



**Cleberton Correia Santos
(Organizador)**

**Estudos Interdisciplinares
nas Ciências e da Terra
e Engenharias 5**

Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências
Exatas e da Terra e Engenharias 5

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Conselho Técnico Científico

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	<p>Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 5 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 5)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-623-2 DOI 10.22533/at.ed.232191109</p> <p>1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 016.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

O livro “Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias” de publicação da Atena Editora apresenta em seu 5º volume 37 capítulos com temáticas voltadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como outros pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DETERMINAÇÃO DA ALTURA MANOMÉTRICA DOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE FLUIDOS DO REATOR TUBULAR PRESENTE NO MÓDULO DIDÁTICO DE CINÉTICA E CÁLCULO DE REATORES	
Shara Katerine Moreira Jorge Leal Rosilanny Soares Carvalho Daiane Antunes Pinheiro Vitor Soares	
DOI 10.22533/at.ed.2321911091	
CAPÍTULO 2	12
ESTATÍSTICA COMO ELEMENTO NORTEADOR DO TRABALHO COM CONCEITOS MATEMÁTICOS NOS ANOS INICIAIS	
Daiani Finatto Bianchini Cátia Maria Nehring	
DOI 10.22533/at.ed.2321911092	
CAPÍTULO 3	26
AÇÃO CATALÍTICA DO CATALISADOR DE 2ª GERAÇÃO DE GRUBBS NA AUTO-METÁTESE DA PIPERINA	
Aline Aparecida Carvalho França Vanessa Borges Vieira Thais Teixeira da Silva Sâmia Dantas Braga Ludyane Nascimento Costa John Cleiton dos Santos Denise Araújo Sousa Alexandre Diógenes Pereira Benedito dos Santos Lima Neto Francielle Aline Martins José Luiz Silva Sá José Milton Elias de Matos	
DOI 10.22533/at.ed.2321911093	
CAPÍTULO 4	35
ACUMULADOR DE ENERGIA SOLAR PARA SECAGEM DAS AMENDOAS DE CACAU	
Luiz Vinicius de Menezes Soglia Jorge Henrique de Oliveiras Sales Pedro Henrique Sales Giroto	
DOI 10.22533/at.ed.2321911094	
CAPÍTULO 5	47
ÁLGEBRA LINEAR NA ESCOLA E NA HISTÓRIA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DOS PRINCIPAIS TÓPICOS ENSINADOS	
Leandro Teles Antunes dos Santos Erasmus Tales Fonseca Patrícia Milagre de Freitas	
DOI 10.22533/at.ed.2321911095	

CAPÍTULO 6	58
UMA POSSIBILIDADE DE CONCEBER A MATEMÁTICA E REALIDADE - MODELAGEM MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO	
Morgana Scheller Lariça de Frena Alan Felipe Bepler Tayana Cruz de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.2321911096	
CAPÍTULO 7	71
LETRAMENTO MATEMÁTICO: A ALFABETIZAÇÃO MATEMÁTICA A PARTIR DE MATERIAIS MANIPULÁVEIS	
Pamela Suelen Pantoja Egues Cristiane Ruiz Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.2321911097	
CAPÍTULO 8	79
MÉTODO DE MÚLTIPLAS ESCALAS APLICADO AO OSCILADOR DE VAN DER POL	
Higor Luis Silva Denner Miranda Borges	
DOI 10.22533/at.ed.2321911098	
CAPÍTULO 9	86
ANALISE DE VIABILIDADE DE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS COM O USO DA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO	
Ianyqui Falcão Costa	
DOI 10.22533/at.ed.2321911099	
CAPÍTULO 10	103
DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO MÓVEL EDUCATIVA PARA ACOMPANHANTES DE PARTURIENTES	
Adriana Parahyba Barroso Jocileide Sales Campos Edgar Marçal	
DOI 10.22533/at.ed.23219110910	
CAPÍTULO 11	113
ASPECTOS DO CICLO DE VIDA DE DADOS EM PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO DE ONTOLOGIAS BIOMÉDICAS	
Jeanne Louize Emygdio Eduardo Ribeiro Felipe Maurício Barcellos Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.23219110911	
CAPÍTULO 12	126
AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE VINHOS UTILIZANDO TÉCNICAS ELETROANALÍTICAS E ESPECTROFOTOMÉTRICAS	
Isaide de Araujo Rodrigues Deracilde Santana da Silva Viégas Ziel dos Santos Cardoso Ana Maria de Oliveira Brett	
DOI 10.22533/at.ed.23219110912	

CAPÍTULO 13 138

AVALIAÇÃO DE ADITIVOS ANTIOXIDANTES COMO INIBIDORES DA CORROSÃO PROVOCADA PELO BIODIESEL DE DIFERENTES MATÉRIAS-PRIMAS

José Geraldo Rocha Junior
Marcelle Dias dos Reis
Luana de Oliveira Santos
Andressa da Silva Antunes
Cristina Maria Barra
Sheisi Fonseca Leite da Silva Rocha
Otavio Raymundo Lã
Rosane Nora Castro
Matthieu Tubino
Acácia Adriana Salomão
Willian Leonardo Gomes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.23219110913

CAPÍTULO 14 149

AVALIAÇÃO DO TEOR DE FIBRAS EM IOGURTE SABOR CHOCOLATE ELABORADO COM ADIÇÃO DE BIOMASSA DE BANANA VERDE

Ana Cléia Moreira de Assis Frota
Márcia Facundo Aragão

DOI 10.22533/at.ed.23219110914

CAPÍTULO 15 155

DIAGNÓSTICO DAS PERDAS DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Daniel Ramos de Souza
Maycon Mickael Ribeiro Vasconcelos
Evandro Schmitt
Írismar da Silva Genuíno

DOI 10.22533/at.ed.23219110915

CAPÍTULO 16 164

ESTUDO DE AQUECIMENTOS NOTURNOS SIMULTANEAMENTE À DIMINUIÇÃO DA UMIDADE SOBRE A CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Hana Carolina Vieira da Silveira
Ana Cristina Pinto de Almeida Palmeira

DOI 10.22533/at.ed.23219110916

CAPÍTULO 17 175

EXTRAÇÃO, PURIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO LÍQUIDO CELOMÁTICO DE MINHOCA DA ESPÉCIE *Eisenia andrei*

Taisa Werle
Jordana Finatto
Ketlin Fernanda Rodrigues
Gabriela Vettorello
Ani Carolina Weber
Sabrina Grando Cordeiro
Verônica Vanessa Brandt
Ytan Andreine Schweizer
Valeriano Antônio Coberllini
Elisete Maria de Freitas
Eduardo Miranda Ethur
Lucélia Hoehne

DOI 10.22533/at.ed.23219110917

CAPÍTULO 18	188
A ABORDAGEM HISTÓRICA DE MATRIZ, DETERMINANTE E SISTEMAS LINEARES NOS LIVROS DIDÁTICOS	
Daniel Martins Nunes Fábio Mendes Ramos Fabricia Gracielle Santos	
DOI 10.22533/at.ed.23219110918	
CAPÍTULO 19	195
A QUÍMICA DA MARCHETARIA: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE QUÍMICA	
Caroline Ketlyn M. Da Silva Francisca Georgiana M. do Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.23219110919	
CAPÍTULO 20	209
A UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO SUPERIOR	
Robert Mady Nunes Wilmar Borges Leal Júnior Marcos Dias da Conceição Valber Sardi Lopes Greice Quele Mesquita Almeida Andrea Barboza Proto Helaís Santana Lourenço Mady Suzane Aparecida Cordeiro	
DOI 10.22533/at.ed.23219110920	
CAPÍTULO 21	221
SOLUÇÃO PARA EQUAÇÃO INTEGRAL DE SCHRÖDINGER DE UMA ONDA ESPALHADA VIA MÉTODO DE FREDHOLM	
Pedro Henrique Sales Giroto Jorge Henrique de Oliveiras Sales	
DOI 10.22533/at.ed.23219110921	
CAPÍTULO 22	233
ESTUDO MORFOLÓGICO E CRISTALOGRAFICO DE DIFERENTES TIPOS DE CIMENTO PORTLAND	
Bento Francisco dos Santos Júnior Fabiane Santos Serpa Eduardo Ubirajara Rodrigues Batista Thuany Reis Sales Adriele Santos Souza Antonio Vieira Matos Neto	
DOI 10.22533/at.ed.23219110922	
CAPÍTULO 23	248
FATORES SOCIOECONÔMICOS DO PERFIL DO EMPREENDEDOR BRASILEIRO	
Felipe Kupka Feliciano Antonio Marcos Feliciano César Panisson Édis Mafra Lapolli	
DOI 10.22533/at.ed.23219110923	

CAPÍTULO 24	262
IDENTIFICAÇÃO DE DANOS ESTRUTURAIS USANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS BASEADA EM UM MODELO DE DANO CONTÍNUO	
Rosilene Abreu Portella Corrêa Cleber de Almeida Corrêa Junior Jorge Luiz Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.23219110924	
CAPÍTULO 25	274
APLICAÇÃO DA TEORIA DE REDES PARA ANÁLISE LOGÍSTICA DOS <i>HUBPORTS</i> DA CABOTAGEM BRASILEIRA	
Carlos César Ribeiro Santos Hernane Borges de Barros Pereira Anderson da Silva Palmeira Marcelo do Vale Cunha	
DOI 10.22533/at.ed.23219110925	
CAPÍTULO 26	287
IMPREGNAÇÃO INCIPIENTE DE HSiW EM ZEÓLITA Y PARA PRODUÇÃO DE ACETATO DE BUTILA	
Mateus Freitas Paiva Juliane Oliveira Campos de França Elon Ferreira de Freitas José Alves Dias Sílvia Cláudia Loureiro Dias	
DOI 10.22533/at.ed.23219110926	
CAPÍTULO 27	298
MULTISCALE SPATIAL INFLUENCE ON METABOLITES IN JABUTICABA	
Gustavo Amorim Santos Luciane Dias Pereira Suzana da Costa Santos Pedro Henrique Ferri	
DOI 10.22533/at.ed.23219110927	
CAPÍTULO 28	310
O ENSINO DE MATEMÁTICA POR MEIO DA LINGUAGEM TEATRAL	
Fabiana Geresa Leindeker da Silva Tamires Bon Vieira Monalisa da Silva Leonardo Geziel de Matos Dada Carla Daniela Guasseli da Silva Engel	
DOI 10.22533/at.ed.23219110928	
CAPÍTULO 29	319
O ESTUDO DE PIRÂMIDES COM A UTILIZAÇÃO DO “VOLPIR”	
Renato Darcio Noleto Silva Cinthia Cunha Maradei Pereira Fábio José da Costa Alves	
DOI 10.22533/at.ed.23219110929	

CAPÍTULO 30 333

O USO DO CELULAR NO PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM: UMA ANÁLISE A PARTIR DAS CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS DE VYGOTSKY

Jerry Wendell Rocha Salazar
Delcineide Maria Ferreira Segadilha

DOI 10.22533/at.ed.23219110930

CAPÍTULO 31 345

BREVE ANÁLISE DA FERRAMENTA CONSTRUCT 2® COMO OBJETO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA

Monys Martins Nicolau
Eryslânia Abrantes Lima
Solon Diego Garcia Moreira
Amanda Oliveira de Miranda
Saymon Bezerra de Sousa Maciel
Elder Gonçalves Pereira

DOI 10.22533/at.ed.23219110931

CAPÍTULO 32 355

PERCEPÇÃO DOCENTE SOBRE AS DIFICULDADES DOS ACADÊMICOS NA ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS EXPERIMENTAIS DE QUÍMICA

Klenicy Kazumy de Lima Yamaguchi
Hudinilson Kendy de Lima Yamaguchi
Vera Lúcia Imbiriba Bentes

DOI 10.22533/at.ed.23219110932

CAPÍTULO 33 366

PROPOSTA DE UM INSTRUMENTO PARA LEVANTAMENTO DE REQUISITOS FUNCIONAIS PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA FERRAMENTA DE GESTÃO DO CONHECIMENTO NA INDÚSTRIA DE SOFTWARE

Gisele Caroline Urbano Lourenço
Mariana Oliveira
Danieli Pinto
Nelson Tenório
Pedro Henrique Lobato
Amanda Vidotti

DOI 10.22533/at.ed.23219110933

CAPÍTULO 34 376

O *SOFTWARE* GEOGEBRA: MEDIADOR DA APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE GEOMETRIA DE UMA ALUNA NÃO ALFABETIZADA

Taiane de Oliveira Rocha Araújo
Maria Deusa Ferreira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.23219110934

CAPÍTULO 35 385

RESOLUÇÃO CINÉTICA DINÂMICA DE AMINAS BENZÍLICAS SUBSTITUÍDAS UTILIZANDO CATALISADOR DE Pd SUPOSTADO EM $MgCO_3$

Fernanda Amaral de Siqueira
Camila Rodrigues Cabreira
Pedro Henrique Kamogawa Chaves

DOI 10.22533/at.ed.23219110935

CAPÍTULO 36	396
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA UTILIZANDO JOGOS DIGITAIS: UMA VISÃO TEÓRICA	
Francisco Glauber de Brito Silva Leonardo Alcântara Alves	
DOI 10.22533/at.ed.23219110936	
CAPÍTULO 37	407
ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À PUNCTURA DO COBRE POR ENSAIO PADRONIZADO DE ULTRAMICRODUREZA	
Eduardo Braga Costa Santos Denise Dantas Muniz Eliandro Pereira Teles Danielle Guedes de Lima Cavalcante Ricardo Alves da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.23219110937	
SOBRE O ORGANIZADOR	419
ÍNDICE REMISSIVO	420

AÇÃO CATALÍTICA DO CATALISADOR DE 2ª GERAÇÃO DE GRUBBS NA AUTO-METÁTESE DA PIPERINA

Aline Aparecida Carvalho França

Universidade Federal do Piauí, Teresina – Piauí.

Vanessa Borges Vieira

Universidade Estadual do Piauí, Teresina – Piauí.

Thais Teixeira da Silva

Universidade Estadual do Piauí, Teresina – Piauí.

Sâmia Dantas Braga

Universidade Estadual do Piauí, Teresina – Piauí.

Ludyane Nascimento Costa

Universidade Federal do Piauí, Teresina – Piauí.

John Cleiton dos Santos

Universidade Estadual do Piauí, Teresina – Piauí.

Denise Araújo Sousa

Universidade Estadual do Piauí, Teresina – Piauí.

Alexandre Diógenes Pereira

Universidade Estadual do Piauí, Teresina – Piauí.

Benedito dos Santos Lima Neto

Universidade de São Paulo-USP, São Carlos-SP

Francielle Aline Martins

Universidade Estadual do Piauí, Teresina – Piauí.

José Luiz Silva Sá

Universidade Estadual do Piauí, Teresina – Piauí.

José Milton Elias de Matos

Universidade Federal do Piauí, Teresina – Piauí.

RESUMO: Dois heterodímeros, isômeros *cis/trans*, foram sintetizados a partir da auto-metátese de olefinas da piperina catalisada por G2 (catalisador de Grubbs de segunda geração). As condições catalíticas otimizadas

aconteceram quando os ensaios foram realizados em CHCl_3 , em temperatura de refluxo, por 96h e razão catalisador:substrato de 1:1 mol. Nestas condições, cerca de 67% do heterodímero-*trans* foi formado. Os resultados de rendimento foram aferidos pela integração dos picos do cromatograma da mistura final, e as caracterizações pela análise dos espectros de massas. Este trabalho mostrou a troca direta entre o grupo carbeno de G2 e a porção 1,3-benzodioxole da piperina, com alta seletividade.

PALAVRAS-CHAVE: Metátese de Olefinas, Catalisadores de Grubbs, Piperina

CATALYTIC ACTION OF GRUBBS'S 2ND GENERATION CATALYST IN PIPERINA SELF-METATTESIS

ABSTRACT: Two heterodimers, *cis/trans* isomers, were synthesized from olefin self-metathesis of the piperine catalyzed for G2 (Grubbs catalyst second generation). The optimized catalytic conditions occurred when the tests were performed in CHCl_3 under reflux temperature, for 96h and catalyst:substrate of 1:1 mol. In this conditions, c.a. 67% of *trans*-heterodimers were obtained. The yields results were measured by integration of the peaks of the chromatograms in the final mixture, and the

characterization was realized by mass spectrum analysis. This work showed the direct exchange between the G2 carbene group and the piperine 1,3-benzodioxole portion, with high selectivity.

KEYWORDS: Olefin metathesis, Grubbs catalyst, piperine.

1 | INTRODUÇÃO

A metátese de olefinas consiste num processo catalítico de redistribuição de ligações duplas na presença de um complexo metal-carbeno, que envolve a clivagem e a formação de novas ligações carbono-carbono. A grande vantagem das reações de metátese é o fácil acesso a moléculas e polímeros difíceis de serem obtidos por outro modo. Existem vários tipos de metátese de olefinas, dentre as quais se destacam: 1) metátese por polimerização com abertura de anel (ROMP - *ring-opening metathesis polymerization*); 2) metátese por fechamento de anel (RCM - *ring-closing metathesis*); 3) metátese por polimerização em dienos acíclicos (ADMET - *acyclic diene metathesis polymerization*); 4) metátese por abertura de anel (ROM - *ring-opening metathesis*); 5) metátese cruzada (CM - *cross-metathesis* ou XMET) e 6) autometátese (*Self Metathesis* (SM)), reação entre duas olefinas iguais. (NGUYEN, S. T.; ZILLER, W.; GRUBBS, R. H., 1993; BLACKWELL, H.E., 2000; SANFORD, M. S.; LOVE, J. A.; GRUBBS, R. H., 2001; TRNKA, T.M.; GRUBBS, R. H., 2001; GRUBB, R. H., 2003; GRUBBS, R. H., 2004; CHAUVIN, Y., 2006; HOVEYDA, A. H.; ZHUGRALIN, A. R., 2007; MATOS et al, 2007; DUMAS, et al, 2018.)

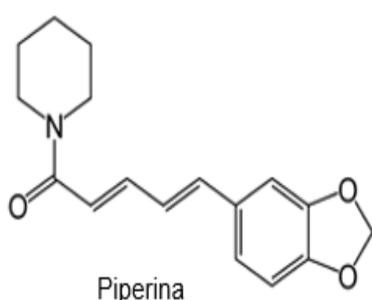
A partir do desenvolvimento de catalisadores homogêneos de estrutura bem definida, a reação de metátese de olefinas tornou-se um método bastante utilizado para a formação de ligações duplas carbono-carbono sendo amplamente empregada em sínteses orgânicas, química verde e bioquímica. A seletividade dos complexos de Ru para a ligação dupla carbono-carbono, coloca esses complexos entre os mais utilizados na reação de metátese de olefinas. O grupo de Grubbs demonstrou que complexos de Ru promovem as mesmas reações catalisadas por complexos de Mo e W, antes estudado por Schrock (catalisadores também utilizados para metátese de olefinas), além de apresentarem maior tolerância a grupos funcionais. Esses resultados levaram ao estudo e desenvolvimento de complexos de Ru que viriam a ser conhecidos como catalisador de Grubbs de 1ª e 2ª geração. Os de primeira geração apresentam uma fosfina, enquanto que os de segunda geração um carbeno N heterocíclico (NHC). (ARAKI, Y.; TOPOLOVČAN, N.; KOTORA, M.; 2017; OLIVEIRA, 2015.)

Diante disso, este trabalho teve como objetivo o estudo da ação catalítica do catalisador de Grubbs de 2º geração (G2) na auto-metátese da piperina, (Figura 1), de forma a obter novas moléculas em sistemas otimizados e que apresentem futura aplicação com ação bactericida, anti-inflamatória e analgésica.

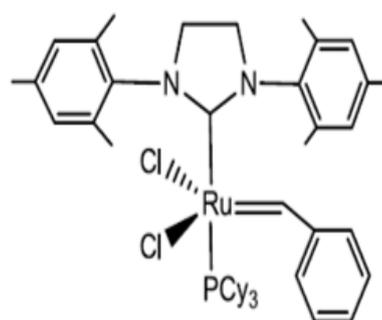
Apiperina é um alcaloide presente em várias espécies de pimenta, principalmente

a pimenta preta (*Piper nigrum* Linn.), também conhecida como pimenta do reino; uma das mais relevantes e antigas especiarias comercializada na costa oeste do sul da Índia, para diversos países. Responsável pelo aroma intenso da pimenta, a piperina pode ser encontrada em todas as partes da planta, sendo o componente majoritário dos frutos secos da pimenta do reino de onde é facilmente extraída através da preparação do extrato etanólico (KHAMIS et al, 2018).

Diversas atividades biológicas e farmacológicas já foram relatadas para a piperina: tais como ação inseticida (ROMÃO et al., 2008), antiparasitária (FERREIRA, et al, 2012), antioxidante e anti-inflamatória (YUN, et al, 2017), anticancerígena (SRIWIRIYAJAN, et al., 2016), antidepressiva (UMADEVI, DEEPTI E VENUGOPAL, 2013), analgésica, contraceptiva e antiespermatogênica (NASEEMA, 2018).



Piperina



Catalisador de Grubbs de segunda geração

Figura 1 – Representação estrutural do reagente e catalisador utilizados na reação de metátese

2 | METODOLOGIA

2.1 Procedimentos gerais

Todas as reações foram realizadas e manipuladas sob atmosfera de nitrogênio seguindo a técnica padrão de Schlenk. Os reagentes piperina, o catalisador de Grubbs de segunda geração (G₂) (Figura 1) e etil-vinil éter foram adquiridos da Aldrich e utilizados como recebidos. O solvente CHCl₃ foi adquirido pela empresa Dinâmica.

2.2 Testes catalíticos

Para obtenção de produtos através da metátese da piperina empregando catalisadores de Grubbs de 2^o geração (G₂), foi realizado o estudo da autometátese deste fitogênico. (Figura 6)

As reações foram realizadas em atmosfera de N₂(g), com a solubilização do substrato em 10 mL de clorofórmio, e em seguida a adição do catalisador G₂. O acondicionamento do sistema foi realizado seguindo a técnica de Shlenk. A mistura reacional foi mantida sob sistema de refluxo e colocada em um banho de óleo com

temperatura controlada, sob agitação magnética constante. Para finalização da reação, etil vinil éter (3 gotas) foi adicionado ao sistema.

Todas reações foram realizadas à temperatura de 50°C, com relações equivalentes de catalisador: substrato 1:1 mol e em atmosfera de N₂ por 96 h. Para a caracterização dos produtos obtidos utilizou-se Espectrômetro de Massa Acoplado ao Cromatógrafo a Gás (CG-EM). (Figura 2)

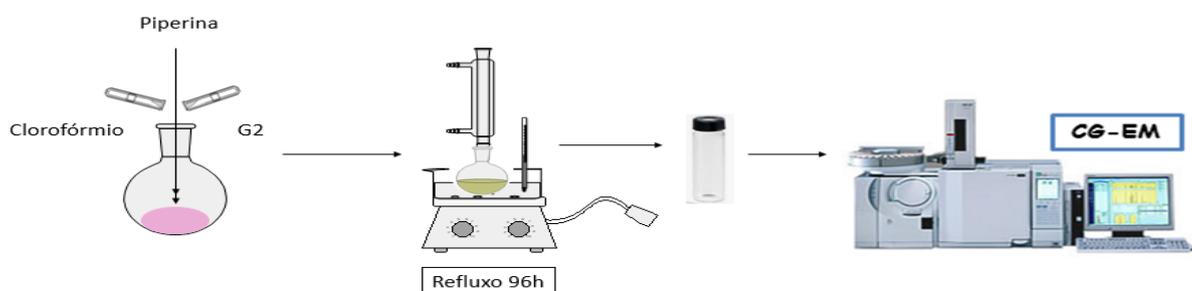


Figura 2 - Representação esquematizada da reação de auto metátese.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros ensaios catalíticos ocorreram sob temperatura de refluxo por 24h, utilizando a relação catalisador:substrato de 1:1 mol. Os resultados foram aferidos a partir da análise por CG-EM da alíquota da mistura reacional, após o tempo de síntese e adição do etil vinil éter; para finalizar a reação. Nesta análise nenhum sinal apresentou m/z compatível com algum possível produto a partir da metátese de olefinas da piperina. Porém, o pico com m/z = 296 g.mol⁻¹ relativo à triciclo hexil fosfina oxidada (OPCy₃) foi identificado. Quando G2 está em solução, ocorre a descoordenação da PCy₃ (podendo ser oxidada por traço de oxigênio presentes em solução), para possibilitar a ligação do substrato no processo catalítico. Assim como outros catalisadores ativos para metátese, alguns trabalhos relatam a observação dos ligantes de saída por diferentes técnicas de análise (GRUBBS, R. H., 2001). Apesar de não haver formação dos produtos esperados para a metátese da piperina nestas condições, a observação da OPCy₃ é um importante indício que a catálise pode ocorrer após otimização das condições reacionais.

As análises por CG-EM da mistura reacional a partir dos ensaios catalíticos com tempo reacional de 48 h, sob temperatura de refluxo e razão catalisador:substrato de 1:1 mol, apresentaram apenas dois picos, ambos compatíveis com produtos da metátese da piperina. Os picos com tempo de retenção de 11 e 12,5 min (Figura 3) apresentam mesmo perfil no espectro de massas, ambos com m/z = 238 g.mol⁻¹, são isômeros e aqui determinados como composto 1 para o isômero *trans* e composto 2 para o isômero *cis*, respectivamente, Figura 4.

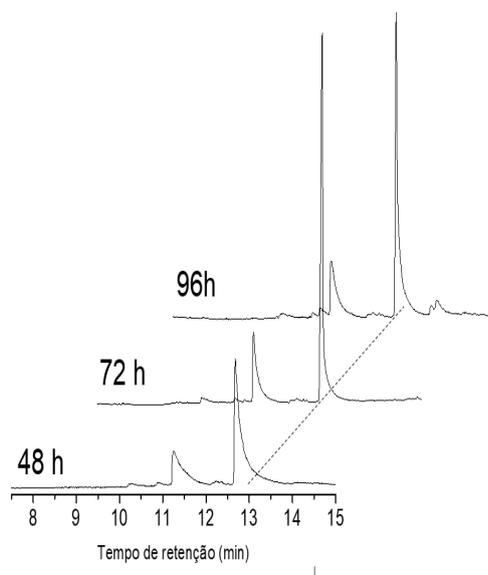


Figura 3. Análise por CG-EM, sob condições de 50°C, 48h, 72h e 96h e catalisador/substrato 1:1 mol.

Numa comparação relativa entre **1** e **2**, pôde-se notar que houve um pequeno aumento do rendimento de **1** em função do tempo. Com 48 h existe cerca de 34,7% de **2** e 65,3% de **1**, com 72 h 33,2% de **2** e 66,8% de **1** e nas reações por 96 h 32,4% de **2** e 67,6% de **1**.

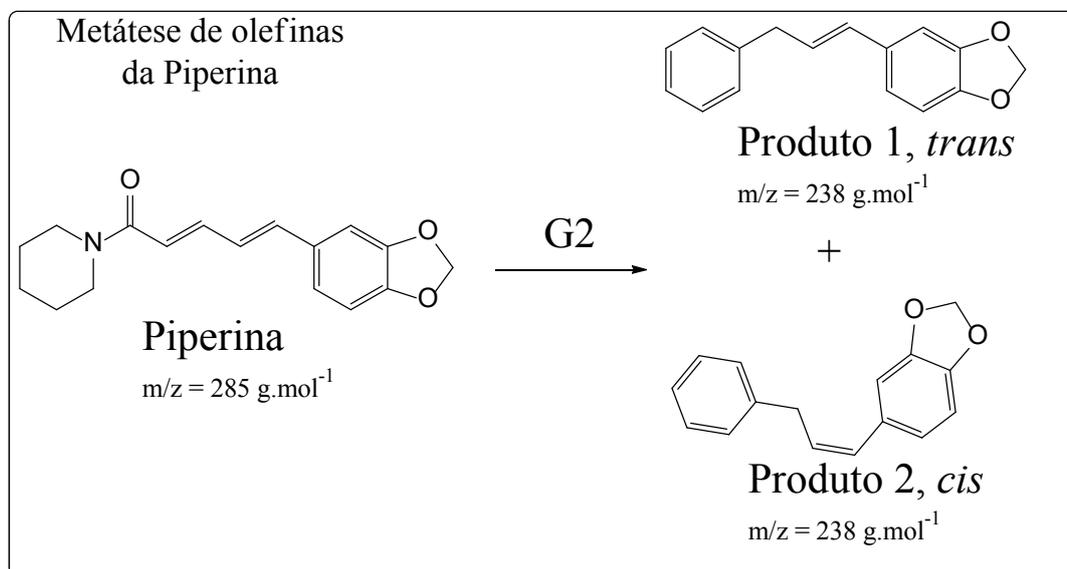


Figura 4. Representação dos produtos de metátese obtidos nos ensaios sob condições de 50°C, 48h, 72h e 96h e catalisador/substrato 1:1 mol.

O principal produto da fragmentação do composto **1**, similar ao composto **2**, é compatível com um fragmento a partir da parte 1,3-benzodioxole da piperina (biciclo na parte direita da molécula de piperina), a fração com m/z=147 g.mol⁻¹. Ainda, a fração com m/z = 104 g.mol⁻¹ é compatível com um fragmento a partir de um

grupamento fenílico; tal qual o carbeno de G2. Portanto os heterodímeros **1** e **2** são típicos produtos esperados para um processo catalítico do tipo metátese de olefinas, há a troca dos grupos ligados diretamente às olefinas. Ressalta-se que o mecanismo descrito por Yves Chauvin considera que o metal-carbeno mimetiza um olefina no processo (CHAUVIN, Y.2006).

Além dos interessantes heterodímeros **1** e **2**, um destaque neste trabalho é que não houve, nas condições otimizadas, nenhum indício de formação de produtos de metátese a partir da troca entre grupos da olefina mais próxima ao grupo acetilpiperidina da piperina, nem outro produto de reações sucessivas. Isto demonstra boa seletividade no processo catalítico. A Figura 5 apresenta algumas sequências reacionais possíveis para a metátese da piperina, que não foram observadas nas condições otimizadas devido a seletividade do processo e a Figura 6, apresenta esquemas reacionais para possíveis produtos de metátese a partir da piperina.

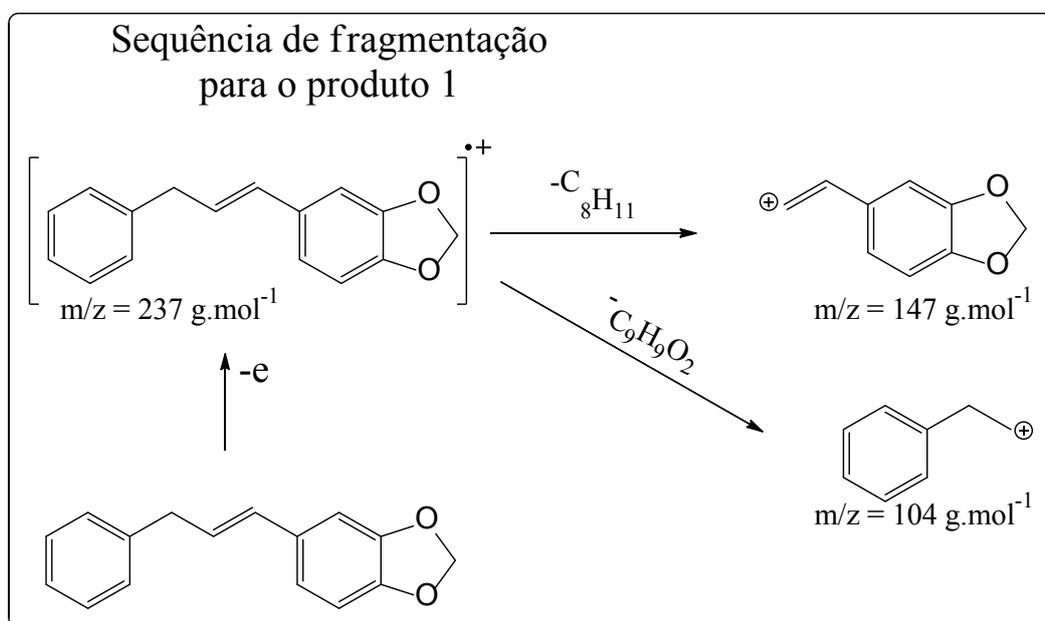


Figura 5. Mecanismo de fragmentação do produto da metátese da piperina

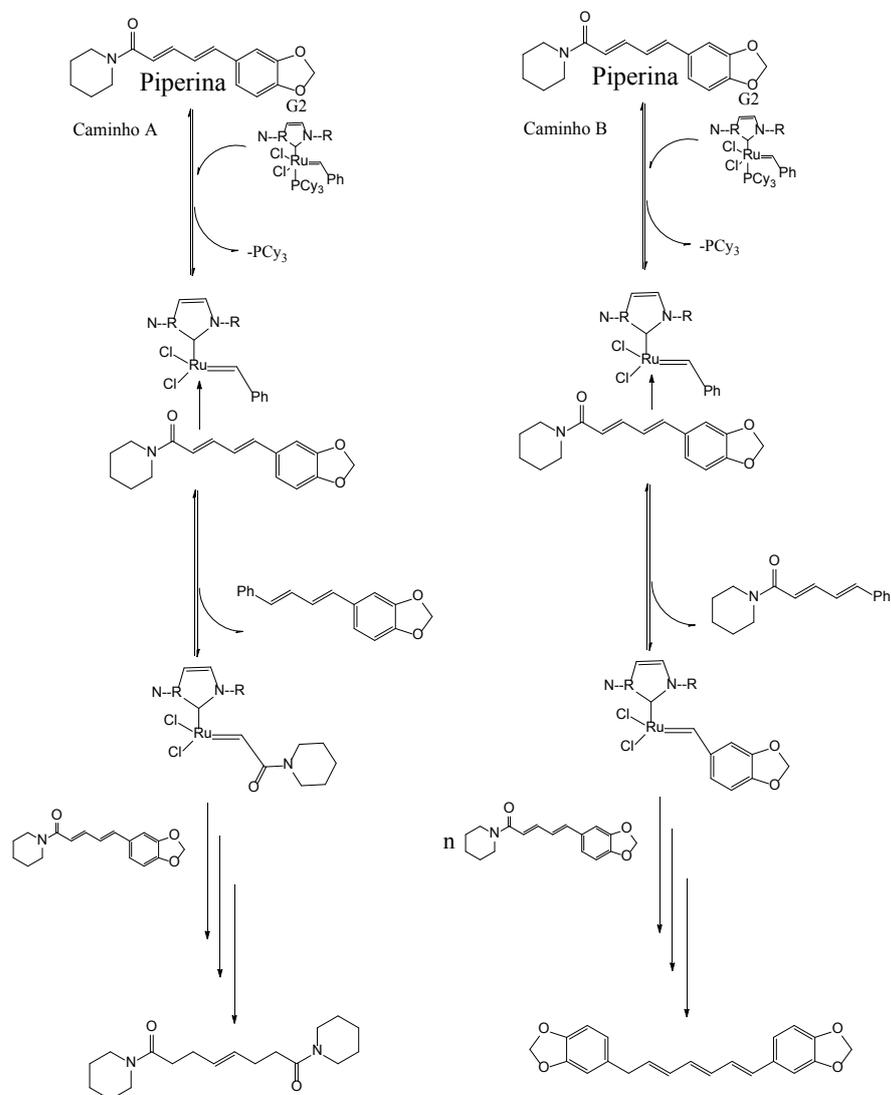


Figura 6. Esquemas reacionais para possíveis produtos de metátese a partir da piperina.

4 | CONCLUSÕES

Neste trabalho, realizaram-se ensaios catalíticos de auto-metátese de olefinas da piperina, utilizando o catalisador de Grubbs de 2^a geração (G2), em diferentes tempos reacionais, 24, 48, 72 e 96 h, com razão catalisador:substrato 1:1 mol. Os principais produtos observados foram heterodímeros a partir da troca dos grupos carbeno da porção 1,3-benzodioxole da piperina, seletivamente para dois isômeros desta molécula.

Pode-se concluir que o processo catalítico com G2 foi otimizado quando o tempo de reação foi ajustado a partir de 48 a 96h, apresentando boa seletividade nos produtos formados.

AGRADECIMENTOS

Às agências de fomento CAPES e FAPEPI (Edital 06/2018 FAPEPI/CAPES) pelas concessões de bolsa de estudo e suportes à pesquisa. Às universidades

REFERÊNCIAS

- Araki, Yasuhiro.; Topolovčan, Nikola.; Kitora, Martin. **Ru-catalyzed Cross-Metathesis of Allyl Acetate and Styrenes: a Practical Approach to Synthesis of Tripolinolate A and Its Analogs.** European Journal of Organic Chemistry. Vol. 13, p 1736-1739, 2017.
- BLACKWELL, H.E.; O'LEARY J.D.; CHATTERJEE, A.K.; WASHENFELDER, R.A.; BUSSMANN, D.A.; GRUBBS, R.H., **New approaches to olefin cross-metathesis.** Journal of the American Chemical Society, v. 122, p. 58-71, 2000.
- CHAUVIN, Y. **Olefin metathesis: the early days (Nobel lecture).** Angewandte Chemie International Edition, v. 45, p. 3740-3747, 2006.
- DUMAS, A.; TARRIEU, R.; VIVES, T.; ROISNEL, T.; DORCET, V.; BASLÉ, O.; & MAUDUIT, M. A. **Versatile and Highly Z-Selective Olefin Metathesis Ruthenium Catalyst Based on a Readily Accessible N-Heterocyclic Carbene.** ACS Catalysis, v.8, n.4, p.3257–3262, 2018
- Frederico, Daniel.; Brocksom, Ursula.; Brocksom, Timothy John. **A reação de metátese de olefinas: Reorganização e ciclização de compostos orgânicos.** Química Nova, vol. 28, no. 4, 692-702, 2005.
- Ferreira, Welisson. S.; Franklim, Tatianny N.; Lopes, Natália. D.; de Lima, Marco E. F. **Piperina, seus Análogos e Derivados: Potencial como antiparasitários.** Revista Virtual de Química, vol. 4, n.3, p. 208-224, 2012.
- Ferreira, Vitor F.; Silva, Fernando, C. **Metátese em síntese orgânica e o prêmio Nobel de química de 2005: do Plástico à indústria farmacêutica.** Química Nova na Escola, n.22, 2005.
- GRAIDIST, Potchanapond. **Anticancer and Cancer Prevention Effects of Piperine-Free Piper nigrum Extract on N-nitrosomethylurea-Induced Mammary Tumorigenesis in Rats.** Cancer Prev Res; n.9, vol. 1, 2016.
- GRUBB, R. H. **Handbook of metathesis.** New York: Wiley, 2003. v. 3
- GRUBBS, R. H. **Olefin Metathesis.** Tetrahedron, v. 60, p. 7117-7140, 2004.
- HOVEYDA, A. H.; ZHUGRALIN, A. R. **The remarkable metal-catalysed olefin metathesis reaction.** Nature, v. 450, p. 243-251, 2007.
- Khamisa, Abeer A.A.; Alib, Ehab M.M.; El-Moneimc Mohamed A. Abd.; Abd-Alhaseebd Mohammad M.; El-Magde Mohammed Abu.; Salim, Elsayed I. **Hesperidin, piperine and bee venom synergistically potentiate the anticancer effect of tamoxifen against breast cancer cells.** Biomedicine & Pharmacotherapy, n.105; p.1335–1343, 2018.
- Matos, José Milton E.; Batista, Nougá C.; Carvalho, Rogério M.; Santana, Sirlane A. A.; Puzzi, Paula N.; Sanches, Mário; Lima-Neto, Benedito S. **Metátese de olefinas no Brasil: -"Brazil is romping it!"** Química Nova, vol.30, n.2, p. 431-435, 2007.
- NASEEMA, U.; RAO, Ganne Venkata Sudhakar.; PAZHANIVEL, N.; PANDIYAN, V.; SRIRAM, P. **Chemotherapeutic effect of piperine solid lipid nanoparticles against benzo(a)pyrene: Induced lung cancer in mice.** The Pharma Innovation Journal. Vol. 7, n.2, p.198-201, 2018.

NGUYEN, S. T.; ZILLER, W.; GRUBBS, R. H. **Synthesis and activities of new single- componente, ruthenium- based olefin metathesis catalysts.** J. Am. Chem. Soc. v.115, p. 9858, 1993.

Oliveira, Vanessa da Gama. **Ruthenium in Olefins Cross – Metathesis Reactions.** Revista Virtual de Química, vol.7, n. 6, 2015.

ROMÃO, Júlia Andrade; BOCCARDO, Lilian; DE PAULA, Vanderlúcia Fonseca; CHAGAS, Ricardo Jucá; MOREIRA, Bruno Oliveira. **Toxicidade de extratos de Piper nigrum, piperina e piperamidas para o diplópodo Orthoporus fuscipes em condições de laboratório.** Revista Brasileira de Toxicologia 21, n.1, p.33 – 38, 2008.

SANFORD, M. S.; LOVE, J. A.; GRUBBS, R. H. **Mechanism and Activity of Ruthenium Olefin Metathesis Catalysts.** Journal of the American Chemical Society, v. 123, p. 6543-6554, 2001.

SRIWIRIJAJAN, Somchai; TEDASEN, Aman; LAILERD, Narissara; BOONYAPHIPHAT, Pleumjit; NITIRUANGJARAT, Anupong; DENG, Yan;

YUN, Young Sook; NODA, Sachie; TAKAHASHI, Shigeru; TAKAHASHI, Yuji; INOUE, Hideshi. **Piperinelike alkaloids from Piper nigrum induce BDNF promoter and promote neurite outgrowth in Neuro2a cells.** J Nat Med, 2017.

TRNKA, T.M.; GRUBBS, R. H., **The development of L2X2Ru=CHR olefin metathesis catalysts: an organometallic success story.** Accounts of Chemical Research, v.34, p.18, 2001.

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEBERTON CORREIA SANTOS- Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: cleber_frs@yahoo.com.br) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acompanhante de parto 103
Álgebra linear 47, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 56
Aminas benzílicas 388, 389

B

Biodiesel 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148

C

Capacidade antioxidante 126
Construção Civil 86, 87, 88, 98, 155, 157, 158, 163, 236, 237, 255

E

Energia solar 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 45, 46
Estatística 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 46, 89, 95, 149, 153, 173, 215, 278, 360

F

Formação docente 22, 24, 358, 364, 402, 403

G

Gestão do Conhecimento 248, 260, 366, 368, 370, 372, 373, 374

L

Letramento matemático 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78
Líquido celomático 175, 176, 177, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186

M

Metátese 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33
Múltiplas escalas 79, 80, 81, 82, 84

O

Ontologias biomédicas 113, 115, 120, 122

P

Perdas 3, 8, 9, 46, 141, 142, 146, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163

R

Redes Neurais 262, 264, 273

S

Secagem 35, 36, 37, 38, 39, 45, 46, 144, 289, 296

Sistemas lineares 50, 53, 188, 190, 192, 193

T

Teor de fibras 149, 150, 151, 153

V

Vermicompostagem 175, 176, 187

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-623-2

