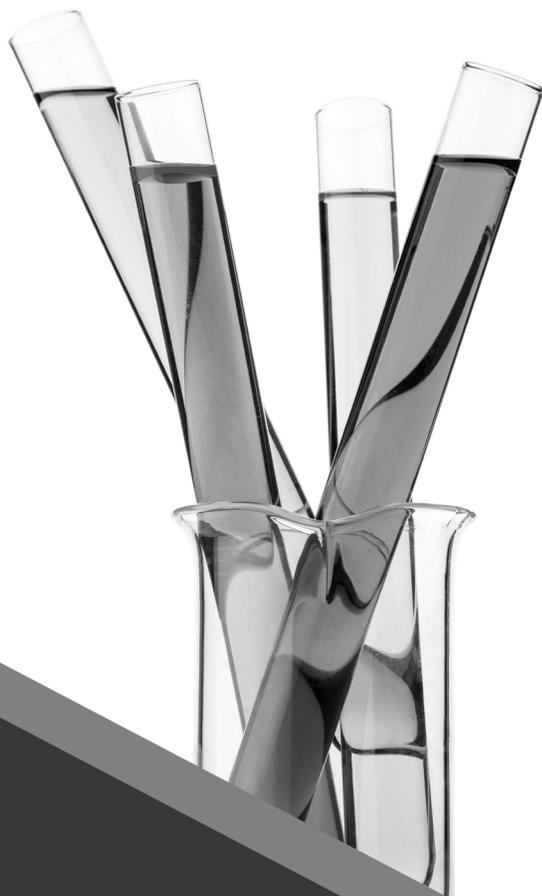




O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA 2

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)


Ano 2020



O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA 2

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)


Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
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
Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

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
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

O conhecimento científico na química 2

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Érica de Melo Azevedo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C749 O conhecimento científico na química 2 / Organizadora Érica de Melo Azevedo. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-563-1

DOI 10.22533/at.ed.631202011

1. Química. 2. Conhecimento científico. I. Azevedo, Érica de Melo (Organizadora). II. Título.

CDD 540

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos.

APRESENTAÇÃO

O livro “O conhecimento científico na Química 2” apresenta artigos na área de ensino de química, tecnologia química, química verde, química ambiental e processos químicos.

O e-book contém 29 capítulos, que abordam temas sobre desenvolvimento e aplicação de jogos didáticos, aprendizagem significativa; análise de livros didáticos; história da química; reaproveitamento de resíduos agroindustriais; desenvolvimento de novos materiais de interesse ambiental; adsorventes sustentáveis; fotocatalise, tratamento de água e efluentes; síntese de líquidos iônicos; hidrólise enzimática e quantificação de enzimas; estudos de toxicidade; análise química de óleos essenciais; aplicação de extratos de frutos da região amazônica na atividade enzimática; desenvolvimento de eletrodo; desenvolvimento de compósitos a partir de resíduos; produção de fertilizantes de liberação controlada; tecnologias e técnicas para aplicação de plasma em química; síntese e aplicação de nanotubos de carbono.

Os objetivos principais do presente livro são apresentar aos leitores diferentes aspectos do conhecimento científico no Brasil e suas relações esta ciência. Nos tempos atuais é perceptível a importância da pesquisa acadêmica no Brasil para o desenvolvimento de novas tecnologias, fármacos e vacinas que auxiliem no combate às doenças e na qualidade de vida. Dessa forma, mais uma vez a Atena Editora reúne o conhecimento científico em forma de ebook, destacando os principais campos de atuação da química no país.

Os artigos constituintes da coleção podem ser utilizados para o desenvolvimento de projetos de pesquisa, para o ensino dos temas abordados e até mesmo para a atualização do estado da arte nas áreas de química, tecnologia química, química ambiental e ensino de química.

Após esta apresentação, convido os leitores a apreciarem e consultarem, sempre que necessário, a obra “O conhecimento científico na Química 2”. Desejo uma excelente leitura!

Érica de Melo Azevedo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A VIAGEM DA TEOBROMINA DO CACAU AO CHOCOLATE: UMA ABORDAGEM QUÍMICA PARA O ENSINO MÉDIO

Jorge Hamilton Sena Dias

DOI 10.22533/at.ed.6312020111

CAPÍTULO 2..... 9

QUÍMICA AMBIENTAL, USO DE IMAGENS E DIALÓGICA DE PAULO FREIRE NO ENSINO MÉDIO TÉCNICO: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA

Priscila Ketlen Negreiros Sousa

Dorian Lesca de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.6312020112

CAPÍTULO 3..... 17

ANÁLISE E ESTUDO DA APLICAÇÃO DO JOGO DIDÁTICO DE QUÍMICA INTITULADO “ UNO ELEMENTAR PERIÓDICO ” PARA O ENSINO MÉDIO DO INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS PARANAÍ

Maiara dos S. Faria

Glaucio Testa

DOI 10.22533/at.ed.6312020113

CAPÍTULO 4..... 35

O CONCEITO DE LIGAÇÃO QUÍMICA NO LIVRO DIDÁTICO

Olívia Maria Bastos Costa

Gislene Santos Silva

Marcelo Alves Lima Júnior

DOI 10.22533/at.ed.6312020114

CAPÍTULO 5..... 49

A HISTÓRIA DA QUÍMICA COMO ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA PARA O APRENDIZADO DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

Ana Deuza da Silva Soares

Cliciane Magalhaes da Silva

Jamilla de Nazaré de Oliveira Almeida

Daniela Duarte de Sousa

Raimme Paola do Nascimento Pinto

Carlos Arthur Araújo Assunção

DOI 10.22533/at.ed.6312020115

CAPÍTULO 6..... 60

APLICAÇÃO DE JOGO DIDÁTICO COMO FERRAMENTA AUXILIAR NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE QUÍMICA ORGÂNICA

Herbert Gonzaga Sousa

Patrícia e Silva Alves

Aline Aparecida Carvalho França

Maciel Lima Barbosa

Gilmânia Francisca Sousa Carvalho
Renata da Silva Carneiro
Dihêgo Henrique Lima Damacena
Beneilde Cabral Moraes
Valdiléia Teixeira Uchôa
Katiane Cruz Magalhães Xavier
Rita de Cássia Pereira Santos Carvalho
Geraldo Eduardo da Luz Júnior

DOI 10.22533/at.ed.6312020116

CAPÍTULO 7..... 72

**O SÉCULO XX E UMA NOVA DIMENSÃO DAS ATIVIDADES CIENTÍFICAS NO BRASIL
POUCO INSERIDAS NOS CONTEXTO DIDÁTICO DOS LIVROS**

Alcione de Nazaré Dias Silva
Débora da Cruz Arruda

DOI 10.22533/at.ed.6312020117

CAPÍTULO 8..... 80

**REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA PARA PRODUÇÃO DE
NOVOS MATERIAIS: O CONHECIMENTO QUÍMICO À SERVIÇO DO DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL, CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO**

Igor Andrade Rodrigues
Adilson de Santana Santos
Vanessa da Silva Reis
Márcio Souza Santos
Alexilda Oliveira de Souza
Marluce Oliveira da Guarda Souza

DOI 10.22533/at.ed.6312020118

CAPÍTULO 9..... 94

**ESTUDO COMPARATIVO DA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO E ATIVIDADE
FOTOCATALÍTICA DE α -Ag₂WO₄ PARA O CORANTE RODAMINA B**

Francisco das Chagas Marques da Silva
Geraldo Eduardo da Luz Júnior

DOI 10.22533/at.ed.6312020119

CAPÍTULO 10..... 105

**DEGRADAÇÃO DA TETRACICLINA EM MEIO AQUOSO EMPREGANDO PROCESSOS
OXIDATIVOS AVANÇADOS E AVALIAÇÃO DO EFEITO DE INIBIÇÃO SOBRE *Escherichia
coli***

Ismael Laurindo Costa Junior
Marcia Antônia Bartolomeu Agustini
Felipe Augusto Barbieri
Letícia Maria Effting
Cesar Augusto Kappes
Kevin Augusto Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.63120201110

CAPÍTULO 11..... 126

PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO DE CASCA DE LARANJA ATIVADO COM CLORETO DE CÁLCIO E SUA APLICAÇÃO EM TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA COM NITRATO

Lucas Fernandes Domingues
Greice Queli Nardes Cruz
Idel Perpetua de Castro
Isadora Aparecida Archioli
Lorena Cristina Lopes

DOI 10.22533/at.ed.63120201111

CAPÍTULO 12..... 135

PREPARAÇÃO DE NOVOS LÍQUIDOS IÔNICOS ALCANOSULFONATOS DE INTERESSE AMBIENTAL

Michelle Budke Costa
Giselle Back
Melissa Budke Rodrigues
Paulo Rodrigo Stival Bittencourt
Fernando Reinoldo Scremin

DOI 10.22533/at.ed.63120201112

CAPÍTULO 13..... 146

AMIDO DE BATATA DOCE HIDROLISADO COM ENZIMAS DO MALTE DE CEVADA PARA PRODUÇÃO DE ETANOL

Renata Nascimento Caetano
Felipe Staciaki da Luz
Adrielle Ferreira Bueno
Cinthy Beatriz Fürstenberger
Everson do Prado Banczek

DOI 10.22533/at.ed.63120201113

CAPÍTULO 14..... 158

EXTRAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE LIPASE DE GRÃOS DE SOJA

Isabela Cristina Damasceno
Marcela Guariento Vasconcelos
Lívia Piccolo Ramos Rossi

DOI 10.22533/at.ed.63120201114

CAPÍTULO 15..... 172

DETERMINAÇÃO DA CITOTOXIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Origanum vulgare*

Daiane Einhardt Blank
Gabriela Hörnke Alves
Rogério Antonio Freitag
Silvia de Oliveira Hübner
Marlete Brum Cleff

DOI 10.22533/at.ed.63120201115

CAPÍTULO 16.....	180
AVALIAÇÃO SAZONAL DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E INIBIÇÃO DE ACETILCOLINESTERASE DO ÓLEO ESSENCIAL DE ALOYSIA GRATISSIMA	
Adílio Macedo Santos Adonias de Oliveira Teixeira Vilisaimon da Silva de Jesus Luan Souza Santos Moacy Selis Santos Clayton Queiroz Alves Djalma Menezes de Oliveira Rosane Moura Aguiar	
DOI 10.22533/at.ed.63120201116	
CAPÍTULO 17.....	192
OBTENÇÃO E ANÁLISE QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES MEDICINAIS UTILIZADAS NA REGIÃO DE MARABÁ	
Aristides Anderson Pereira Reis Sebastião da Cruz Silva	
DOI 10.22533/at.ed.63120201117	
CAPÍTULO 18.....	198
INFLUÊNCIA DOS EXTRATOS BRUTOS DE AÇÁI E PITANGA SOBRE A ATIVIDADE DE GLUTATIONA S-TRANSFERASE ESPECÍFICA CEREBRAL DE RATO	
Tais da Silva Rosa Felipe Boz Santos Cristiane Martins Cardoso	
DOI 10.22533/at.ed.63120201118	
CAPÍTULO 19.....	203
SELETIVIDADE E SENSIBILIDADE EM ELETRODOS COMPÓSITOS MODIFICADOS USANDO POLÍMEROS COM IMPRESSÃO MOLECULAR: O CASO DO DICLOFENACO	
Priscila Cervini Abigail Vasconcelos Pereira Éder Tadeu Gomes Cavalheiro	
DOI 10.22533/at.ed.63120201119	
CAPÍTULO 20.....	216
PRODUÇÃO DE COMPÓSITO TRICOMPONENTE A PARTIR DA CASCA DE AMENDOIM E RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS	
Giovanna Coelho Bosso	
DOI 10.22533/at.ed.63120201120	
CAPÍTULO 21.....	231
CELULOSE NANOFRIBRILADA FUNCIONALIZADA COM GRUPOS DICIANOVINIL: REDUÇÃO ELETROQUÍMICA DE CO₂	
Robson Valentim Pereira Thais Eugênio Gallina Aparecido Junior de Menezes	

Kênia da Silva Freitas

DOI 10.22533/at.ed.63120201121

CAPÍTULO 22.....242

DETERMINAÇÃO BIOQUÍMICA, FÍSICO-QUÍMICA E MINERAL DE POLPA E CASCA DO FRUTO DE *Endopleura uchi*

Charline Soares dos Santos Rolim

Leonardo do Nascimento Rolim

Régis Tribuzy de Oliveira

Eyde Cristianne Saraiva-Bonato

Maria das Graças Gomes Saraiva

Roseane Pinto Martins de Oliveira

Cláudia Cândida Silva

Carlos Victor Lamarão

DOI 10.22533/at.ed.63120201122

CAPÍTULO 23.....253

DESENVOLVIMENTO DE FERTILIZANTE ALTERNATIVO CONSTITUÍDO DE MICROPARTÍCULAS POLIMÉRICAS CARREADORAS DE NPK

Júnior Olair Chagas

Gilmare Antônia da Silva

Fabiana Aparecida Lobo

DOI 10.22533/at.ed.63120201123

CAPÍTULO 24.....265

SÍNTESE DE COMPOSTOS DE COORDENAÇÃO CONTENDO COBRE(II) COM LIGANTES DICARBOXILATOS: ESTUDO DE SUAS PROPRIEDADES VAPOCRÔMICAS

Eduardo Dias Albino

Bruno Ribeiro Santos

Alessandra Stevanato

DOI 10.22533/at.ed.63120201124

CAPÍTULO 25.....282

NÍVEIS DE COBRE EM AMOSTRAS AMBIENTAIS DA REGIÃO CACAUEIRA NO SUL DA BAHIA POR USO DA MICROEXTRAÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO DISPERSIVA

Mayara Costa dos Santos

Ívero Pita de Sá

Marina Santos de Jesus

Julia Carneiro Romero

Fábio Alan Carqueija Amorim

DOI 10.22533/at.ed.63120201125

CAPÍTULO 26.....292

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE HIDRÓXIDOS DUPLOS LAMELARES A PARTIR DE ESCÓRIA DE ACIARIA

Josielle Vieira Fontes

Liliane Nogueira Silva

José Augusto Martins Corrêa

DOI 10.22533/at.ed.63120201126

CAPÍTULO 27.....301

LINEARIZAÇÃO DA CURVA DE ESFRIAMENTO DA GLICERINA

Vinicius Canal de Carvalho

Roberto Vargas de Oliveira

Abiney Lemos Cardoso

DOI 10.22533/at.ed.63120201127

CAPÍTULO 28.....306

O PLASMA E SUAS CARACTERÍSTICAS

Leila Cottet

Luís Otávio de Brito Benetoli

Nito Angelo Debacher

DOI 10.22533/at.ed.63120201128

CAPÍTULO 29.....319

NANOTUBOS DE CARBONO – UMA VISÃO GERAL

Leila Cottet

Luís Otávio de Brito Benetoli

Nito Angelo Debacher

DOI 10.22533/at.ed.63120201129

SOBRE A ORGANIZADORA.....333

ÍNDICE REMISSIVO.....334

SÍNTESE DE COMPOSTOS DE COORDENAÇÃO CONTENDO COBRE(II) COM LIGANTES DICARBOXILATOS: ESTUDO DE SUAS PROPRIEDADES VAPOCRÔMICAS

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 12/08/2020

Eduardo Dias Albino

Centro Universitário da Fundação Educacional
de Barretos
Coordenação de Química Tecnológica
Barretos – SP
<http://lattes.cnpq.br/1055101744942902>

Bruno Ribeiro Santos

Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
Campus Londrina
Coordenação de Engenharia Química
Londrina – PR
<http://lattes.cnpq.br/6370946403573292>

Alessandra Stevanato

Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
Campus Londrina Departamento Acadêmico de
Química
Londrina – PR
<http://lattes.cnpq.br/9881117368267928>

RESUMO: Neste trabalho descreve-se a síntese e a caracterização por espectroscopia vibracional na região do infravermelho de compostos de coordenação de cobre(II), utilizando ligantes pirazólico e dicarboxilatos, bem como o teste de propriedades vapocrômicas desses compostos. A síntese foi realizada pelo método da saturação, utilizando como precursor cloreto de cobre(II), pirazol, ácido succínico e fumarato de sódio. O teste de sensibilidade vapocrômica foi realizado com os solventes: acetato de etila, ácido acético,

ácido clorídrico, benzeno, etanol, hidróxido de amônio, pentano, tolueno e xileno por 30 minutos, a fim de confirmar a propriedade vapocrômica, seletividade e a eficiência dos mesmos frente aos vapores dos solventes testados.

PALAVRAS-CHAVE: Amônia, Complexo de cobre(II), Sensores vapocrômicos.

SYNTHESIS OF COPPER(II) COMPLEXES WITH DICARBOXYLATES LIGANDS: A STUDY OF THEIR VAPOCROMIC PROPERTIES

ABSTRACT: This paper describe the research and study by infrared spectroscopy of complexes of copper(II) using pirazole and dicarboxylates ligands, as well as a test of their vapocromic activity. The synthesis was made by the saturation methodology with the precursors of pirazole, succinate acid and sodium fumarate. The sensibility test was performed with the solvents ethyl acetate, acetic acid, hydrochloric acid, benzene, ethanol, ammonium hydroxide, pentane, toluene and xylene by 30 min, aiming to confirm the vapocromic activity and efficiency for the vapors tested.

KEYWORDS: Ammonia, Copper(II) complexes, Vapocromic sensors.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente, os compostos de coordenação, também conhecidos como complexos, são considerados um dos mais proeminentes ramos de estudo da química medicinal, catalisadores, supramoléculas,

química hóspede-hospedeiro (host-guest), entre outros. Um composto de coordenação é constituído por um átomo ou íon central ligados a moléculas neutras ou íons, cujo número de oxidação excede o do átomo ou íon central (FARIAS, 2009).

Estudos envolvendo compostos de coordenação de cobre suscitam grande interesse na comunidade científica, tanto pelos aspectos de natureza acadêmica, como pelos interesses tecnológicos. Diversos fatores são responsáveis pela atratividade dos complexos de cobre, tais como sua alta disponibilidade, baixo preço e grande plasticidade de coordenação. No estado de oxidação (II), o íon metálico apresenta a configuração eletrônica $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9$, que permite transições internas geralmente na região do verde e azul do espectro eletromagnético. A camada d incompleta possibilita hibridização e, por isso, os complexos de cobre(II) apresentam geometrias bastante variadas (HATHAWAY, 1981), como mostra a Figura 1.

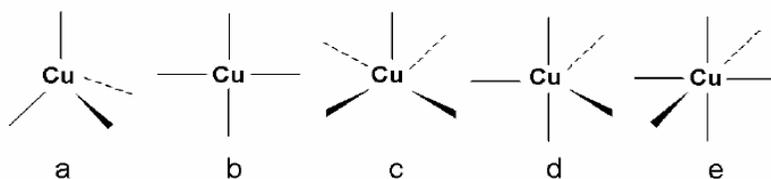


Figura 1. Geometrias ao redor do íon metálico cobre: a) tetraédrica; b) quadrado planar; c) pirâmide de base quadrada; d) bipirâmide trigonal; e) octaédrica.

Fonte: HATHAWAY, 1981.

Há um grande interesse atualmente na obtenção de polímeros de coordenação capazes de formarem sistemas supramoleculares, sendo estes constituídos de entidades organizadas resultantes da associação de duas ou mais espécies químicas. Este interesse vem sendo pesquisado intensamente nos últimos anos, com especial interesse na elaboração de dispositivos moleculares tais como sensores e biossensores (CORREA, 2007; LEGENDRE, 2009).

Neste contexto, podemos citar a obtenção de estruturas supramoleculares, a partir de complexos de Cu^{2+} contendo pseudohaletos que funcionam como building blocks. Isto decorre não somente dos vários modos de coordenação destes ligantes, que podem se coordenar em ponte ou de forma terminal, como pelas possibilidades de eles interagirem a partir de ligações de hidrogênio com outros átomos da molécula (TAKAHASHI, 2007).

A associação de duas ou mais espécies químicas, unidas por interações intermoleculares não covalentes (forças de Van der Waals, interações eletrostáticas, ligações de hidrogênio) e/ou por ligações metal-ligante em compostos de coordenação resultam em sistemas altamente organizados e de elevada complexidade, esses compostos são denominados de supramoleculares (NETTO, 2008).

A importância das supramoléculas pode ser observada na criação de materiais vapocrômicos. Estes são compostos que podem apresentar uma mudança de cor acentuada, reversível ou não, na região do visível. Após sua interação com substâncias voláteis, como por exemplo, os compostos orgânicos voláteis (COVs), muito estudados na área ambiental, esses compostos com características vapocrômicas podem ser utilizados como sensores em ambientes saturados.

Dentre os compostos vapocrômicos observados na literatura, pode-se citar os complexos $[\text{PtCl}(\text{Me}_2\text{bzimpy})]\text{X}$ ($\text{X} = \text{Cl}^-$, PF_6^-) que foram utilizados como sensores para compostos orgânicos voláteis. Estes compostos são os primeiros exemplos de complexos de Pt(II) que exibem propriedades vapocrômicas. A Figura 2 apresenta a estrutura proposta para o complexo catiônico, bem como suas interações com vapores de metanol ($\text{X} = \text{Cl}^-$) e acetonitrila ($\text{X} = \text{PF}_6^-$), acompanhadas pela mudança em sua cor, de amarelo para vermelho (GROVE,2004).

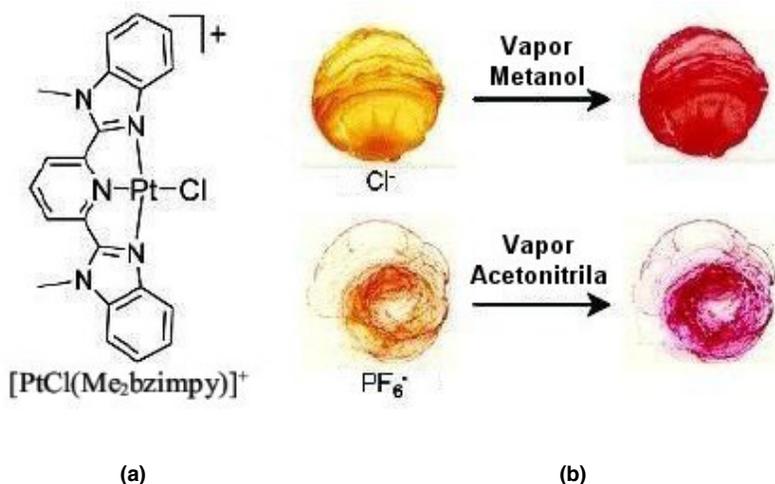


Figura 2. Estrutura proposta para o complexo catiônico $[\text{PtCl}(\text{Me}_2\text{bzimpy})]^+$ (a) e exposição destes complexos em vapor de metanol e acetonitrila (b).

Fonte: GROVE, 2004.

Acredita-se que a intercalação reversível destes compostos orgânicos voláteis (VOC's) nas cavidades dos complexos perturbe as interações π -stacking e dielétricas destes sistemas no estado sólido, sendo, portanto, responsável pela alteração de cor (GROVE, 2004). O fenômeno do vapocromismo em complexos também pode ocorrer por efeito de alteração na esfera de coordenação.

Estes materiais estão chamando a atenção de grande parte da comunidade científica pela possibilidade de empregá-los como sensores químicos (GROVE, 2004).

1.1 Investigação espectroscópica no IV dos carboxilatos

A compreensão dos aspectos básicos da química de carboxilatos metálicos envolve o conhecimento da natureza da ligação M-O ou RCOOM.

Devido a simetria dos íons RCOO^- , os diferentes modos de coordenação do mesmo não podem ser distinguidos com base apenas no número de vibrações ativas no infravermelho ou Raman dos complexos correspondentes, pois ânions carboxilatos (RCOO^-) são ligantes versáteis, capazes de se ligar ao metal de forma monodentada, bidentada, quelato ou em ponte. Esses diversos modos de coordenação ao metal estão resumidos na Figura 3.

O íon carboxilato (COO^-) origina duas bandas, sendo uma intensa, proveniente do estiramento assimétrico ($\nu_{\text{assim.}}$), observada entre 1650 e 1550 cm^{-1} , e a outra mais fraca referente ao estiramento simétrico ($\nu_{\text{sim.}}$), que é observada em torno de 1400 cm^{-1} . Para a interação iônica, a absorção ($n\text{COO}^-$) do grupo RCOOM ocorre praticamente na mesma região do ânion RCOO^- , pois a possibilidade de ressonância é máxima, resultando em um caráter parcial da ligação dupla C-O.

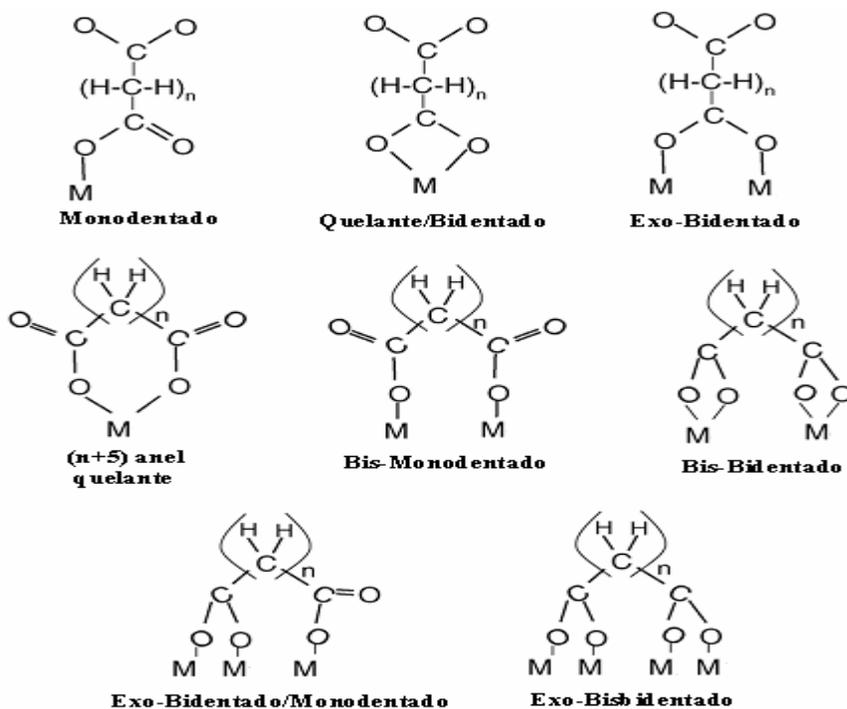


Figura 3. Alguns modos de coordenação dos ânions dicarboxilatos.

Fonte: Fernandes, 2008.

Na interação monodentada, a ordem de ligação C-O é apreciavelmente afetada e uma configuração pseudoéster é obtida, RCOOM. Ocorre um acréscimo no valor da banda de estiramento assimétrico (ν_{as} COO), um decréscimo no valor da banda de estiramento simétrico (ν_s COO) e conseqüentemente um acréscimo no $\Delta\nu$ $(COO)_{as} - (COO)_s$. Valores relativamente altos de $\Delta\nu$ (acima de 200 cm^{-1}), normalmente são indicativos de coordenação monodentada, apesar de que alguns autores rejeitam esta generalização, já que baixos valores $\Delta\nu$ não descartam a possibilidade de coordenação monodentada, assim como aparecem às vezes valores altos de $\Delta\nu$ em compostos onde a coordenação não é monodentada (MEHROTRA E BOHRA, 1983). Alguns exemplos estão ilustrados na Tabela 1.

Carboxilatos Monodentados	ν_{as} COO (cm^{-1})	ν_s COO (cm^{-1})	$\Delta\nu$ (cm^{-1})
$Ni(O_2CMe)_2(H_2O)_2Py_2$	1550	1412	138
$Zn(O_2CMe)_2(SC(NH_2)_2)_2$	1557	1425	152
Carboxilatos Bidentados	ν_{as} COO (cm^{-1})	ν_s COO (cm^{-1})	$\Delta\nu$ (cm^{-1})
$Sn(O_2CMe)_4$	1635, 1575	1400, 1315	175, 320
	1704, 1560	1440, 1262	120, 440

Tabela 1. Exemplos de complexos carboxilatos monodentados com $\Delta\nu$ baixo e bidentado com $\Delta\nu$ alto.

Fonte: Mehrotra e Bohra, 1983.

Este tipo de coordenação monodentada, geralmente aparece em compostos cujos metais pertencem ao grupo 4 da tabela periódica.

Nas formas de coordenação quelato ou em ponte, os carboxilatos metálicos não mostram muita alteração na ordem de ligação RCOO⁻, sugerindo valores de $\Delta\nu$ próximos ao $\Delta\nu$ encontrado para íons carboxilatos, isto é, valores de $\Delta\nu$ relativamente baixos (MEHROTRA E BOHRA, 1983).

Sendo assim, espectros vibracionais na região do infravermelho são bastante úteis para o estudo destes compostos, porém, sempre aparecerão divergências entre os autores.

Através de estudos de espectroscopia no infravermelho de muitos acetatos e trifluoroacetatos, além da determinação de estruturas por raios-X, Deacon e Phillips concluíram que: considerando-se o valor D como a diferença entre a freqüência de estiramento assimétrico e simétrico do carboxilato [$\nu_{assim.} (COO^-) - \nu_{sim.} (COO^-)$], para a estrutura I, os valores de D são muito maiores do que o observado em compostos iônicos. Para compostos envolvendo a estrutura II, o valor de D é bastante inferior àqueles referentes aos compostos de natureza iônica e para a estrutura III esses valores são muito maiores em relação aos compostos bidentados e próximos aos valores iônicos. De acordo

com alguns compostos estudados foram obtidos valores de D iguais a 164 (iônico), 228 (monodentado), 42 (bidentado), 169 cm^{-1} (ligação em ponte).

1.2 Ligantes Pirazólicos

O pirazol é um composto que pode atuar como ligante nitrogenado na obtenção de compostos de coordenação. Os compostos pirazólicos despertam cada vez mais o interesse de pesquisadores devido ao seu grande potencial biológico como fármaco. Dentre suas principais atividades podemos citar antitumoral, anti-inflamatória e antibacteriana (MARRA, 2012).

O azóis são heterocíclicos aromáticos contendo um átomo de nitrogênio e outro heteroátomo disposto na posição 1,2 do anel de cinco membros. De maneira semelhante a piridina, o átomo de nitrogênio N-2 dos pirazóis apresenta um par de elétrons livre disponível para protonação e/ou coordenação (NETTO, 2008). Os pirazóis apresentam uma versatilidade de modos de coordenação, podem assim atuar como ligantes neutros monodentados (a), aniônicos monodentados (b), aniônicos exobidentados (c), aniônicos endobidentados (d) ou como ligante penta-hapto, η^5 (e), como pode ser observado na Figura 4. Com relação ao modo bidentado dos pirazolatos, podem ocorrer duas possibilidades de coordenação. Quando os dois átomos de nitrogênio do grupo pirazolato se ligam simultaneamente ao mesmo centro metálico, o modo de coordenação é denominado endobidentado. A segunda possibilidade de coordenação envolve o modo exobidentado, no qual o ânion pirazolato atua como ligante ponte entre dois centros metálicos (TAKAHASHI, 2007).

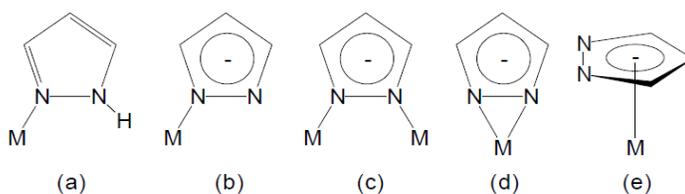


Figura 4. Modos de coordenação do pirazol: (a) monodentado, (b) monodentado desprotonado, (c) exobidentado, (d) endobidentado, (e) η^5

Fonte: TROFIMENKO, 1986; SADIMEENKO, 1996.

Mediante ligações de hidrogênio, os próprios ligantes pirazólicos livre podem se auto-organizar no estado sólido, formando espécies supramoleculares do tipo dímeros, trímeros, tetrâmeros e cadeias infinitas conhecidas como catâmeros (NETTO, 2008).

Pelo fato dos pirazóis apresentarem dois átomos de nitrogênio diferentes, *N*-pirrólico e *N*-piridínico, tornam-os blocos de montagens promissores na construção de diversas estruturas inorgânicas. Assim, podem ser construídas desde arquiteturas

discretas (como triângulos, quadrado moleculares, entre outros) e poliméricas mediante formação de ligações coordenadas até espécies supramoleculares auto-organizadas por ligações de hidrogênio e outras interações. Possibilitando a construção de polímeros de coordenação não covalentes, devido à capacidade de grupos pirazolatos de atuarem como ligantes exobidentados entre dois centros metálicos adjacentes, um fator que dificulta a caracterização dos polímeros de coordenação pelas técnicas convencionais. A capacidade de ligantes nitrogenados como o pirazol de atuarem como pontes entre centros metálicos também tem sido explorada na obtenção de complexos (NETTO, 2008; FERREIRA, 2008).

Assim sendo, o presente trabalho teve como objetivo sintetizar espécies supramoleculares de cobre(II) contendo o ligante nitrogenado pirazol e ligantes dicarboxilatos como fumarato e succinato. Utilizou-se o método de saturação para o teste de vapocromismo e a análise das espécies sintetizadas ocorreu por espectroscopia vibracional na região do infravermelho.

2 | PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Preparação do $[\text{Cu}(\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_4)_2(\text{Pz})_2]$ ou $[\text{Cu}(\text{Fum})_2(\text{Pz})_2]$ (C1); fumarato = $\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_4$ = Fum; Pz = pirazol

Em um erlenmeyer de 25 mL, uma massa de 0,5035 g (2,9500 mmol) de cloreto de cobre(II) ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), foi suspensa em 2 mL de água destilada e a esta solução foram adicionadas gotas de uma solução contendo 0,9445 g (5,9000 mmol) de fumarato de sódio ($\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_4$) em 20 mL de água destilada e gotas de uma solução contendo 0,3982 g (5,8500 mmol) de pirazol ($\text{C}_3\text{H}_4\text{N}_2$) em 2 mL de acetato de etila ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$). A reação de complexação foi submetida à agitação magnética por duas horas originando uma solução azul claro e o composto foi isolado a partir de uma filtração em placa sinterizada e sucessivas lavagens com água destilada. Decorrido 24 horas o complexo foi acondicionado em vidro relógio e guardado em um dessecador, após sua total secagem o complexo foi armazenado em ampolas de vidro.

2.2 Preparação do $[\text{Cu}(\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4)_2(\text{HPz})_2]$ ou $[\text{Cu}(\text{Suc})_2(\text{Pz})_2]$ (C2); succinato = $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$ = Suc; Pz = pirazol

Em um erlenmeyer de 25 mL, foram adicionados 0,5298 g (3,1000 mmol) de cloreto de cobre(II) ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e 4 mL de álcool etílico ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$), mantendo essa solução sob agitação magnética, adicionou-se uma solução contendo 0,6955 g (5,8900 mmol) de ácido succínico ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4$) em 8 mL de álcool etílico e após a adição desta, foram adicionados 0,4034 g (5,93 mmol) de pirazol ($\text{C}_3\text{H}_4\text{N}_2$) em 5 mL de álcool etílico. A reação de complexação foi submetida à agitação magnética por duas horas originando uma solução verde. O composto foi isolado por filtração em placa sinterizada e em seguida foram feitas sucessivas lavagens com álcool etílico gelado. Decorrido 24 horas o complexo foi acondicionado em vidro relógio

e guardado em um dessecador, após sua total secagem o complexo foi armazenado em ampolas de vidro.

2.3 Espectroscopia Vibracional na Região do Infravermelho

Os espectros vibracionais na região do infravermelho dos compostos foram obtidos no espectrofotômetro Nicolet Impact 400, no intervalo de 4000 a 400 cm^{-1} , com resolução de 4 cm^{-1} , utilizando pastilha em KBr.

2.4 Estudo do comportamento vapocrômico

Para se estudar o comportamento vapocrômico dos complexos sintetizados foi montado um sistema, como ilustrado na Figura 5, em que foi utilizado um pesa-filtro, foram adicionados separadamente 20 mL dos seguintes solventes: acetato de etila, ácido acético, ácido clorídrico, benzeno, etanol, hidróxido de amônio, etanol, pentano, tolueno e xileno, mantendo o mesmo fechado durante 30 minutos, com o intuito de saturar o ambiente com os vapores dos solventes supracitados. Após este período, foram introduzidas ao sistema as amostras dos complexos (C1) e (C2), que foram depositados sobre um vidro de relógio (suporte para amostra) e dispostos sobre o suporte. O sistema foi novamente tampado e as amostras foram expostas por 30 minutos.

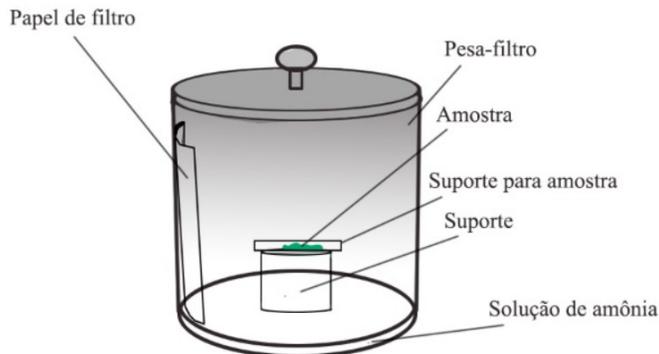


Figura 5. Sistema utilizado para realização dos testes vapocrômicos.

Fonte: Legendre, 2009.

3 | RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1 Espectroscopia vibracional na região do infravermelho

A espectroscopia vibracional na região do infravermelho possibilita a elucidação de estruturas de diversas classes de compostos, incluindo os compostos de coordenação. Esta técnica permite identificar grupos funcionais na molécula e o modo de coordenação

dos ligantes, além de, também detectar ligações de hidrogênio. A técnica de espectroscopia na região do infravermelho para amostras no estado sólido, foi empregada neste trabalho. Os tipos de estiramentos e deformações estão ilustrados na Figura 6.

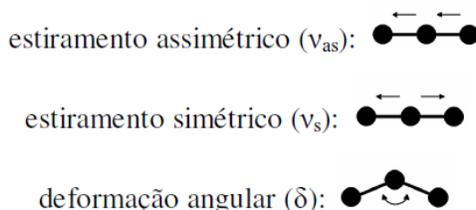


Figura 6. Estiramentos simétrico e assimétrico.

Fonte: Stevanato, 2009.

3.2 Investigação espectroscópica da coordenação do grupo fumarato

A coordenação do grupo fumarato ($C_4H_2O_4$)²⁻ também caracteriza-se pela presença dos modos vibracionais estiramento assimétrico ($\nu_{as}COO^-$) e estiramento simétrico (ν_sCOO^-) nos espectros no IV (Figura 7).

O grupo fumarato é muito versátil do ponto de vista de coordenação, já que ele apresenta uma dupla ligação C=C, ainda que ela confira uma certa rigidez estrutural ao composto. No entanto, verifica-se uma tendência do ligante fumarato atuar como ponte entre centros metálicos.

O estiramento assimétrico que ocorre em uma faixa espectral de 1680 a 1590 cm^{-1} e o estiramento simétrico entre 1400 a 1350 cm^{-1} conferem uma coordenação em ponte do íon carboxilato e o centro metálico.

Em uma faixa espectral entre 1600 e 1585 cm^{-1} para o estiramento assimétrico e 1440 a 1380 cm^{-1} para o estiramento simétrico, conferem uma coordenação exo-bidentado e quelante.

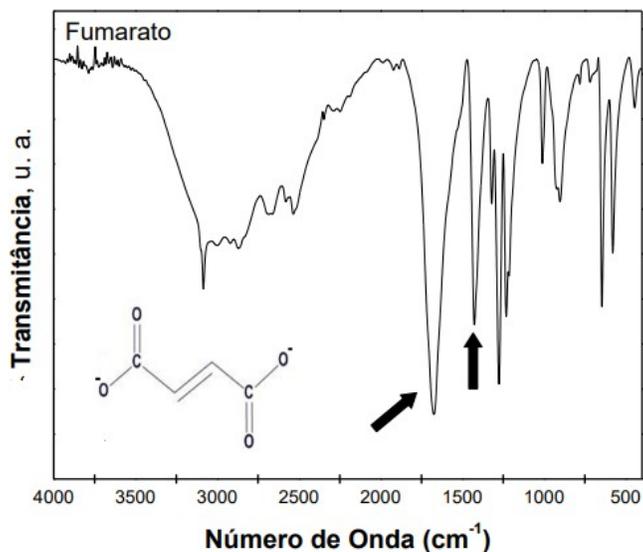


Figura 7. Espectro de absorção na região do IV do ligante livre fumarato.

Fonte: Próprio autor.

3.3 Investigação espectroscópica da coordenação do grupo succinato

As bandas atribuídas aos modos vibracionais $\nu_{as} \text{COO}^-$ e $\nu_s \text{COO}^-$ do dicarboxilato succinato (Figura 8) estão na mesma região que as bandas características do anel da 4-apy, o que dificulta tanto a visualização quanto a atribuição dessas bandas. No entanto, considerando-se o valor D como a diferença entre a frequência de estiramento assimétrico e simétrico do carboxilato [$\nu_{assim.}(\text{COO}^-) - \nu_{sim.}(\text{COO}^-)$], nesses compostos o valor de D obtido foi igual a 171 cm^{-1} , valor inferior ao D do íon succinato (278 cm^{-1}), que pode ser um indício de coordenação do ânion de modo quelante bidentado (MEHROTRA E BOHRA, 1983).

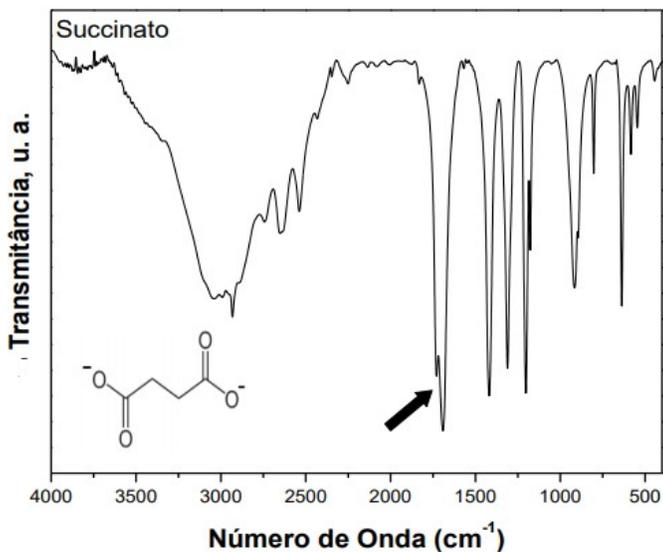


Figura 8. Espectro de absorção na região do IV do ligante livre succinato.

Fonte: Próprio autor.

3.4 Investigação espectroscópica da coordenação do pirazol

A análise dos espectros no IV do ligante piridínico livre (Figura 9) permitiu obter informações relevantes a respeito da coordenação dos ligantes ao centro metálico.

Os modos vibracionais ν_{NH} , respiração do anel (ρ) e γ_{CH} fornecem informações relevantes a respeito do modo de coordenação dos pirazóis. Nos espectros no IV do ligante livre (Figura 9), o modo ν_{NH} caracteriza-se por uma absorção larga e intensa na região de 3500-2200 cm^{-1} devido à existência de ligações de hidrogênio intermoleculares. Esta associação supramolecular é destruída quando os pirazóis coordenam-se de modo monodentado pelo envolvimento do par de elétrons do nitrogênio piridínico na formação da ligação coordenada.

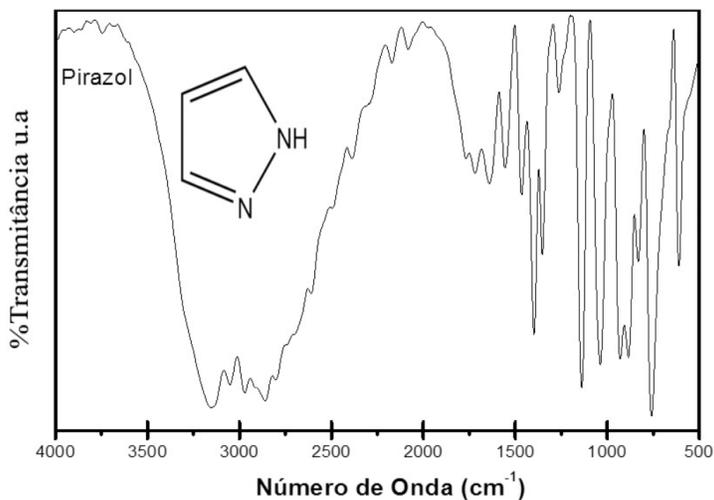


Figura 9. Espectro de absorção na região do IV do ligante livre pirazol.

Fonte: Próprio autor.

3.5 Investigação espectroscópica do composto $[\text{Cu}(\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_4)_2(\text{Pz})_2]$ ou $[\text{Cu}(\text{Fum})_2(\text{Pz})_2]$ (**C1**); fumarato = $\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_4 = \text{Fum}$; Pz = pirazol

Os modos vibracionais νNH , respiração do anel e γCH fornecem informações relevantes a respeito do modo de coordenação dos pirazóis. Nos espectros no IV do ligante livre (Figura 9), o modo νNH caracteriza-se por uma absorção larga e intensa na região de $3500\text{-}2200\text{ cm}^{-1}$ devido à existência de ligações de hidrogênio intermoleculares.

Esta associação supramolecular é destruída quando os pirazóis coordenam-se de modo monodentado pelo envolvimento do par de elétrons do nitrogênio piridínico na formação da ligação coordenada. Dessa forma, no espectro no IV do composto (**C1**) (Figura 10) nota-se que as bandas νNH tornam-se muito mais finas ($3320\text{-}3270\text{ cm}^{-1}$) comparativamente ao observado para o ligante livre. Simultaneamente, observa-se um deslocamento da banda de respiração do anel (ϕ) de $1596\text{-}1533\text{ cm}^{-1}$ (pirazol livre) para $1574 - 1516\text{ cm}^{-1}$. Quando os pirazóis se desprotonam e assumem o modo de coordenação exobidentado, esta banda desloca-se para $1520\text{-}1490\text{ cm}^{-1}$, juntamente com o desaparecimento da banda νNH . Entretanto, a presença de água tanto no composto como na pastilha de KBr pode mascarar as bandas νNH devido à intensa absorção νOH na região espectral de 3450 cm^{-1} . Neste caso, o desaparecimento da banda νNH do espectro no IV do composto **C1** não foi observado devido à presença de água na pastilha de KBr. A presença do pirazol monodentado no composto **C1** é sugerida pelo aparecimento de 3 bandas γCH em $810, 7777, 688\text{ cm}^{-1}$.

A coordenação do grupo fumarato também caracteriza-se pela presença dos modos vibracionais estiramento assimétrico (ν_{asCOO^-}) em 1549 cm^{-1} e estiramento simétrico (ν_{sCOO^-}) em 1387 cm^{-1} nos espectros no IV. Já para o composto **C1** exposto ao vapor de NH_3 apresenta os modos vibracionais estiramento assimétrico (ν_{asCOO^-}) em 1596 cm^{-1} e estiramento simétrico (ν_{sCOO^-}) em 1382 cm^{-1} . Pode-se verificar certa tendência do ligante fumarato atuar como ponte entre centros metálicos, através dos modos *bis-monodentado* e *exo-bidentado*. Analisando os espectros vibracionais do composto de partida **C1** e do composto **C1** exposto ao vapor de NH_3 , observa-se a coordenação dos ligantes nitrogenados lineares e a presença do modo *bis-monodentado bridging* para o grupo fumarato, além de bandas intensas na região de 3450 cm^{-1} associadas ao modo vibracional $\nu(\text{OH})$ da água.

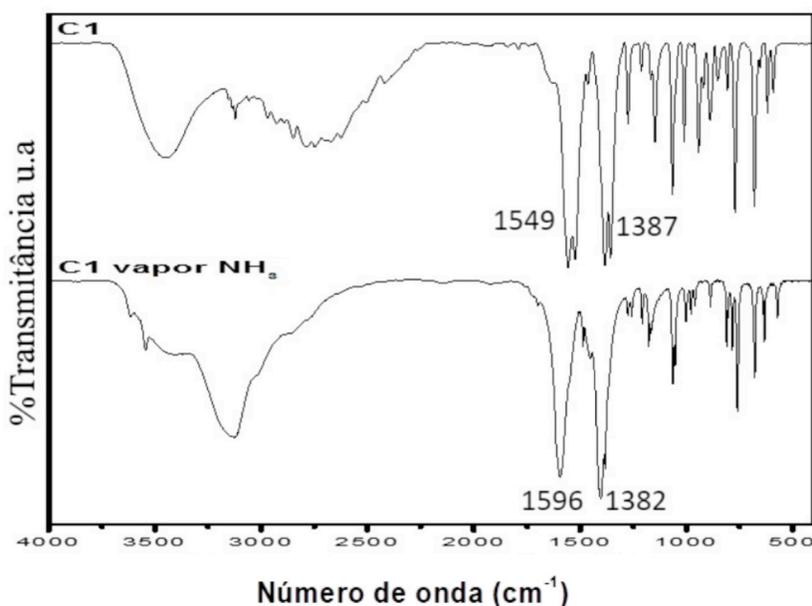


Figura 10. Espectros de absorção na região do IV do composto de partida $[\text{Cu}(\text{HPz})(\text{fum})]$ e do mesmo composto exposto ao vapor de NH_3 .

Fonte: Próprio autor.

Na região de $1649\text{--}1270\text{ cm}^{-1}$ (ligante livre) atribuídas aos modos vibracionais do anel aromático observa-se um deslocamento dessas para regiões de frequências menores ($1628\text{--}1206\text{ cm}^{-1}$) após a complexação, inferindo que houve a coordenação do ligante nitrogenado ao centro metálico pelo átomo de nitrogênio do anel.

A Figura 11 ilustra o fenômeno de vopocromismo do complexo de cobre(II) (**C1**), de coloração azul ocorrendo uma alteração para coloração roxa, quando exposto a vapores de amônia.



Figura 11. Efeito do vapocromismo do composto **C1**. O composto inicial apresentou coloração azul e em contato com amônia sua coloração foi modificada para roxo.

Fonte: Próprio autor.

3.6 Investigação espectroscópica do composto $[\text{Cu}(\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4)_2(\text{HPz})_2]$ ou $[\text{Cu}(\text{Suc})_2(\text{Pz})_2]$ (**C2**); succinato = $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4 = \text{Suc}$; Pz = pirazol

Espectros vibracionais na região do IV para o ligante livre succinato e para o complexo **C2** (Figuras 8 e 12, respectivamente), foram obtidos, e comparados entre si, sob o intuito de criar um banco de dados espectroscópicos de complexos de Cu(II).

A análise dos espectros no IV do ligante piridínico livre, do succinato e do composto **C2** permitiu obter informações relevantes a respeito da coordenação dos ligantes ao centro metálico. Na região de 3400 cm^{-1} encontram-se bandas finas atribuídas aos modos vibracionais $\nu_{\text{as}}\text{NH}_2$, $\nu_{\text{s}}\text{NH}_2$ e νCH , respectivamente, no entanto, estas bandas são difíceis de visualizar devido a uma sobreposição do νOH oriundo da molécula de água presente no KBr.

A formação de uma banda bastante larga e intensa é um indicio que ocorreu a formação de ligações de hidrogênio. Na região de $1675\text{-}1290\text{ cm}^{-1}$ (ligante livre) atribuídas aos modos vibracionais do anel aromático observa-se um deslocamento dessas para regiões de frequências menores ($1628\text{-}1207\text{ cm}^{-1}$) após a complexação o que indica que houve a coordenação do ligante nitrogenado ao centro metálico pelo átomo de nitrogênio do anel. As bandas atribuídas aos modos vibracionais $\nu_{\text{as}}\text{COO}^-$ e $\nu_{\text{s}}\text{COO}^-$ do carboxilato succinato são úteis para atribuir o modo de coordenação do dicarboxilato.

Considerando-se o valor ν como a diferença entre a frequência de estiramento assimétrico e simétrico do carboxilato [$\nu_{\text{assim.}}(\text{COO}^-) - \nu_{\text{sim.}}(\text{COO}^-)$], nesses compostos o valor de ν obtido foi igual a 288 cm^{-1} , valor inferior ao ν do íon succinato (278 cm^{-1}), que pode ser um indicio de coordenação do ânion em ponte ao centro metálico.

Observando os espectros do composto **C2** e do composto exposto a vapores de NH_3 , notou-se um alargamento da banda na região de $3590\text{ a }2960\text{ cm}^{-1}$, confirmando a coordenação da amônia ao centro metálico.

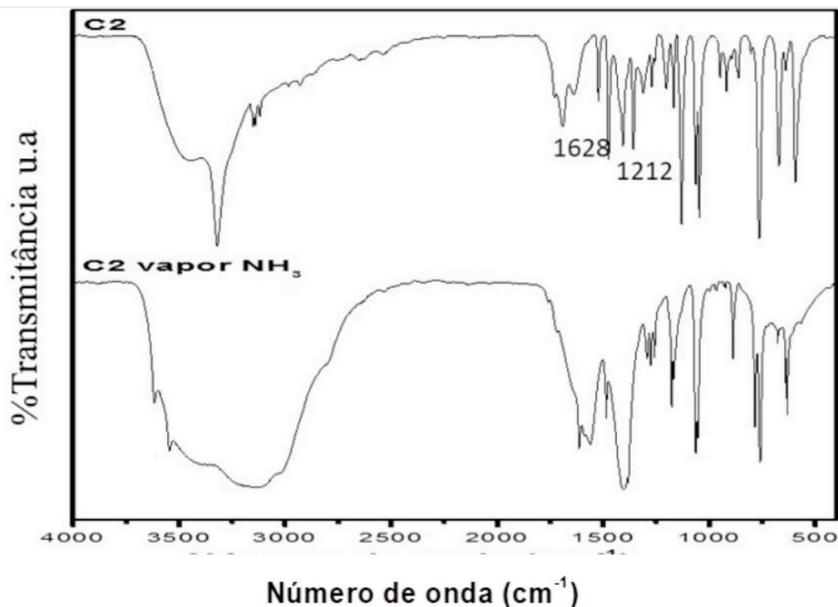


Figura 12. Espectros de absorção na região do IV do composto de partida [Cu(HPz)(suc)] e do mesmo composto exposto ao vapor de NH₃.

Fonte: Próprio autor.

A Figura 13 ilustra o fenômeno de vapocromismo do complexo de cobre(II) (**C2**), de coloração verde, modificando-se para coloração roxa, quando exposto a vapores de amônia.

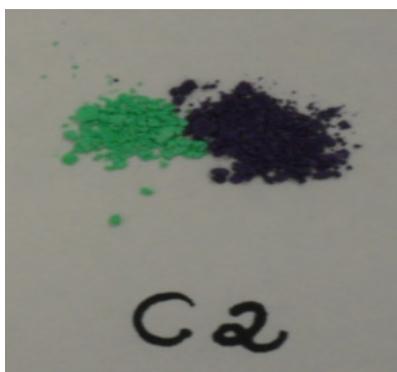


Figura 13. Efeito do vapocromismo do composto **C2**. O composto inicial apresentou coloração verde e em contato com amônia sua coloração foi modificada para roxo.

Fonte: Próprio autor.

Os compostos **C1** e **C2** foram expostos a vapores de solventes como acetato de etila, ácido acético, ácido clorídrico, benzeno, etanol, hidróxido de amônio, etanol, pentano, tolueno e xileno, não apresentando mudanças de cor em nenhum dos casos, o que sugere sua seletividade para aminas.

4 | CONCLUSÃO

Ao expor os complexos **C1** (azul) e **C2** (verde) a vapores de amônia, foram observadas alterações das respectivas cores para roxo, revelando o caráter vapocrômico das espécies.

Uma vez verificadas as mudanças de cores dos complexos precursores, utilizou-se uma massa da amostra para que o produto pudesse ser caracterizado adequadamente. A comparação entre os espectros dos precursores C1 e C2 e do composto contendo amônia evidenciam a coordenação da molécula de NH_3 ao centro metálico. O surgimento de uma banda aguda e intensa em torno de 3350 cm^{-1} confirmou a coordenação da amônia ao centro.

Mostrando que os complexos sintetizados podem ser utilizados como sensores químicos vapocrômicos quando expostos a vapores de amônia. O tempo de resposta dos sensores quando expostos à atmosfera de teste é imediato, confirmando a sua eficiência.

Constatou-se também a irreversibilidade do processo: quando o sólido é removido da atmosfera de teste, não há liberação das moléculas de amônia.

REFERÊNCIAS

CORRÊA, J. R. A. **Polímeros de coordenação de cobre (II) contendo ligantes nitrogenados lineares. Caracterização estrutural e propriedades vapocrômicas.** 2007. 119 f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2007.

DEACON, G. B.; PHILLIPS, R. J. **Coordination Chemistry Reviews**, v. 33, p. 227- 250, 1980.

FARIAS, R. F. **Química de Coordenação: fundamentos e atualidades.** Campinas: Ed. Átomo, 2. ed., 2009.

FERNANDES, R. F. **Síntese e caracterização de estruturas supramoleculares organizadas a partir de sistemas de paládio(II)/ácidos dicarboxílicos/ligantes lineares nitrogenados.** 2008. 102 f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2008.

FERREIRA, J. P. A. **Estudos de halogenação de 5-estiril-3-(2-hidroxifenil)-1H-pirazóis.** 2008. 167 f. Dissertação de Mestrado – Faculdade Química Orgânica e Produtos Naturais, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2008.

GROVE, L. J.; RENNEKAMP, J. M.; JUDE, H.; CONNICK, W. B. A new class of platinum(II) vapochromic salts. **Journal of the American Chemical Society**, v. 126, p. 1594-1595, 2004.

HATHAWAY, B. J. **Copper**: coordination chemistry reviews, v. 35, p. 211-252, 1981.

LEGENDRE, A. O. **Novas espécies moleculares e supramoleculares de cobre (II) contendo aminas bidentadas: síntese, caracterização do comportamento vapocrômico**. 2009. 139 f. Dissertação de Doutorado – Faculdade de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2009.

MARRA, R. K. F.; SILVA, T. B.; BORGES, J. C.; CASTRO, H. C.; OLIVEIRA, C. D.; SANTOS, M. S.; BERNARDINHO, A. M. R. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 35., 2012. **Águas de Lindóia. Síntese de bispirazóis-4-carbaldeídos a partir da reação de formação de Duff**. Niterói: **Sociedade Brasileira de Química**, 2012.

MEHROTRA, R. C.; BOHRA, R. **Metal carboxylates**. Academic Press, 1983.

NETTO, A. V. G., FREM, R. C. G. e MAURO, A. E. A química supramolecular de complexos pirazólicos. **Química Nova**. v. 31, n. 5, p. 1208-1217, 2008.

SADIMEENKO, A. P.; BASSON, S. S. Organometallic complexes of heterocycles II: complexes of pyrazoles. **Coordination Chemistry Reviews**, v. 147, p. 247-297, 1996.

STEVANATO, A. **Investigação estrutural e efeitos imunológicos e tuberculostáticos de complexos de paládio (II)**. 2009. 177f. Tese (Doutorado em Química Inorgânica), Universidade Estadual Paulista, Araraquara, São Paulo, 2009.

TAKAHASHI, P. M. **Síntese e caracterização de espécies supramoleculares de níquel (II) contendo pirazóis e pseudo-haletos com possíveis aplicações magnéticas**. 2007. 100 f. Dissertação de Doutorado – Faculdade de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2007.

TROFIMENKO, S. The coordination chemistry of pyrazole-derived ligands. **Progress in Inorganic Chemistry**, v. 34, p. 115-210, 1986.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acetilcolinesterase 180, 181, 182, 184, 190

Adsorção 80, 82, 83, 84, 86, 87, 90, 91, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 128, 206, 238, 286

Alcanosulfonatos 135

Aloysia gratissima 180, 181, 182, 184, 185, 189, 190, 191

Alpinia 192, 193, 194, 195

Amilase 146, 148, 152, 157

Aniba canelilla 192, 193, 194, 196, 197

Aprendizagem Contextualizada 1

Aprendizagem Significativa 3, 6, 7, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 48

C

Carvão Ativado 83, 86, 126, 128, 129, 132, 133, 134

Casca de Laranja 126, 129, 134

Compósito Tricomponente 216, 218, 220, 227

D

Degradação 80, 84, 94, 95, 100, 101, 105, 108, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 152, 167, 235, 255, 257, 260, 306, 307, 308, 309, 311, 312, 315, 324, 325, 327, 329

Determinação Bioquímica 242

E

Eletrodos Compósitos 203, 204, 205, 209, 210

Endopleura uchi 242, 243, 244, 249, 250, 251, 252

Ensino de Química 1, 4, 6, 7, 33, 42, 47, 49, 51, 55, 56, 59, 62, 69, 70

Escória de Aciaria 292, 293, 294, 296, 297, 299

Extração 136, 148, 158, 160, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 174, 175, 180, 182, 184, 185, 193, 194, 206, 207, 208, 209, 214, 232, 282, 287, 290

Extrato de Açaí 198

Extrato de Pitanga 198

F

Fármacos Residuais 105, 106

Fermentação Alcoólica 146, 148, 149, 150, 152, 156, 157

Ferramenta de Ensino 17, 18, 21, 32

Fertilizantes 253, 254, 255, 263, 290, 291

Fotocatálise 80, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 116, 117, 119, 120

G

Glutathione S-Transferase 198

H

Hidrólise Enzimática 146, 147, 148, 152, 156, 157

Hidróxidos Duplos Lamelares 292, 293, 294, 299, 300

J

Jogo Didático 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 28, 29, 32, 60, 61, 63, 64, 68, 69, 70, 71

L

Ligação Química 26, 35, 36, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48

Lipase 158, 159, 160, 161, 164, 166, 167, 170, 171

Líquidos Iônicos 135, 136, 137, 144, 145

Livro Didático 6, 8, 35, 36, 38, 42, 43, 45, 46, 48, 54, 58, 77, 78

M

Microextração Líquido-Líquido Dispersiva 282, 286, 287

Micropoluentes 106, 108, 113

Modelagem Matemática 257, 301, 302

N

Nanofibrilas de Celulose 231

Nanotubos de Carbono 204, 319, 320, 323, 327, 329

Níveis de Cobre 282

O

Óleo Essencial 134, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 188, 189, 190, 192, 193

P

Plasma 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 322, 324, 325, 327, 328, 329, 330, 331

Polímeros com Impressão Molecular 203, 207

Q

Química Ambiental 9, 10, 16

Química do Chocolate 1, 5, 6

Química do Plasma 306, 313

R

Redução Eletroquímica de CO₂ 231, 233

Resíduos da Agroindústria 80, 83

Rodamina B 94, 100

S

Sensores Vapocrômicos 265

Sistema de Liberação Controlada 253, 255

Sustentabilidade 82, 169, 216, 220, 231, 254

T

Teobromina 1, 2, 3, 4, 5, 6

Tratamento de Água 126, 128, 129, 133, 134, 315

www.atenaeditora.com.br 
contato@atenaeditora.com.br 
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 
www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA 2


Ano 2020

www.atenaeditora.com.br 
contato@atenaeditora.com.br 
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 
www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA 2