

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

3


Atena
Editora
Ano 2021

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

3


Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 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 com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná



Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
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. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



O ensino e a pesquisa em química 3

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E59 O ensino e a pesquisa em química 3 / Organizador
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa -
PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-761-8
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.618210612>

1. Química - Estudo e ensino. I. Paniagua, Cleiseano
Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 540.7

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



Atena
Editora
Ano 2021

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; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

O e-book: “O ensino e a pesquisa em química 3” é constituído por quinze capítulos que foram organizados em três grandes áreas temáticas, a saber: *i)* ensino de química: processos formativos e a importância de atividades experimentais contextualizadas; *ii)* preparo de materiais metálicos e síntese aplicada ao desenvolvimento de materiais, substâncias com propriedades biológicas e bicomustíveis e; *iii)* avaliação e monitoramento da qualidade dos recursos hídricos.

O primeiro tema é composto por sete capítulos de livro que procuraram investigar a importância do aprendizado de conceitos técnico-científicos e de atividades experimentais para o melhor aprendizado do estudante do ensino médio na área de química. O desenvolvimento de atividades de extensão voltado para o contexto social possibilitou um maior aprendizado da química por intermédio da interdisciplinaridade com outras áreas da ciência e o desenvolvimento de uma consciência ambiental, a princípio, dentro do contexto escolar e que poderá ser disseminado por toda a sociedade a fim de se atingir uma maior conscientização coletiva, proporcionando a mudança em ações e atitudes que levam a consequências negativas para o meio ambiente e retorna a espécie humana com inúmeras consequências negativas.

A segunda temática é composta por cinco capítulos que apresentaram estudos voltados para o preparo de barras utilizando a técnica de Extração por sorção em barra de agitação (SBSE), visando aumentar a inércia química e, conseqüentemente, reduzir o processo de corrosão metálica e aumentando a vida útil deste material. Os outros quatro capítulos apresentaram processos de reação de síntese com o intuito de produzir nanomateriais enriquecidos com biomassa de origem vegetal; produção de quinolina para combater a Leishmaniose que é uma doença parasitária muito presente em países tropicais como o Brasil; a síntese da 2-metilariquinonas com elevada propriedades biológicas que podem vir a ser utilizadas na química medicinal. Por fim a reação de síntese e avaliação de um eletrocatalisador com um enorme potencial para ser utilizado em células de combustíveis para aplicação na produção de bioetanol.

O terceiro e último tema é composto por três capítulos de livro com estudos que procuraram avaliar a degradação de biodiesel utilizando processos em condições anaeróbicas; a distribuição de gás metano presente no sedimento da superfície do Lago Paranoá em Brasília. Por último, um estudo realizado e coordenado por pesquisadores da Universidade de Brasília, que objetiva a possibilidade de monitorar o uso de drogas ilícitas por meio da excreção de usuários na rede de esgoto domiciliar.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando com o intuito de estimular e incentivar os pesquisadores brasileiros e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros e capítulos de livros que são disponibilizados no site da Editora e em outras plataformas digitais com acesso gratuito.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

APRESENTAÇÃO DOS CONCEITOS DE ÁCIDOS E BASES DE ARRHENIUS POR MEIO DA INVESTIGAÇÃO DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE ENSINO NOS ESTADOS DO ACRE E AMAZONAS

Leandro Junior Machado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106121>

CAPÍTULO 2..... 12

A QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO: VIDEOAULAS EXPERIMENTAIS COMO FERRAMENTAS NO ENSINO REMOTO

Osvaldo Pacheco Freitas

Ludimila Barbosa dos Santos

Jéssica Del Nero

Deise Ane Oliveira Silva

Mírian da Silva Costa Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106122>

CAPÍTULO 3..... 26

A INFLUÊNCIA DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO CONTEÚDO DE OXIRREDUÇÃO PARA O 2º ANO DO ENSINO MÉDIO

Fernanda Meneses Amaral

Maria Sorileide Costa Teixeira

Rothchild Sousa de Moraes Carvalho Filho

Antônia Flávia Silva Magalhães

Maria Tamires Cordeiro Pereira

Maria Fabiana Araujo da Silva

Ana Kerly Oliveira de Brito

Patrícia Teixeira da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106123>

CAPÍTULO 4..... 42

FABRICAÇÃO DE SABÃO ECOLÓGICO E ARTESANAL NO ALTO SERTÃO PARAIBANO: CONSCIÊNCIA AMBIENTAL ALIADA AO ENSINO DE QUÍMICA

José Manuel Amancio da Silva

Francisco Ferreira Batista

Lucas Ferreira Batista

Maíre Gomes de Meneses

José Iran Filho

Éricka Anulina Cunha de Oliveira

Pedro Nogueira da Silva Neto

Polyana de Brito Januário

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106124>

CAPÍTULO 5.....53

RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UM COLÉGIO DA REDE ESTADUAL NA CIDADE DE PEDRO II- PIAUÍ: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA

Fernanda Meneses Amaral
Maria Sorileide Costa Teixeira
Rothchild Sousa de Moraes Carvalho Filho
Renata da Silva Carneiro
João Breno Barros da Silva
Larissa Viana Souza
Ana Karina Borges Costa
Hisley Feitosa Meneses
Aline Maria da Silva Duarte
Heloisa de Sousa Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106125>

CAPÍTULO 6.....61

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PIGMENTOS RUPESTRES DE SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS DE INHUMA (PIAUÍ) POR MEIO DA ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X PORTÁTIL ALIADA A TRATAMENTO QUIMIOMÉTRICO

Jacira Izidório de Moura
Maria Conceição S. M. Lage
Benedito Batista Farias Filho
Wilkins Oliveira de Barros
Anna Luiza Bizerra de Brito
Luanne Miranda Lustosa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106126>

CAPÍTULO 7.....78

A IMPORTÂNCIA DA ALFABETIZAÇÃO/LETRAMENTO CIENTÍFICO EM QUÍMICA PARA ESTUDANTES DA EDUCAÇÃO BÁSICA, CURSOS DE LICENCIATURA E PROFESSORES EM FORMAÇÃO CONTINUADA

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Anelise dos Santos Mendonça Soares
Valdinei de Oliveira Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106127>

CAPÍTULO 8.....91

PREPARO DE BARRAS PARA SBSE SOBRE SUBSTRATO METÁLICO MAGNETIZÁVEL DE ALTA INÉRCIA

José Carlos Rodrigues
Fernanda Maria Rodriguez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106128>

CAPÍTULO 9.....107

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE OURO REDUZIDAS COM CASCA DE ROMÃ (*Punica granatum* L.)

Rafaela Spessemille Valotto

Wanderson Juvencio Keijok
Marco Cesar Cunegundes Guimarães

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106129>

CAPÍTULO 10..... 117

SÍNTESES DE ANALOGOS QUINOLÍNICOS CON ACTIVIDAD LEISHMANICIDA *IN VITRO*
SOBRE *Leishmania (Viannia) panamensis*

Gilmar Gabriel Santafé Patiño

Fernis José Marin Severiche

Sara María Robledo Restrepo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061210>

CAPÍTULO 11 132

SÍNTESE DE 2-METOXIARIL ALQUINONAS E AVALIAÇÃO DE SUA REATIVIDADE EM
REAÇÃO DE CICLIZAÇÃO ELETROFÍLICA

Angélica Ribeiro Claus

Daniela Aline Barancelli

Estela dos Reis Crespan

Letícia Ledo Marciniuk

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061211>

CAPÍTULO 12..... 143

SÍNTESES Y EVALUACIÓN DEL ELECTROCATALIZADOR $Pt/Al_2O_3/C$ PARA SU FUTURA
APLICACIÓN EN CELDAS DE COMBUSTIBLE DE BIO-ETANOL DIRECTO

Nallely Téllez Méndez

Sergio Alberto Gamboa Sánchez

Laura Alicia Paniagua Solar

José Fermi Guerrero Castellanos

Enrique de la Fuente Morales

Beatriz Eugenia Graniel García

Jorge Cotzomi Paleta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061212>

CAPÍTULO 13..... 154

AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DE BIODIESEL EM PROCESSO ANAERÓBIO

Marina Sayuri Kashiwabara

Patrícia Angélica Vieira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061213>

CAPÍTULO 14..... 167

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE METANO NOS SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DO LAGO
PARANOÁ, BRASÍLIA-DF

Valéria Regina Bellotto

Fernanda Vasconcelos de Almeida

Nickolas Valcarcel da Silva

Thiago Bezerra Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061214>

CAPÍTULO 15..... 178

EPIDEMIOLOGIA BASEADA NO ESGOTO PARA ESTIMAR O USO DE DROGAS:
CONTRIBUIÇÕES DA QUÍMICA ANALÍTICA PARA A SOCIEDADE

Fernando Fabriz Sodré

Rafael Silva Feitosa

Alex de Sene Corado Guedes

Adriano Otávio Maldaner

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061215>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 201

ÍNDICE REMISSIVO..... 202

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE OURO REDUZIDAS COM CASCA DE ROMÃ (*Punica granatum* L.)

Data de aceite: 01/12/2021

Data de submissão: 20/10/2021

Rafaela Spessemille Valotto

Universidade Federal do Espírito Santo
Vitória – Espírito Santo
<http://lattes.cnpq.br/0590154908694996>

Wanderson Juvencio Keijok

Universidade Federal do Espírito Santo
Vitória – Espírito Santo
<http://lattes.cnpq.br/7880904848142144>

Marco Cesar Cunegundes Guimarães

Universidade Federal do Espírito Santo
Vitória – Espírito Santo
<http://lattes.cnpq.br/0261991057482057>

RESUMO: A nanotecnologia é uma ciência multidisciplinar com aplicações em diversas áreas, como engenharia da computação, biologia, medicina e farmácia. É caracterizada pelo estudo de materiais na escala manométrica e é uma ciência emergente ao redor do mundo. No procedimento de síntese de nanopartículas, uma reação de oxirredução forma as partículas por meio da redução do metal em sua forma iônica a partir da utilização de um agente redutor. Na síntese verde, esse agente redutor é, na maioria das vezes, de origem vegetal, favorecendo sua aplicação em sistemas biológicos. Sendo assim, para a formação das nanopartículas de ouro, o agente redutor utilizado neste estudo é o chá da casca da romã (*Punica granatum* L.), visto que a mesma apresenta alto potencial

antioxidante e composição robusta de polifenóis. As nanopartículas formadas passaram por caracterização através do espectrofotômetro UV-Vis, da microscopia eletrônica de transmissão e espectroscopia na região do infravermelho. Para avaliar a estabilidade das partículas, o potencial zeta do coloide foi analisado. As nanopartículas formadas não apresentaram alto grau de agregação, possuem formato aproximado de uma esfera, estão distribuídas de forma polidispersa, possuem baixa variação de tamanho e estabilidade razoável, propiciando assim, sua utilização em aplicações biológicas.

PALAVRAS-CHAVE: Nanopartículas de ouro. Síntese verde. Romã.

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF GOLD NANOPARTICLES WITH POMEGRANATE PEEL AS A REDUCING AGENT (*Punica granatum* L.)

ABSTRACT: Nanotechnology is a multidisciplinary science with applications in several areas, such as computer engineering, biology, medicine and pharmacy. It is characterized by the study of materials at the nanometric scale and is an emerging science around the world. In the nanoparticle synthesis procedure, a redox reaction forms particles by reducing the metal using a reducing agent. In green synthesis, this reducing agent is, in most cases, of vegetable origin, favoring its application in biological systems. Thus, for the formation of gold nanoparticles, the reducing agent used in this study is pomegranate peel tea (*Punica granatum* L.), since it has a high antioxidant potential and robust polyphenol composition.

The formed nanoparticles underwent characterization using the UV-Vis spectrophotometer, transmission electron microscopy and infrared spectroscopy. To evaluate particles stability, the zeta potential of the colloid was analyzed. The formed nanoparticles did not show a high degree of aggregation, have an approximate sphere shape, are distributed in a polydisperse manner, have low size variation and reasonable stability, thus providing their use in biological applications.

KEYWORDS: Gold nanoparticles. Green synthesis. Pomegranate.

1 | INTRODUÇÃO

As possibilidades de aplicação das nanopartículas de ouro (AuNP's) têm sido ampliadas ao longo dos últimos anos, como em sensores (MUNAWAR *et al.*, 2019), produtos antibacterianos (WANG; HU; SHAO, 2017) e em carreamento de drogas (CAI *et al.*, 2008), por exemplo. A maioria dos agentes redutores utilizando são reagentes químicos, como o citrato de sódio (BALASUBRAMANIAN *et al.*, 2010). Estes reagentes possuem um padrão de redução bem estabelecido, mas na maioria das vezes não apresentam a capacidade de estabilizar o nanomaterial, sendo necessário assim, o acréscimo de um agente estabilizante, também de origem química, como o polietilenoglicol (FREESE *et al.*, 2012) e o álcool polivinílico (DAS; BANDYOPADHYAY; GHOSH, 2021), por exemplo. Estes componentes atingem níveis tóxicos no paciente (citotoxicidade) e no ambiente (ecotoxicidade) com facilidade, dificultando seu uso em nanopartículas sintetizadas para aplicações biológicas (RAVEENDRAN; FU; WALLEN, 2003).

A utilização de agentes redutores de origem vegetal criam uma alternativa para contornar os níveis de toxicidade presentes nos reagentes químicos. Conhecida por síntese verde, essa rota favorece a aplicação de nanopartículas em sistemas biológicos, e já foi reportada com a utilização de *Viola oleifera* (MILANEZE *et al.*, 2016), chá preto (*Camellia sinensis*) (NUNE *et al.*, 2009), gengibre (KUMAR; PAUL; SHARMA, 2011) e água de coco (BABU *et al.*, 2011). Além disso, grande parte destes extratos vegetais apresentam função estabilizante, eliminando a necessidade de um processo posterior de estabilização com um reagente químico (KHARISSOVA *et al.*, 2013).

Um ponto em comum na maioria dos extratos vegetais utilizados como agentes redutores é o alto índice de polifenóis. Estudos já indicaram que estes componentes executam um papel determinante na redução dos íons em questão, podendo ser considerados em algumas ocasiões os principais responsáveis pela reação de oxirredução que resulta na formação das nanopartículas (ROY *et al.*, 2010; MAKAROV *et al.*, 2014; KHARISSOVA *et al.*, 2013). A romã (*Punica granatum* L.) se apresenta como uma interessante alternativa a ser explorada, visto que apresenta altos níveis desses componentes e ação antioxidante (MONEIM, 2012), antitumoral (DAI *et al.*, 2010) e antibacteriana (CHOI *et al.*, 2011) comprovada, sendo sua casca a região do fruto com maior concentração destas propriedades (DEGÁSPARI; DUTRA, 2011).

2 | METODOLOGIA

Para a preparação do chá, as cascas de romã foram adquiridas secas e cortadas, e fervidas em água ultrapura durante 15 min, à uma concentração de 8 g de casca para 40 mL de água ultrapura (AHMAD; SHARMA; RAI, 2012). Em seguida o chá foi filtrado utilizando um papel filtro qualitativo com porosidade de 3 micras. A síntese das nanopartículas seguiu um planejamento fatorial com o intuito de entender a influência de diferentes variáveis no sistema e encontrar assim, condições que otimizem a formação das AuNP's. 4 variáveis que poderiam influenciar no tamanho, na forma, na dispersão e na concentração das nanopartículas foram avaliadas, sendo elas temperatura, tempo de reação, agitação e quantidade de extrato. Para cada uma delas estudou-se 2 níveis, formando um desenho experimental de 2^4 e totalizando assim, 16 experimentos, como pode-se observar na Tabela 1.

Ensaio	Temperatura (°C)	Tempo (min)	Agitação (rpm)	Quantidade de extrato (mL)
1	60	20	400	0,18
2	90	20	400	0,18
3	60	10	400	0,18
4	90	10	400	0,18
5	60	20	100	0,18
6	90	20	100	0,18
7	60	10	100	0,18
8	90	10	100	0,18
9	60	20	400	0,09
10	90	20	400	0,09
11	60	10	400	0,09
12	90	10	400	0,09
13	60	20	100	0,09
14	90	20	100	0,09
15	60	10	100	0,09
16	90	10	100	0,09

Tabela 1. Planejamento fatorial das sínteses de nanopartículas de ouro.

Antes de cada síntese, as vidrarias foram lavadas com uma solução de água-régia ($3\text{HCl}:1\text{HNO}_3$) e em seguida com água destilada. Em cada experimento, o chá de romã foi adicionado à 10 mL de solução de ácido tetracloreáurico tri-hidratado (HAuCl_4 , Sigma-

Aldrich) de acordo com as condições listadas na Tabela 1. A concentração de HAuCl_4 foi mantida em $2,5 \times 10^{-4}$ M para todos os ensaios. O coloide formado passou por caracterização estrutural e química.

O produto de cada síntese foi analisado por espectroscopia de absorção na região do ultravioleta-visível (UV-Vis). As leituras foram realizadas no espectrofotômetro Evolution® 300 Thermo Scientific, fornecendo a confirmação da formação das AuNP's e informações sobre a quantidade, o tamanho e a dispersividade das partículas. As análises ocorreram com a utilização de cubetas de quartzo e leitura na faixa de 300-700 nm. Os dados resultantes foram plotados em um gráfico no *software* OriginPro 8.5, e a análise estatística do gráfico foi realizada no *software* STATISTICA 10, a fim de entender a influência das variáveis na rota de síntese.

A partir dos dados obtidos nos *softwares*, uma síntese foi definida como ótima e as análises seguintes seguiram baseadas nas condições deste coloide. Essa escolha ocorreu com base na melhor proporção entre os dados referentes à produtividade da síntese, uniformidade de tamanho e dispersividade das partículas. Para maior detalhamento das características estruturais do material, produziram-se imagens de microscopia eletrônica de transmissão (MET) no equipamento JEM-1400 (JEOL), operado à 120 kV. As imagens foram analisadas no *software* ImageJ para determinação do diâmetro médio das AuNP's e após a medição de 500 partículas as medidas foram inseridas em um histograma no *software* STATISTICA 10 para a verificação de sua frequência de tamanho.

Para o entendimento da composição química do coloide, o material foi analisado por espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR), utilizando o equipamento FT-IR FTLA 2000-102 ABB Bomen. 100 mL das AuNP's e 100 mL do chá de romã foram depositados em placas de Petri para a secagem do material. As placas permaneceram na estufa, à 60°C, até a desidratação. A análise ocorreu com a utilização das amostras em pó, resultante da raspagem das placas onde estavam depositadas. Os resultados foram plotados no *software* OriginPro 8.5. A estabilidade das partículas foi avaliada por meio da análise do potencial zeta. A amostra foi analisada em triplicata, utilizando 1 mL do coloide, no equipamento Microtrac Zetatrac.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante todas as sínteses observou-se a mudança de cor do coloide de transparente para rosa ou roxo, indicando a formação de nanopartículas como descrito por Turkevich; Garton; Stevenson (1954). As análises da espectrofotometria UV-Vis realizadas após cada síntese demonstraram o resultado presente na Figura 1.

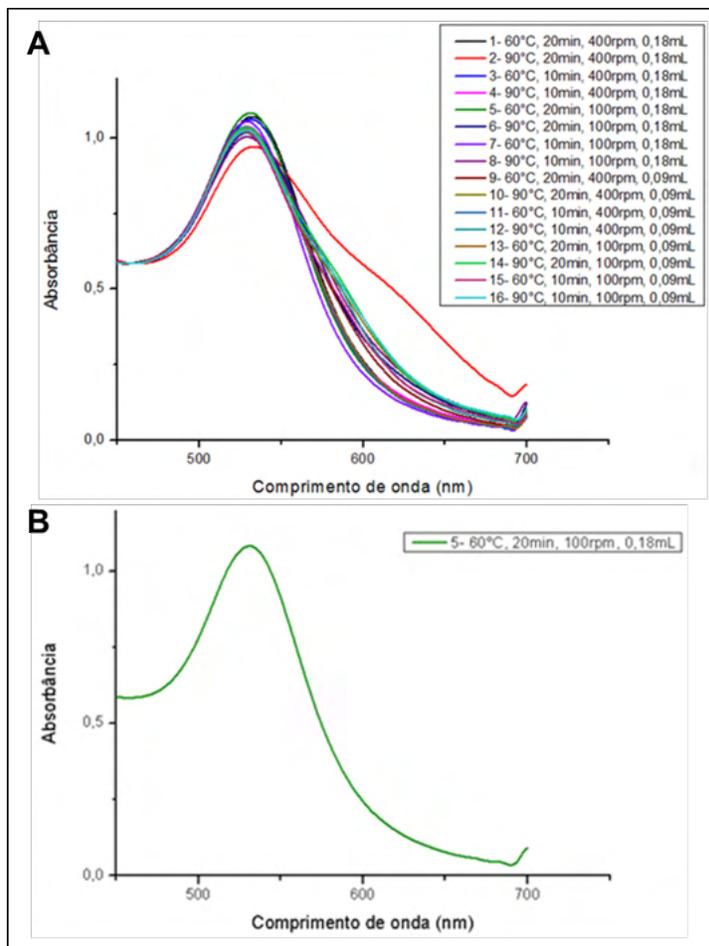


Figura 1. Análise das sínteses do planejamento fatorial no espectrofotômetro UV-Vis. (A) 16 sínteses do planejamento; (B) Síntese 5 definida como ótima.

5 variáveis dependentes foram consideradas para interpretar os picos gerados pela espectrofotometria UV-Vis (Figura 1.A), sendo elas largura de banda a meia altura, absorbância máxima, λ (l) máximo, área do gráfico e $\Delta\lambda$ (DI). Para a determinação da síntese ótima, utilizaram-se os valores de largura de banda a meia altura e absorbância máxima como decisivos, uma vez que a alta produtividade de nanopartículas e a obtenção de partículas monodispersas e uniformes são fatores de destaque para a utilização do colóide em futuras aplicações. Portanto, de acordo com as análises estatísticas, o pico resultante da síntese 5 (Figura 1.B – 60°C, 20 min, 100 rpm e 0,18 mL de extrato) apresentou absorbância máxima de 1,08338 e largura de banda a meia altura de 50,33844, sendo este resultado a combinação do maior valor e menor valor possível, respectivamente, dentre todas as sínteses.

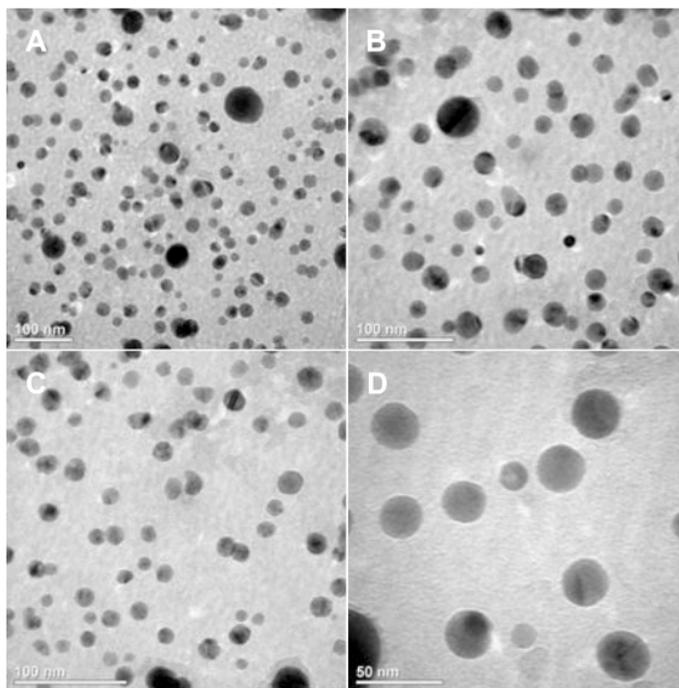


Figura 2. Nanopartículas de ouro sintetizadas com romã visualizadas por microscopia eletrônica de transmissão com aumento de 150.000x (A), 250.000x (B), 300.000x (C) e 500.000x (D).

O MET forneceu informações mais detalhadas sobre tamanho, forma e distribuição das partículas no coloide (Figura 2), sendo possível assim, observar que as AuNP's estão distribuídas de forma polidispersa, apresentam tamanhos variados e possuem o formato aproximado de uma esfera. O histograma a seguir, resultante da medição de 500 nanopartículas, demonstra a faixa de tamanho predominante das partículas formadas (Figura 3).

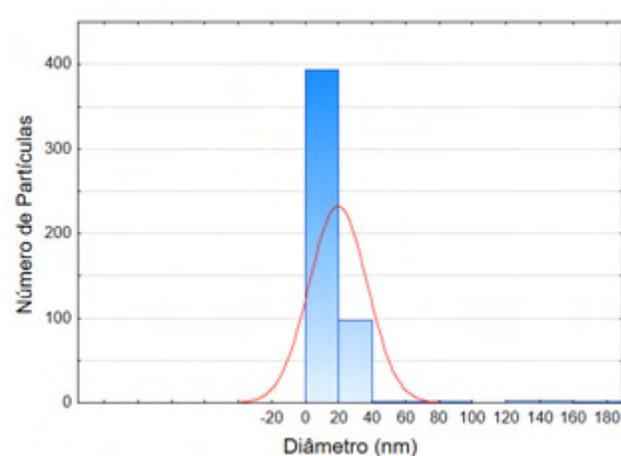


Figura 3. Histograma de distribuição de tamanho das AuNP's gerado pelo *software* STATISTICA 10.

O valor resultante da média da razão de aspecto das partículas foi de 1,167, confirmando o formato aproximado de uma esfera. A partir da Figura 3 é possível observar também que a distribuição de tamanho se concentra em 1-20 nm, indicando que as AuNP's sintetizadas apresentam tamanho uniforme. Em relação à análise química do material, a espectroscopia na região do infravermelho forneceu um número alto de picos, característico de extratos vegetais, refletindo sua natureza complexa (Figura 4).

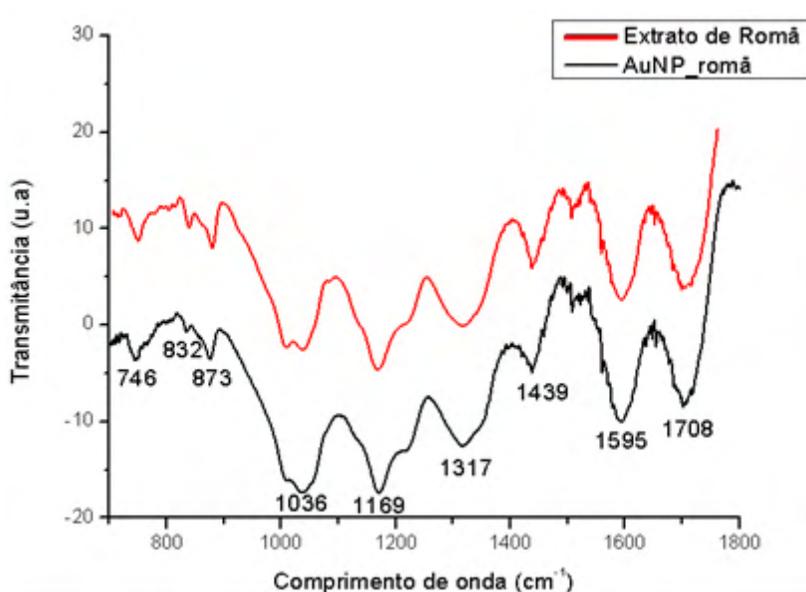


Figura 4. Picos referentes à análise do colóide e do chá de romã por FT-IR.

O pico localizado em aproximadamente 1708 cm^{-1} representa os grupamentos C=O ou C=N, e em 1595 cm^{-1} é caracterizado pelo grupamento – NH de amidas primárias. Os picos em 1439 cm^{-1} , 1317 cm^{-1} e 1169 cm^{-1} são caracterizados pelos grupamentos – NH, vibrações de grupamentos – CH em compostos aromáticos e grupamentos C-C-N em aminas. O pico 1036 cm^{-1} indica a vibração de alongamento do grupo (NH)-C-O e os posicionados em 873 cm^{-1} , 832 cm^{-1} e 746 cm^{-1} se referem aos grupamentos O-C=O em ácidos carboxílicos, N-C=O e C-N-C (SALEM; ALBANNA; AWWAD, 2017). Na Figura 5 é possível observar a estabilidade do coloide por meio da análise do potencial zeta.

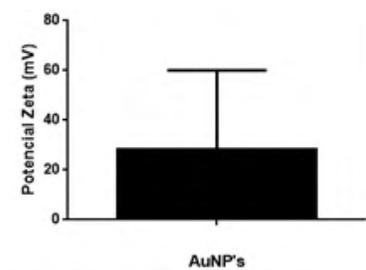


Figura 5. Potencial zeta da síntese 5.

Pode-se inferir assim que o material apresenta estabilidade moderada, visto que o potencial zeta foi equivalente à aproximadamente 30 mV (ZETASIZER, 2004).

4 | CONCLUSÕES

O chá da casca de romã foi capaz de sintetizar nanopartículas de ouro com baixo nível de agregação e formato aproximado de esfera. Apesar da distribuição das partículas se caracterizar de forma polidispersa, estas se encontram com pouca variação de tamanho, a maioria delas apresentando entre 1-20 nm. De todas as sínteses, a rota definida como ótima foi realizada sob as seguintes condições: 60°C , 20 min, 100 rpm e 0,18 mL de extrato. Além disso, a análise do potencial zeta indicou um coloide com estabilidade moderada. Assim, de forma geral, as nanopartículas produzidas neste estudo podem ser utilizadas para aplicações biológicas, assim como para outros fins, e para melhor aproveitamento devem seguir, de preferência, as condições ótimas de síntese estabelecidas.

RECONHECIMENTO

Agradecemos ao Laboratório de Nanomateriais Funcionais (UFES), Laboratório de Ultraestrutura Celular Carlos Alberto Redins (LUCCAR – UFES), Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Metodologias para Análise de Petróelos (LABPETRO – UFES), Laboratório de Sistemas de Liberação Controlada (LSLC – IFES Aracruz) e Laboratório

Multiusuário de Análises Biomoleculares (LABIOM – UFES) pelo apoio no desenvolvimento deste estudo. À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) pelo apoio institucional e financeiro.

REFERÊNCIAS

AHMAD, N.; SHARMA, S.; RAI, R. **Rapid green synthesis of silver and gold nanoparticles using peels of *Punica granatum***. *Advanced Materials Letters*, v. 3, n. 5, p. 1-13, 2012.

BABU, P. J. *et al.* **Microwave-mediated synthesis of gold nanoparticles using coconut water**. *International Journal of Green Nanotechnology*, v. 3, p. 13-21, 2011.

BALASUBRAMANIAN, S. K. *et al.* **Characterization, purification, and stability of gold nanoparticles**. *Biomaterials*, v. 31, p. 9023-9030, 2010.

CAI, W. *et al.* **Applications of gold nanoparticles in cancer nanotechnology**. *Nanotechnology, Science and Applications*, v. 1, p. 17-32, 2008.

CHOI, J.-G. *et al.* **In vitro and in vivo antibacterial activity of *Punica granatum* peel ethanol extract against *Salmonella***. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, v. 2011, p. 1-8, 2011.

DAI, Z. *et al.* **Pomegranate extract inhibits the proliferation and viability of MMTV-Wnt-1 mouse mammary cancer stem cells *in vitro***. *Oncology Reports*, v. 24, p. 1087-1091, 2010.

DAS, S.; BANDYOPADHYAY, K.; GHOSH, M. M. **Effect of stabilizer concentration on the size of silver nanoparticles synthesized through chemical route**. *Inorganic Chemistry Communications*, v. 123, p. 1-6, 2021.

DEGÁSPARI, C. H.; DUTRA, A. P. C. **Propriedades fitoterápicas da romã (*Punica granatum* L.)**. *Visão Acadêmica*, v. 12, n. 1, p. 36-46, 2011.

FREESE, C. *et al.* **Size- and coating-dependent uptake of polymer-coated gold nanoparticles in primary human dermal microvascular endothelial cells**. *Biomacromolecules*, v. 13, n. 5, p. 1533-1543, 2012.

KHARISSOVA, O. V. *et al.* **The greener synthesis of nanoparticles**. *Trends in Biotechnology*, v. 31, n. 4, p. 240-248, 2013.

KUMAR, K. P.; PAUL, W.; SHARMA, C. P. **Green synthesis of gold nanoparticles with *Zingiber officinale* extract: Characterization and blood compatibility**. *Process Biochemistry*, v. 46, p. 2007-2013, 2011.

MAKAROV, V. V. *et al.* **“Green” nanotechnologies: Synthesis of metal nanoparticles using plants**. *Acta Naturae*, v. 6, n. 1, p. 35-44, 2014.

MILANEZE, B. A. *et al.* **Facile synthesis of monodisperse gold nanocrystals using *Viola oleifera***. *Nanoscale Research Letters*, v. 11, p. 1-9, 2016.

MONEIM, A. E. A. **Antioxidant activities of *Punica granatum* (pomegranate) peel extract on brain of rats.** Journal of Medicinal Plants Research, v. 6, n. 2, p. 195-199, 2012.

MUNAWAR, A. *et al.* **Nanosensors for diagnosis with optical, electric and mechanical transducers.** RSC Advances, v. 9, p. 6793-6803, 2019.

NUNE, S. K. *et al.* **Green nanotechnology from tea: Phytochemicals in tea as building blocks for production of biocompatible gold nanoparticles.** Journal of Materials Chemistry, v. 19, p. 2912-2920, 2009.

RAVEENDRAN, P.; FU, J.; WALLEN, S. L. **Completely “green” synthesis and stabilization of metal nanoparticles.** J. Am. Chem. Soc., v. 125, p. 13940-13941, 2003.

ROY, N. *et al.* **Biogenic synthesis of Au and Ag nanoparticles by Indian propolis and its constituents.** Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, v. 76, p. 317-325, 2010.

SALEM, N. M.; ALBANNA, L. S.; AWWAD, A. M. **Nano-structured zinc sulfide to enhance *Cucumis sativus* (Cucumber) plant growth.** ARPN Journal of Agricultural and Biological Science, v. 12, n. 5, p. 167-173, 2017.

TURKEVICH, J.; GARTON, G.; STEVENSON, P. C. **The color of colloidal gold.** Journal of Colloid Science, v. 9, p. 26–35, 1954.

WANG, L.; HU, C.; SHAO, L. **The antimicrobial activity of nanoparticles: present situation and prospects for the future.** International Journal of Nanomedicine, v. 12, p. 1227-1249, 2017.

ZETASIZER Nano Series User Manual, England, v. 1, n. 1, p. 1-270, 2004.

ÍNDICE REMISSIVO

A

- Actividade leishmanicida 117
- Adsorção 92, 94, 144
- Agente tamponante 154, 156, 162, 164
- Alfabetização científica 81, 88, 89, 90
- Amostragem 103, 167, 171, 180, 183, 184, 188
- Análise de Componente Principal - PCA 61, 65, 71, 75
- Análise elementar 61, 67
- Antioxidante 107, 108, 130
- Arrhenius 1, 6, 8, 9
- Atividades experimentais 13, 14, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 34, 39, 44
- Avaliação diagnóstica 26, 31, 34, 35, 39, 40

B

- Bactérias metanogênicas 154, 156
- Biodiesel 145, 154, 155, 156, 157, 158, 161, 162, 163, 164, 165, 166
- Bioetanol 143, 144, 145
- Biomassa 144

C

- Células de combustível 143
- Ciências da natureza 2, 24, 83, 90
- Citometria de fluxo 117
- Citotoxicidade 108, 117
- Cocaína 178, 179, 180, 181, 182, 189, 190, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199
- Conhecimento científico 1, 3, 46, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 89
- Contaminantes de interesse emergente 178, 179, 180, 201
- Crack 180, 181, 189, 197, 198, 199
- Cromatografia gasosa 158, 159, 167, 172
- Cromonas 132, 133, 134, 135

D

- Docência 78, 80, 87, 201

E

Educação ambiental 46, 52, 54, 55, 58, 59, 60, 78, 89, 201
Efeito estufa 167, 168, 169, 176, 177
Efluente 154, 155, 156, 163, 165, 169
Eletr deposição 91, 96, 97, 98, 105
Energia renovável 144
Ensino de ciências 20, 24, 25, 38, 52, 54, 55, 59, 60, 78, 82, 83, 88, 89, 90, 201
Ensino de química 1, 2, 10, 14, 25, 26, 27, 32, 33, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 47, 50, 51, 52, 81, 84, 85, 89, 90, 201
Enzima 122
Espectrofotômetro UV-Vis 107, 111
Espectrometria de fluorescência de raios x 61, 69, 75
Espectroscopia na região do infravermelho 107, 110, 113
Extração por Sorção em Barra de Agitação - SBSE 91, 92, 102, 106

H

Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - HPAs 91, 92
Hidrólise 98, 180, 181, 191

I

Intervenção pedagógica 1, 3, 10

L

Lago Paranoá 167, 169, 173, 174, 175
Lei de Diretrizes e Base da Educação - LDB 2
Letramento científico 78, 80, 81, 83, 87, 88, 89, 90, 201
Licenciatura em química 42, 51, 52, 78, 80, 85, 86, 88
Lixo 46, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 60

M

Meio ambiente 45, 46, 47, 48, 50, 53, 55, 59, 60, 98, 155
Metabólitos 133, 180, 181, 183, 199
Microscopia Eletrônica de Transmissão - MET 107, 110, 112
Microscopia Eletrônica de Varredura - MEV 144

N

Nanomateriais 114

Nanotecnologia 107

O

Óleo de cozinha 42, 46, 47, 48, 50, 51

Oxirredução 26, 28, 38, 98, 107, 108

P

Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN 2, 14, 27, 38, 51, 81

Pigmentos rupestres 61, 63, 64, 69, 70, 75

Poluição ambiental 53, 55

Potencial farmacológico 132

Potencial zeta 107, 110, 114

Processo anaeróbio 154, 157, 160, 164

Processo de aprendizagem 9, 14, 43, 50, 78, 84, 87

Produtos de metabolização 178, 183

R

Reação de ciclização eletrofílica 132, 138, 141

Reação de condensação do tipo Perkin 117

Reação de oxidação 30, 36, 144

Reciclagem 42, 45, 46, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 105

Recursos audiovisuais 6, 13, 14, 15

Rede federal de ensino 78, 88

Resíduos de drogas de abuso 178

Resíduos sólidos 45, 46, 52, 53, 54, 55, 56, 60

S

Sabão ecológico e artesanal 42

Sedimentos finos 167, 174, 175

Síntese verde 107, 108

Sítios arqueológicos 61, 63, 64, 65, 69, 70, 71, 74, 75, 76, 77

Solventes tóxicos 132

Substrato metálico 91, 94, 98, 105

T

Técnica de *headspace* 167

Teor carbono orgânico 167

Tratamento biológico 154, 156

V

Voltametria cíclica 144

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

3

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br


Editora
Ano 2021

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

3

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br


Editora
Ano 2021