palladium nanoparticles in oxidation reactions of benzyl alcohol.

KEYWORDS: Gold; Palladium; Benzyl alcohol oxidation.

1 | INTRODUÇÃO

A reação oxidativa do álcool benzílico (BnOH) em compostos carbonílicos é uma transformação muito atraente e desafiadora, tanto do ponto de vista sintético quanto industrial, os produtos formados (benzaldeído, ácido benzoico e benzoato de benzila) são compostos valiosos e comumente utilizados em produtos farmacêuticos, perfumarias, cosméticos, corantes e agroquímicos (NAIK et al., 2011). Atualmente o processo de oxidação mais utilizado industrialmente envolve catálise na presença de cromatos, brometos e sulfatos em elevadas proporções molares e/ou a presença de solventes orgânicos tóxicos e voláteis (acetona, clorofórmio, tolueno, n-butanol e metanol) (NAIK et al., 2011).

Haja visto os impactos ambientais causados por reações oxidativas usuais, anteriormente citadas, estudos científicos estão sendo realizados com o objetivo de proporcionar condições alternativas e que minimize a formação de resíduos orgânicos indesejáveis (MANDAL; CHOWDHURY, 2017). E como foco principal surge reações livres de solventes, utilização de oxigênio molecular, ar ou peróxido de hidrogênio como agente oxidante e aplicação de catalisadores heterogêneos, que podem ser reutilizados posteriormente e ainda apresentam como vantagens razões reacionais sub-estequiométricas associadas a uma boa capacidade catalítica efetiva (HONG et al., 2012; MANDAL; CHOWDHURY, 2017).

Diversos catalisadores formados por nanopartículas suportadas (por exemplo Au, Pd, Cu, Ni e Al) foram investigados para aumentar a conversão e/ou seletividade da oxidação do álcool benzílico em presença apenas de oxigênio molecular (CHOUDHARY; DUMBRE; BHARGAVA, 2009; NDOLOMINGO; MEIJBOOM, 2017). Sendo que aproximadamente 50% da literatura publicada está relacionada a catalisadores formados por NPs de ouro ou paládio e sistemas bimetálicos com esse metais (DE ABREU et al., 2018). O ótimo desempenho catalítico das nanopartículas de metais nobres estão associados ao processo de obtenção, tamanho, morfologia, valência, propriedades físico-químicas e natureza do suporte utilizado (CHAN-THAW;

SAVARA; VILLA, 2018). Porém a aplicação das partículas pré-formadas diretamente a sistemas de oxidação, não garante boas conversões, sendo necessário a utilização de um suporte que melhore a dispersão dessas nanopartículas e aumente a superfície de contato com o substrato (HARUTA, 2003).

Outro desafio para aplicação das nanopartículas metálicas em reações oxidativas do álcool benzílico é o controle da seletividade (KARIMI et al., 2015). Os produtos mais relatados na literatura são benzaldeído, obtido a partir da reação oxidativa direta do BnOH e ácido benzoico ou benzoato de benzila, sendo esses formados após reações oxidativas sucessivas com os compostos aldeídos e ácidos carboxílicos. Porém, reações paralelas também podem ocorrer e gerar tolueno, água e éter dibenzílico (GALVANIN et al., 2018).

Seguindo o exposto até o presente momento, esta revisão tem o propósito de apresentar uma descrição dos diversos sistemas catalíticos formados por nanopartículas de ouro e paládio utilizados na oxidação de álcool benzílico. A importância do tamanho e da morfologia das nanopartículas individualmente de ouro e paládio será discutido antes de demonstrarmos as vantagens da formação de uma liga dos metais. Em seguida, será discutido a influência das condições experimentais, juntamente com o mecanismo das reações oxidativas.

2 | ESTUDO DOS CATALISADORES

A atividade de sistemas catalíticos formados por ouro e paládio é diretamente depende da morfologia, tamanho dessas nanopartículas e natureza do suporte, quando usado. Mostraremos que diversos estudos são realizados para obtenção de métodos de preparação que apresente modificação no tamanho, dispersão e morfologia, após adição de agente estabilizante, agente redutor e suporte. Outro ponto importante é a influência na conversão e seletividade após a interação ouro e paládio em sistemas bimetálicos.

2.1 Au

No campo das oxidações de álcoois, os primeiros estudos relatam o uso de nanopartículas de ouro sem a presença de suporte e como resposta foi observado que o aumento na atividade estava associado ao menor tamanho de partícula, porém agregados eram facilmente formados (COMOTTI et al., 2004). Com as Au NPs suportadas em carbono para evitar a agregação das partículas e sem ser observado a interação suporte e ouro, resultados mostraram que maiores nanopartículas foram favoráveis a oxidação até um tamanho ótimo de 7,5 nm (PORTA et al., 2000).

Quando aplicada na oxidação do álcool benzílico, estudos demonstram que as nanopartículas com tamanhos entre 2 e 12 nm apresentam maior efeito catalítico

e melhor seletividade (HARUTA, 1997). Abad *et al.* sintetizaram nanopartículas de ouro com tamanhos variando de 5 a 25 nm e utilizaram como catalisadores após serem suportadas em óxido de cério. Como resultado, observaram que a conversão do álcool benzílico em benzaldeído era inversamente proporcional ao tamanho das nanopartículas, ou seja, a medida que foram sendo realizados testes com Au NPs maiores, menores rendimentos eram obtidos (ABAD; CORMA; GARCÍA, 2008).

Alhumaimess e coautores (2012) realizaram testes catalíticos com nanopartículas de ouro depositadas em diferentes óxidos de cério, sendo realizados experimentos com três catalisadores diferentes, onde dois foram obtidos comercialmente e apresentavam tamanho de 1 a 4 nm para o ouro e um outro sintetizado a partir de espumas de CeO_2 com Au NPs de 8 nm. Os resultados para oxidação do álcool benzílico mostraram que as nanopartículas com menores tamanhos apresentaram os piores resultados e ao contrário disso as melhores conversões foram observadas para as Au NPs com 8 nm. A seletividade também foi estudada pelos pesquisadores, sendo que em todas reações oxidativas a quantidade de benzaldeído formado foi superior a 94 % (ALHUMAIMESS *et al.*, 2012).

Diferentes da maioria dos estudos para reação de oxidação de álcool benzílico catalisada com nanopartículas de ouro, Ballarin *et al.* pesquisaram a eficiência de Au NPs com tamanhos de 10 a 20 nm suportadas em óxidos de silício, alumínio e titânio. Os resultados apresentados nesse artigo mostram que os catalisadores formados com tamanhos de partículas de 15 ± 4 nm foram os mais eficientes, obtendo conversão de álcool benzílico aos seus respectivos derivados, superior a 84 %. No que se relaciona a seletividade, nas melhores condições experimentais foi obtido quantidades de 74 e 26 % de benzaldeído e ácido benzoico, respectivamente (BALLARIN *et al.*, 2017).

Assim, temos que a síntese de nanopartículas de ouro além de enriquecer a pesquisa no que tange a obtenção de diferentes tamanhos e morfologias do metal, também nos proporciona um entendimento relacionado ao desempenho catalítico e seletivo nas reações de oxidação, principalmente do álcool benzílico.

2.2 Pd

No campo das reações oxidativas de álcool o paládio é um catalisador heterogêneo capaz de ser aplicado a uma vasta gama de substratos. No artigo de comunicação publicado por Karimi e colaboradores (KARIMI *et al.*, 2006). Pd NPs com tamanho médio de 7 nm foram suportadas em SBA-15 e aplicadas na oxidação de vinte e dois diferentes tipos de álcoois, com a presença de tolueno como solvente. Os autores afirmam que o catalisador apresentou atividade para oxidação de álcoois alílicos com excelente seletividade para compostos carboxílicos α - β -insaturados. Na oxidação de álcoois alifáticos primários, foi observado a formação

de ésteres correspondentes como produto predominante. E para os álcoois alifáticos secundários, conversões moderadas (<53%) foram alcançadas e compostos cetônicos obtidos majoritariamente.

A utilização de paládio para o processo de oxidação do álcool benzílico passou a receber expressivo empenho científico nas últimas duas décadas. Diferentes estudos indicaram que o tamanho e a morfologia das nanopartículas de Pd são fatores chave na determinação da atividade catalítica e seletividade. Li *et al.* (2008) utilizaram Pd NPs com tamanhos médios ajustáveis em uma faixa de 2,0 a 10,5 nm sobre zeólita NaX. Os resultados catalíticos mostram que as nanopartículas de maiores tamanhos (5,4 e 10,5 nm) tiveram as piores atividades catalíticas e o contrário ocorreu com as partículas de diâmetro menores que revelaram boas atividades, sendo o rendimento máximo obtido com Pd NPs de 2,8 nm. A seletividade também foi relatada pelos pesquisadores, que obtiveram em todos os testes quantidades superiores a 94% de benzaldeído.

Nanopartículas com diâmetro médio de 15 nm suportadas em anatase, foram utilizadas por Liu *et al.* (2015) no processo de oxidação aeróbica na presença de H_2O_2 . Os melhores resultados de rendimento obtidos foram de 65% com seletividade para benzaldeído de 96%). Zamani e Hosseini (2014) realizaram uma pesquisa atípica, utilizando compósito formado por magnetita modificada superficialmente com cisteína para captura de Pd NPs. Os pesquisadores afirmam que a metodologia de modificação superficial com o aminoácido foi fundamental para captura e imobilização das nanopartículas que tiveram tamanho médio de 3 nm. Com relação a oxidação do álcool benzílico, os melhores resultados foram conversão e seletividade para benzaldeído de 84 e 99%, respectivamente.

Apesar de mostrarmos nessa seção, alguns estudos que viabiliza o entendimento da catalise oxidativa frente a Pd NPs, ainda percebemos durante nossas investigações que a aplicação de paládio a sistema de oxidação ainda é algo desafiador e que possivelmente tem muitos conhecimentos a serem descobertos.

2.3 Liga AuPd

Materiais catalíticos bimetálicos, compostos de dois elementos metálicos diferentes, possuem maior interesse em determinadas aplicações quando comparado aos monometálicos, isso ocorre porque a bimetalização pode melhorar as propriedades catalíticas (YAN; XIAO; KOU, 2010). Os resultados de melhoramento após a adição do segundo metal está relacionado em termos do efeito ligante ou transferência de elétrons entre os metais (SACHTLER; VAN SANTEN, 1977). Tais aprimoramentos de atividade catalíticas foram observados em diversos sistemas ouro-paládio, e acredita-se que decorre dos efeitos eletrônicos sinérgicos, nos quais os átomos de Au extraem a densidade eletrônica dos átomos de paládio e

consequentemente aumentando a interação dos átomos de Pd com o substrato (DIMITRATOS et al., 2006; SCOTT et al., 2004).

De acordo com Villa e colaboradores (2015) em sistemas oxidativos de substratos alcoólicos, o passo limitante para catalisadores formados por nanopartículas de ouro é a abstração do hidreto, enquanto materiais ricos em paládio tem como dificultador de atividade a transferência do hidrogênio após a formação do intermediário Pd-H. Com isso, a procura por formação de estruturas bimetálicas AuPd tem a finalidade de desenvolver catalisadores capazes de oxidar álcoois sem adição de promotores e em curto tempo reacional.

Hou, Dehm e Scott (2008) realizaram a síntese de ligas metálicas AuPd em proporções molares de 1:3, 1:1 e 3:1 (Au:Pd), utilizando PVP e NaHB₄ como estabilizante e redutor. As liga metálicas apresentaram diâmetros médios 2,7±0,7 nm (Au:Pd = 1:3), 2,7±1,2 nm (Au:Pd = 1:1) e 4,0±1,5 (Au:Pd = 3:1) e foram utilizadas inicialmente na oxidação de álcool benzílico em meio aquoso. Os autores não relatam os rendimentos, porém afirmam a partir da TOF, obtido após 6 horas de reação, que o catalisador AuPd 1:3 apresentou melhor atividade catalítica e seletividade de 97,9 % para benzaldeído. Posteriormente o catalisador AuPd 1:3 foi testado frente aos substratos butan-1-ol, butan-2-ol, but-2-en-1-ol e butano-1,4-diol, sob 1 atm de O₂ e 62 °C. Ambos processos oxidativos apresentaram boas conversões e seletividades quando utilizado a liga AuPd 1:3 e comparados a utilização na nanopartículas puras. É interessante frisarmos que durante esse trabalho os autores não utilizaram materiais para suportar as nanopartículas metálicas.

O álcool benzílico por se tratar de um álcool aromático ativo é bastante utilizado em reação modelo com ligas metálicas AuPd. Embora se tenha uma rica literatura a respeito desses sistemas catalíticos, novos estudos ainda buscam modular as taxas de conversão e seletividade com base na natureza do suporte, condições de síntese das NPs e dos experimentos oxidativos.

2.4 Efeito do suporte

Os estudos das nanopartículas de ouro e paládio relatados anteriormente mostraram que o tamanho e morfologia não são os únicos fatores envolvidos nas atividades catalíticas. Várias pesquisas também indicaram que a natureza do suporte e suas interações com as NPs influenciam a atividade catalítica (LI et al., 2013). O suporte normalmente desempenha diversas funções, como aumento da área superficial e do grau de dispersão das nanopartículas ativas, além de melhorar a estabilidade térmica do catalisador e diminuir os custos de síntese. Existem inúmeros tipos de suportes, entre eles os óxidos metálicos, carvão ativo, nanotubos de carbono, zeólitos, polímeros e estruturas organometálicas (HARADA et al., 2007; PRATI et al., 2012; QI et al., 2013).

Fang e colegas de pesquisa (2011), após sintetizarem nanopartículas de ouro menores que 4 nm suportadas nos materiais SiO_2 , SBA-15, nanotubo de carbono, Al_2O_3 , TiO_2 , ZrO_2 , La_2O_3 , CeO_2 , MgO e hidrotalcita, observaram que o caráter ácido ou básico do suporte, influência diretamente na conversão e seletividade das reações de oxidação do álcool benzílico. Os pesquisadores constataram que os suportes de caráter básico oferecem maior seletividade em relação ao benzaldeído, enquanto aqueles com maior acidez são mais ativos para a conversão de álcool benzílico. Os catalisadores neutros ou de baixa acidez e basicidade eram quase inativos e menos seletivos, enquanto que o catalisador a base de hidrotalcita, que apresentou acidez e basicidade forte exibiam alta atividade e excelente seletividade. Ao final foi proposto que a desidrogenação do álcool benzílico prosseguia através da clivagem da ligação O-H para formar um intermediário alcóxido adsorvido que posteriormente sofre eliminação do β -H para produzir benzaldeído. Os locais básicos no suporte facilitam a formação do intermediário alcóxido. E os sítios ácidos participam na transformação de hidreto de Au, formado no passo de eliminação β -H, para molecular H_2 .

Existem outros fatores que influenciam o papel do suporte nos sistemas catalíticos como por exemplo o estado de oxidação, concentração dos metais, tamanho das partículas, fases cristalinas, entre outras propriedades físico-químicas que não especificamos aqui, porém com os relatos apresentados entendemos que o efeito do suporte ainda estará em debate e necessitará de muitos esforços para compreender completamente sua importância.

3 | CONDIÇÕES REACIONAIS

Nesta seção, iremos resumir, a partir de resultados recentes, tentativas de interpretar os efeitos das condições de reação para oxidação do álcool benzílico. As características das nanopartículas quando necessário serão relatadas, porém aqui não consistirá no foco principal. Os estudos da influência da temperatura reacional, tempo de reação, quantidade de catalisador, concentração do álcool benzílico, tipo de oxidante e utilização de solvente, apresentaremos logo em seguida.

3.1 Temperatura

O fator temperatura tem sido fortemente pesquisado, pois afeta diretamente na conversão e seletividade do produto. De acordo com a literatura, a tendência geral é obtenção de conversões mais altas ao aumentar a temperatura reacional. Estudos são publicados com diversos patamares de temperatura, mas sempre na faixa de 40 a 120 °C e poucas vezes acima de 140 °C (BEHERA; PARIDA, 2012; ENACHE et al., 2007). Porém, Strukul (1998) afirma que reações oxidativas tendem a diminuir a conversão quando se aumenta a temperatura para valores superiores a 70 °C, mas

vale ressaltar que o pesquisador relacionou tal fato a utilização de H_2O_2 que sofria auto decomposição em oxigênio molecular e não poderia participar eficientemente do processo oxidativo.

Em reações livres de solventes é comum a utilização de temperaturas mais elevadas aproximadamente $100\text{ }^\circ\text{C}$. Wu, Zhang e Wang (2005) publicaram um comunicado no qual observaram que o aumento da temperatura de 88 para $100\text{ }^\circ\text{C}$, aumenta a conversão de 8 para 60% , mas uma leve queda na seletividade (96 para 90% , respectivamente) ocorre, o catalisador utilizado pelos autores foi $\text{Pd}/\text{Al}_2\text{O}_3$. O estudo de Cao *et al.* (2011) com catalisador AuPd/TiO_2 , mostrou que o aumento de temperatura ocasionava a obtenção de maiores conversões, porém a seletividade foi ligeiramente diminuída. 20% de conversão foi observado a $80\text{ }^\circ\text{C}$, ao passo que a $140\text{ }^\circ\text{C}$ o álcool era transformado em produtos na quantidade de aproximadamente 84% . A seletividade para benzaldeído diminuiu de 81% a $80\text{ }^\circ\text{C}$ para 56% a $140\text{ }^\circ\text{C}$, enquanto o tolueno aumenta de 16% a 40% na mesma faixa de temperatura.

3.2 Tempo

O tempo reacional muitas vezes é relatado juntamente com o perfil de saturação da conversão, ou seja, os pesquisadores ao procurarem as melhores atividades catalíticas, acabam promovendo reações de 6 , 12 e até 24 horas. No grupo de pesquisa de Moura, vários trabalhos foram realizados com a finalidade de obtenção da máxima conversão em função do tempo (DE ABREU *et al.*, 2018; GUALTEROS *et al.*, 2019; MOURA *et al.*, 2015; PEREIRA *et al.*, 2019). Por exemplo, Moura *et al.*, (2015) sintetizaram nanopartículas de ouro suportadas em $\text{MgO}/\text{MgFe}_2\text{O}_4$ e atingiram máxima atividade, com 86% de conversão após 10 horas de reação. Outra observação foi a alteração da seletividade, que inicialmente era para benzaldeído, mas com o decorrer do tempo passou a ser para ácido benzoico.

3.3 Quantidade de catalisador

A dependência da quantidade de catalisador está associada diretamente a proporção molar das nanopartículas metálicas e do álcool benzílico. Frequentemente é usado como quantidade padrão $4,1\text{ }\mu\text{mol}$ de metal para $9,6\text{ mmol}$ de álcool benzílico, ou seja, uma proporção molar de $1:2340$ (metal/BnOH). (CASTRO *et al.*, 2018; DE ABREU *et al.*, 2018; PEREIRA *et al.*, 2019) foram realizados experimentos catalíticos com proporção molar de aproximadamente $1:1600$ (metal/BnOH). Os resultados apresentados mostraram que as nanopartículas bimetálicas AuPd suportadas em SrCO_3 nas condições favoráveis, apresentou conversão $> 90\%$ e seletividade aproximada de 80% para benzaldeído.

3.4 Oxidante

Diversos oxidantes são utilizados nas transformações de álcool benzílico em seus respectivos produtos carbonílicos. Porém iremos discutir nessa seção apenas a utilização de peróxido de hidrogênio, ar atmosférico e oxigênio molecular, isso porque as publicações que utilizam nanopartículas metálicas como catalisadores, empregam nos processos reacionais um desses materiais oxidantes. Além do mais, são considerados oxidantes limpos e ambientalmente amigáveis, visto que apresenta como subproduto H_2O e O_2 (esse último quando utilizado H_2O_2) (GALLEZOT, 1997; PRITCHARD et al., 2010).

Zhan e colaboradores (2012) executaram experimentos oxidativos do álcool benzílico na presença de nanopartículas de ouro suportadas em TS-1 (silicato de titânio) e peróxido de hidrogênio. Para os pesquisadores, a quantidade de H_2O_2 é crucial na oxidação do álcool benzílico, pois razões molares $H_2O_2/BnOH$ abaixo dos valores estequiométricos provocaram pequenas conversões, porém quantidades maiores de H_2O_2 aumentaram significativamente as conversões. No entanto, também foi observado, que o aumento da quantidade de peróxido de hidrogênio provocou a superoxidação do benzaldeído. Com isso, a atividade ótima foi obtida com razão molar $H_2O_2/BnOH$ de 1,25.

Porém a maioria dos estudos são realizados utilizando oxigênio molecular como oxidante, pois a tendência é que conversão e seletividade tenha influência da pressão utilizada no sistema (MALLAT; BAIKER, 2004). Para Davis e Barteu (1988) os átomos de oxigênio disponíveis nos sistemas oxidativos, apresentam características de reagir como base de Brønsted com doadores de prótons, estabilizar espécies alcóxido na superfície do catalisador, alterar a interação dos compostos carbonílicos com o catalisador, promover oxidação nucleofílica de aldeídos em carboxilatos e eliminar hidrogênio que estaria disponível para reação de hidrogenação.

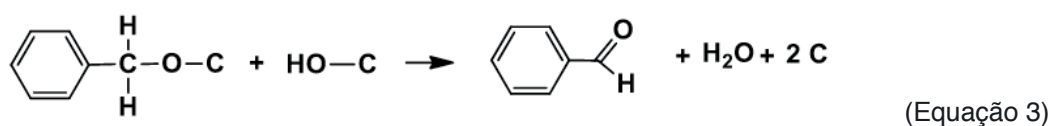
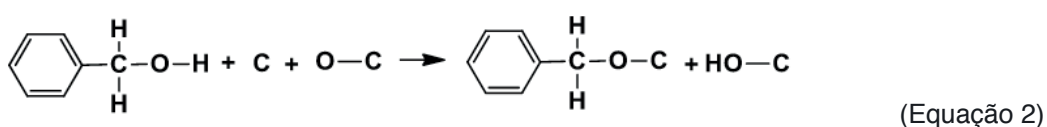
3.5 Solvente

Mesmo que o atual apelo da comunidade científica esteja relacionado as reações de oxidação verde, que apresente condições suaves, usando oxigênio molecular e livre de qualquer tipo de solvente ou aditivo (WANG et al., 2012) aqui iremos apresentar alguns estudos recentes que fizeram a utilização de solventes e quais os impactos apresentados. Yang *et al.* (2008) realizaram estudos oxidativos na presença de Au/TiO_2 e apresentando como objetivo principal o efeito do solvente. Para isso, experimentos foram realizados sem a presença de solvente, assim como utilizando p-xileno, etanol e água. De acordo com os dados presente na publicação, a atividade catalítica na presença de água foi maior do que nos solventes orgânicos etanol e p-xileno e em condições sem solvente. Esse ocorrido pode estar associado, não exclusivamente, a solubilidade do oxigênio molecular na água ser maior do que no etanol e p-xileno. Mas os autores foram mais adiante e pesquisaram a influência

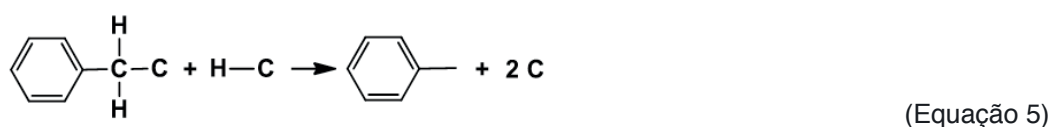
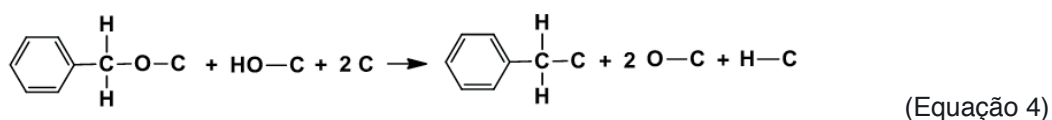
da utilização do sistema bifásico água/p-xileno, onde observaram inicialmente que o catalisador e o substrato ficaram dissolvidos na fase aquosa, porém ao dar início a agitação vigorosa e uma homogeneidade ser estabelecida, as interfaces das micropartículas entre a fase aquosa e a fase orgânica favoreceram a transferência de massa e conseqüentemente o benzaldeído formado se difundiu em p-xileno, resultando em seletividade superior a 99%, o que não foi observado quando se utilizou apenas água como solvente.

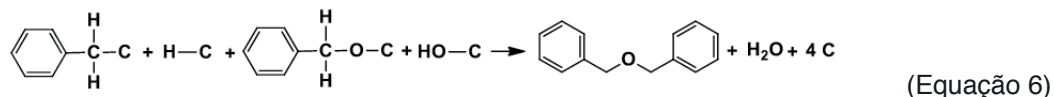
4 | MECANISMO

Uma das principais etapas da pesquisa química que envolve utilização de catalisadores é a compreensão do mecanismo em nível elementar. Os estudos de Savara et al, ao utilizar Pd/C e AuPd/C e considerando a formação de seis produtos reacionais: benzaldeído, tolueno, éter dibenzílico, benzeno, ácido benzoico e benzoato de benzila, nos mostra uma ideia mecanística que iremos resumidamente apresentar em seguida (SAVARA et al., 2015, 2016, 2017). Ilustraremos as equações propostas pelos autores, mas de modo reduzido e representando os locais do catalisador por "C". Inicialmente o oxigênio e o álcool adsorvem de forma dissociativa na superfície do catalisador, com a dissociação do álcool ocorrendo em direção a um alcóxi e facilitada por um oxigênio em superfície (Equações 1 e 2). Em seguida, o alcóxi pode desidrogenar e formar o benzaldeído (Equação 3).

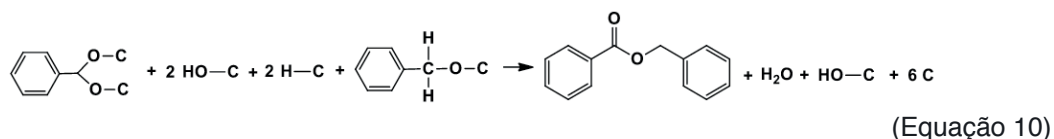
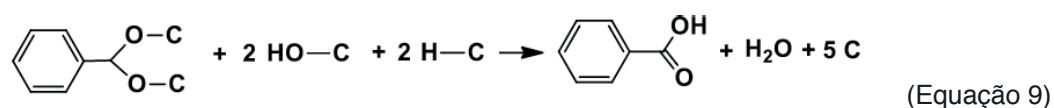
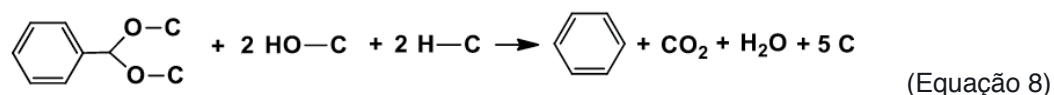
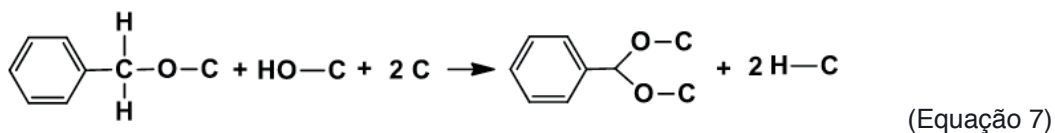


Porém os autores relatam que alternativamente o alcóxi pode perder um oxigênio e formar um alquil (Equação 4). Posteriormente, o alquil reage com o hidrogênio da superfície e forma tolueno (Equação 5), ou então, se estiver em contato também com o OH e alcóxi na superfície o éter dibenzílico é sintetizado (Equação 6). Essas equações, são as únicas que explicam o aparecimento de tolueno e éter dibenzílico.





A formação do intermediário carboniloxil a partir da reação do álcool e oxigênio (Equação 7), leva a formação de benzeno, ácido benzoico e benzoato de benzila (Equações 8, 9 e 10, respectivamente), o que de certo ponto explica o surgimento desses produtos concomitantemente em alguns sistemas oxidativos.



5 | CONCLUSÃO

A oxidação do álcool benzílico sobre nanopartículas de ouro e paládio foram exploradas minuciosamente nas últimas décadas. Os primeiros estudos estiveram relacionados ao modo de obtenção das NPs em menores faixas de tamanhos (2 a 6 nm), pois foram observados em alguns estudos que esses tamanhos eram os mais ativos. A adição de material sólido como suporte, tem desempenhado um papel modulatório nas propriedades de dispersão e estabilização das NPs, assim como as propriedades eletrônicas em sistemas bimetalicos. Foi observado que nanopartículas de ouro possuem dificuldade de abstração do hidrogênio, enquanto as nanopartículas de paládio formam hidretos estáveis que dificultam o efeito catalítico, com isso, sistemas bimetalicos AuPd foram montados para associar as potencialidades de ambos metais e assim obter maiores conversões e seletividades. As condições reacionais variam bastantes, mas estão relacionadas diretamente as conversões e seletividades, sendo que em condições mais seletivas se obtém os melhores resultados. O estudo mecanístico apresentado de certo modo detalhou os caminhos reacionais para obtenção dos derivados do álcool benzílico. Ao analisarmos essa revisão, percebemos que a extensão do conhecimento relacionados as nanopartículas de ouro e paládio na oxidação de álcool benzílico avançou significativamente nas últimas décadas, mas ainda necessita de novas pesquisas para preenchimento de lacunas relacionadas aos efeitos estruturais dos catalisadores.

REFERÊNCIAS

- ABAD, A.; CORMA, A.; GARCÍA, H. Catalyst parameters determining activity and selectivity of supported gold nanoparticles for the aerobic oxidation of alcohols: The molecular reaction mechanism. **Chemistry - A European Journal**, 2008.
- ALHUMAIMESS, M. et al. Oxidation of benzyl alcohol by using gold nanoparticles supported on ceria foam. **ChemSusChem**, v. 5, n. 1, p. 125–131, 2012.
- BALLARIN, B. et al. Supported Gold Nanoparticles for Alcohols Oxidation in Continuous-Flow Heterogeneous Systems. **ACS Sustainable Chemistry and Engineering**, 2017.
- BEHERA, G. C.; PARIDA, K. M. Liquid phase catalytic oxidation of benzyl alcohol to benzaldehyde over vanadium phosphate catalyst. **Applied Catalysis A: General**, 2012.
- CASTRO, K. P. R. et al. Aerobic Oxidation of Benzyl Alcohol on a Strontium-Based Gold Material: Remarkable Intrinsic Basicity and Reusable Catalyst. **Catalysts**, v. 8, n. 2, p. 83, 2018.
- CHAN-THAW, C.; SAVARA, A.; VILLA, A. Selective Benzyl Alcohol Oxidation over Pd Catalysts. **Catalysts**, v. 8, n. 10, p. 431, 30 set. 2018.
- CHOUDHARY, V. R.; DUMBRE, D. K.; BHARGAVA, S. K. Oxidation of benzyl alcohol to benzaldehyde by tert-butyl hydroperoxide over nanogold supported on TiO₂ and other transition and rare-earth metal oxides. **Industrial and Engineering Chemistry Research**, v. 48, n. 21, p. 9471–9478, 2009.
- COMOTTI, M. et al. The catalytic activity of “naked” gold particles. **Angewandte Chemie - International Edition**, 2004.
- CONSTANTINO, A. et al. Continuous Heterogeneously Catalyzed Oxidation of Benzyl Alcohol in a Ceramic Membrane Packed-Bed Reactor. **Organic Process Research and Development**, v. 19, n. 12, p. 1973–1979, 2015.
- DA S. MELO, I. E. M. et al. Au–Pd Selectivity-switchable Alcohol-oxidation Catalyst: Controlling the Duality of the Mechanism using a Multivariate Approach. **ChemCatChem**, v. 11, n. 13, p. 3022–3034, 4 jul. 2019.
- DAVIS, J. L.; BARTEAU, M. A. The influence of oxygen on the selectivity of alcohol conversion on the Pd(111) surface. **Surface Science**, 1988.
- DE ABREU, W. C. et al. Magnesium surface enrichment of CoFe₂O₄ magnetic nanoparticles immobilized with gold: Reusable catalysts for green oxidation of benzyl alcohol. **RSC Advances**, v. 8, n. 7, p. 3903–3909, 2018.
- DELL'ANNA, M. M. et al. Oxidation of benzyl alcohols to aldehydes and ketones under air in water using a polymer supported palladium catalyst. **Journal of Molecular Catalysis A: Chemical**, 2014.
- DIMITRATOS, N. et al. Pd and Pt catalysts modified by alloying with Au in the selective oxidation of alcohols. **Journal of Catalysis**, v. 244, n. 1, p. 113–121, 15 nov. 2006.
- ENACHE, D. I. et al. Solvent-free oxidation of benzyl alcohol using titania-supported gold-palladium catalysts: Effect of Au-Pd ratio on catalytic performance. **Catalysis Today**, 2007.
- FANG, W. et al. Hydrotalcite-supported gold catalyst for the oxidant-free dehydrogenation of benzyl alcohol: Studies on support and gold size effects. **Chemistry - A European Journal**, 2011.

- GALLEZOT, P. Selective oxidation with air on metal catalysts. **Catalysis Today**, 1997.
- GALVANIN, F. et al. On the development of kinetic models for solvent-free benzyl alcohol oxidation over a gold-palladium catalyst. **Chemical Engineering Journal**, v. 342, p. 196–210, jun. 2018.
- GUALTEROS, J. A. D. et al. Synthesis of highly dispersed gold nanoparticles on Al₂O₃, SiO₂, and TiO₂ for the solvent-free oxidation of benzyl alcohol under low metal loadings. **Journal of Materials Science**, v. 54, n. 1, p. 238–251, 2019.
- HARADA, T. et al. A simple method for preparing highly active palladium catalysts loaded on various carbon supports for liquid-phase oxidation and hydrogenation reactions. **Journal of Molecular Catalysis A: Chemical**, 2007.
- HARUTA, M. Size- and support-dependency in the catalysis of gold. **Catalysis Today**, 1997.
- HARUTA, M. Nanoparticles Can Open a New World of Heterogeneous Catalysis. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 5, n. 1/2, p. 3–4, abr. 2003.
- HONG, Y. et al. Bimetallic Au–Pd/MgO as efficient catalysts for aerobic oxidation of benzyl alcohol: A green bio-reducing preparation method. **Applied Catalysis A: General**, v. 439–440, p. 179–186, 2012.
- HOU, W.; DEHM, N.; SCOTT, R. Alcohol oxidations in aqueous solutions using Au, Pd, and bimetallic AuPd nanoparticle catalysts. **Journal of Catalysis**, v. 253, n. 1, p. 22–27, 1 jan. 2008.
- KARIMI, B. et al. Highly efficient aerobic oxidation of alcohols using a recoverable catalyst: The role of mesoporous channels of SBA-15 in stabilizing palladium nanoparticles. **Angewandte Chemie - International Edition**, 2006.
- KARIMI, B. et al. Palladium Nanoparticles Supported in the Nanospaces of Imidazolium-Based Bifunctional PMOs: The Role of Plugs in Selectivity Changeover in Aerobic Oxidation of Alcohols. **ACS Catalysis**, v. 5, n. 7, p. 4189–4200, 2 jul. 2015.
- LI, F.; ZHANG, Q.; WANG, Y. Size dependence in solvent-free aerobic oxidation of alcohols catalyzed by zeolite-supported palladium nanoparticles. **Applied Catalysis A: General**, 2008.
- LI, L. et al. Origin of the high activity of Au/FeO_x for low-temperature CO oxidation: Direct evidence for a redox mechanism. **Journal of Catalysis**, 2013.
- LIU, K. et al. Large size Pd NPs loaded on TiO₂ as efficient catalyst for the aerobic oxidation of alcohols to aldehydes. **Catalysis Communications**, 2015.
- MALLAT, T.; BAIKER, A. Oxidation of Alcohols with Molecular Oxygen on Solid Catalysts. **Chemical Reviews**, 2004.
- MANDAL, S.; CHOWDHURY, B. Solvent-free benzyl alcohol oxidation reaction over Sm-CeO₂ supported gold nanoparticle using tert-butyl hydroperoxide (TBHP) as an oxidant. **Natural Resources & Engineering**, v. 1, n. 2, p. 43–50, 2017.
- MOURA, E. M. DE et al. Gold nanoparticles supported on magnesium ferrite and magnesium oxide for the selective oxidation of benzyl alcohol. **RSC Advances**, v. 5, n. 20, p. 15035–15041, 2015.
- NAIK, R. et al. An efficient sonochemical oxidation of benzyl alcohols into benzaldehydes by FeCl₃/HNO₃ in acetone. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 18, n. 5, p. 1124–1127, 2011.
- NDOLOMINGO, M. J.; MEIJBOOM, R. Selective liquid phase oxidation of benzyl alcohol to benzaldehyde by tert-butyl hydroperoxide over γ -Al₂O₃ supported copper and gold nanoparticles. **Applied Surface Science**, v. 398, p. 19–32, mar. 2017.

PEREIRA, L. N. S. et al. Gold Supported on Strontium Surface-Enriched CoFe₂O₄ Nanoparticles: a Strategy for the Selective Oxidation of Benzyl Alcohol. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 30, n. 6, p. 1317–1325, 2019.

PORTA, F. et al. Metal sols as a useful tool for heterogeneous gold catalyst preparation: Reinvestigation of a liquid phase oxidation. **Catalysis Today**, 2000.

PRATI, L. et al. **Gold on carbon: One billion catalysts under a single label** *Physical Chemistry Chemical Physics*, 2012.

PRITCHARD, J. et al. Direct synthesis of hydrogen peroxide and benzyl alcohol oxidation using Au-Pd catalysts prepared by sol immobilization. **Langmuir**, 2010.

QI, B. et al. Solvent-free aerobic oxidation of benzyl alcohol over palladium catalysts supported on MnO_x prepared using an adsorption method. **Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis**, 2013.

SACHTLER, W. M. H.; VAN SANTEN, R. A. Surface Composition and Selectivity of Alloy Catalysts. **Advances in Catalysis**, 1977.

SAVARA, A. et al. Benzyl alcohol oxidation on carbon-supported Pd nanoparticles: Elucidating the reaction mechanism. **ChemCatChem**, 2015.

SAVARA, A. et al. Microkinetic Modeling of Benzyl Alcohol Oxidation on Carbon-Supported Palladium Nanoparticles. **ChemCatChem**, 2016.

SAVARA, A. et al. Molecular Origin of the Selectivity Differences between Palladium and Gold–Palladium in Benzyl Alcohol Oxidation: Different Oxygen Adsorption Properties. **ChemCatChem**, 2017.

SCOTT, R. W. J. et al. Bimetallic palladium - Gold dendrimer-encapsulated catalysts. **Journal of the American Chemical Society**, 2004.

STRUKUL, G. **Transition metal catalysis in the Baeyer-Villiger oxidation of ketones** *Angewandte Chemie - International Edition*, 1998.

VILLA, A. et al. New challenges in gold catalysis: bimetallic systems. **Catalysis Science & Technology**, v. 5, n. 1, p. 55–68, 2015.

WALLACE, J. M.; HOBBS, P. V. **Atmospheric Science: An Introductory Survey**. 2. ed. New York: Academic Press, 2006.

WANG, X. et al. Supported Pd catalysts for solvent-free benzyl alcohol selective oxidation: Effects of calcination pretreatments and reconstruction of Pd sites. **Applied Catalysis B: Environmental**, 2012.

WU, H.; ZHANG, Q.; WANG, Y. Solvent-free aerobic oxidation of alcohols catalyzed by an efficient and recyclable palladium heterogeneous catalyst. **Advanced Synthesis and Catalysis**, 2005.

YAN, N.; XIAO, C.; KOU, Y. **Transition metal nanoparticle catalysis in green solvents** *Coordination Chemistry Reviews*, 2010.

YANG, X. et al. Aerobic oxidation of alcohols over Au/TiO₂: An insight on the promotion effect of water on the catalytic activity of Au/TiO₂. **Catalysis Communications**, 2008.

ZAMANI, F.; HOSSEINI, S. M. Palladium nanoparticles supported on Fe₃O₄/amino acid nanocomposite: Highly active magnetic catalyst for solvent-free aerobic oxidation of alcohols. **Catalysis Communications**, v. 43, p. 164–168, jan. 2014.

ZHAN, G. et al. Liquid phase oxidation of benzyl alcohol to benzaldehyde with novel uncalcined

bio-reduction Au catalysts: High activity and durability. **Chemical Engineering Journal**, v. 187, p. 232–238, abr. 2012.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos: Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Pernambuco - UPE (2009), Mestre em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal do Piauí - UFPI (2012), com bolsa do CNPq. Doutora em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba - UFPI (2016), com bolsa da CAPES. Atualmente é professora adjunta do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em fitotecnia, fisiologia das plantas cultivadas, propagação vegetal, manejo de culturas, nutrição mineral de plantas, adubação, atuando principalmente com fruticultura e floricultura. E-mail para contato: raissasalustriano@yahoo.com.br; raissa.matos@ufma.br Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0720581765268326>

Nitalo André Farias Machado: Possui graduação em Agronomia (2015) e mestrado em Ciência Animal (2018) pela Universidade Federal do Maranhão. Atualmente é aluno regular do doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Possui experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Ambiência e Bioclimatologia, atuando principalmente nos seguintes temas: biometeorologia, bem-estar animal, biotelemetria, morfometria computacional, modelagem computacional, transporte de animais, zootecnia de precisão, valorização de resíduos, análise de dados e experimentação agrícola. E-mail para contato: nitalo-farias@hotmail.com. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3622313041986385>

Hosana Aguiar Freitas De Andrade: Graduada em Agronomia (2018) pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Atualmente é mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Ceará (PPGCS/UFC) como bolsista CAPES. Possui experiência na área de fertilidade do solo, adubação e nutrição de plantas, com ênfase em aproveitamento de resíduos na agricultura, manejo de culturas, propagação vegetal, fisiologia de plantas cultivadas e emissão de gases do efeito estufa. E-mail para contato: hosana_f.andrade@hotmail.com. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5602619125695519>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ácido metanosulfônico 46, 49, 50, 51, 56

Adequação ambiental 194

Análise combinatória 198, 199, 200, 201, 202, 213, 217, 218

Anilina 46, 49, 51

Aplicações 16, 18, 21, 26, 46, 57, 81, 83, 84, 90, 106, 193, 201, 202, 205, 207, 209, 212, 217

Aplicativo 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 126

B

Baía da Ilha Grande 162, 168, 172, 173, 174

Baía de Guanabara 146, 147, 162, 164, 168, 169, 170, 171, 174, 175

Base de dados 39, 176, 179

Bioindicadores 136, 143

C

Carcinicultura 10, 11, 12, 13, 14, 15

Carne bovina 108, 109, 110, 111, 112, 114, 117, 118

Cbers 4 16, 17, 18

Cenário educacional 1

Competência 1, 4, 5, 6, 7, 8, 168

Conforto ambiental 149, 150, 153, 154, 194, 195, 197

Contorno ativo 16, 18

Controle solar 149

D

Deposição eletroquímica 46, 49, 51, 53

Didática profissional 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8

E

Eletrodeposição 46, 50, 51, 52, 53, 57, 190, 191, 192

Ensino 1, 5, 7, 38, 58, 67, 69, 70, 71, 80, 81, 121, 122, 133, 134, 149, 194, 198, 200, 201, 216, 217, 218

Ensino das geociências 58

Ensino de astronomia 70, 81

Ensino fundamental 58, 71, 81

Ensino médio 58, 71, 200, 217, 218

Erosão costeira 163, 219, 220, 225

Espaço-temporais 10

Estratégias ativas 194

Estuário 10, 13, 14, 15, 164

Estudos topográficos 121

Experimentação 198, 199, 201, 202, 213, 216, 227
Extração de feições 16, 17, 20, 21
Extração de proteínas 108, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 117, 118

F

Filmes de polianilina 46
Física médica 37, 38, 40, 44
Fitólitos de plantas 135, 137, 140
Formação dos adultos 1, 4
Função exponencial 82, 94, 99, 100, 104, 106

G

Geociências 15, 58, 60, 62, 69, 81, 175
Geomorfologia fluvial 10

I

Interatividade 37, 38

K

Kinect 121, 122, 124, 125, 127, 129, 130, 131, 132, 133, 134

L

Lâmpada fluorescente 70, 72, 73, 74, 77, 78, 79, 80
Landsat 8 16, 17, 18, 19, 20, 21
Liga de alumínio 2024 48, 49, 190
Linha de costa 14, 165, 172, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225
Líquido iônico 190, 191, 192

M

Mapeamento de ruído 176, 181, 183, 187
Mata atlântica 135, 136, 137, 138, 146
Matemática 1, 3, 5, 6, 7, 8, 83, 84, 90, 102, 106, 107, 198, 199, 200, 201, 202, 213, 216, 217, 218
Meta-heurística 155, 156, 157, 158, 159, 160
Metais oxidáveis 46, 48
Métodos 3, 12, 16, 17, 18, 19, 21, 24, 45, 48, 72, 110, 111, 123, 128, 139, 147, 156, 176, 180, 192, 199, 200, 201, 202, 221, 222, 224
Modelagem 126, 155, 156, 160, 161, 176, 178, 180, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 227
Modelagem acústica 176, 180

O

Ouro 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 52, 53, 54, 62, 217
Oxidação álcool benzílico 22

P

Paládio 22, 23, 24, 25, 26, 27, 32

Planejamento fatorial 108, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117

Planície flúvio-marinha 10, 12

Polipirrol 48, 57, 190, 191, 192, 193

Praia 138, 141, 143, 147, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 173, 174, 219, 220, 222, 224, 225, 226

Praias abrigadas 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 173, 174

Professor 1, 5, 6, 7, 8, 58, 61, 68, 81, 121, 122, 195, 199, 200, 213, 214, 215, 216, 217

Proteções solares 149, 150, 152

R

Radiação 70, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 114

Realidade aumentada 121, 122, 127, 132, 133

Reconstituição paleoambiental 136

Recursos de informações 37

Rio Acaraú 10, 11, 12, 14

S

Secado de café 155

Sensoriamento remoto 16, 21

Série de Taylor 82, 83, 99

Superfície de resposta 108, 110, 111, 117

T

Tecnologia móvel 37, 38, 39

Teoria quântica 70, 71, 72, 73, 74, 78, 80

Topografia 10, 121, 122, 123, 127, 133, 134, 137, 162, 168, 180

V

Variabilidade multitemporal 219

