

Engenharia de Materiais e Metalúrgica: Tudo à sua Volta

**Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia
(Organizadores)**



Engenharia de Materiais e Metalúrgica: Tudo à sua Volta

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia
(Organizadores)



2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Karine de Lima

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof^a Dr^a Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

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

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

Prof^a Dr^a Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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

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

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

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

Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof^a Dr^a Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

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

Prof^a Dr^a Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

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

Prof^a Dr^a Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof^a Dr^a Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

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

Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
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. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^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
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

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. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a 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
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
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
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
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 Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 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. Lilian 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. Me. 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. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	<p>Engenharia de materiais e metalúrgica [recurso eletrônico] : tudo à sua volta / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, Ricardo Vinicius Bubna Biscaia, João Dallamuta. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-108-4 DOI 10.22533/at.ed.084201506</p> <p>1. Engenharia – Tecnologia. 2. Metalurgia. I. Holzmann, Ajuz. II. Biscaia, Ricardo Vinicius Bubna. III. Dallamuta, João. CDD 620.002854</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

Nos dias atuais, com uma escassez cada vez maior de matéria prima e energia, buscar novas formas de produção ecologicamente corretas é um diferencial ao setor industrial. Neste contexto as pesquisas nesta área veem crescendo e se tornando uma das grandes vertentes da engenharia de materiais, buscando-se a melhoria de materiais, aliando-se novos componentes e reutilizando materiais de descarte.

Neste e-book são explorados trabalhos teóricos e práticos, relacionados ao desenvolvimento de materiais, bem como a reutilização de subprodutos da construção civil, vislumbrando a uma melhoria tanto de novos materiais, como a um descarte inteligente e eficiente de resíduos. De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
UM ESTUDO DOS MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO DAS TURBINAS GERADORAS DE ENERGIA EÓLICA, NOS PARQUES EM PERNAMBUCO	
Kaio Moab de Oliveira Silva Joaci Galindo Veronica Alves Teixeira Vitor Bismark Ferreira de Macedo	
DOI 10.22533/at.ed.0842015061	
CAPÍTULO 2	8
INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DURANTE O PROCESSO DE LAMINAÇÃO TESTADA ATRAVÉS DE ENSAIO DE DUREZA E ENSAIO METALOGRAFICO	
Gabrielle Schultz Braz Gabriel Inácio Pontin	
DOI 10.22533/at.ed.0842015062	
CAPÍTULO 3	21
ANÁLISE DAS JUNTAS SOLDADAS NA UNIÃO DA ESTRUTURA DO VEÍCULO BAJA SAE	
Henrique Ajuz Holzmann Victor Henrique Javara	
DOI 10.22533/at.ed.0842015063	
CAPÍTULO 4	33
ANÁLISE EXPERIMENTAL E ANALÍTICA DA INFLUÊNCIA DA RAZÃO W/D EM COMPÓSITO POLIMÉRICO DE POLIÉSTER REFORÇADO POR FIBRAS DE VIDRO/JUTA	
Raphael Siqueira Fontes Sérgio Renan Lopes Tinô Ana Claudia de Melo Caldas Batista Eve Maria Freire de Aquino	
DOI 10.22533/at.ed.0842015064	
CAPÍTULO 5	48
EFEITOS DE PÓS CERÂMICOS ATIVOS NAS PROPRIEDADES DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS À BASE DE PVDF	
Eriton Rodrigo Botero Jaldair de Araújo e Nóbrega	
DOI 10.22533/at.ed.0842015065	
CAPÍTULO 6	62
SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA OBTIDAS VIA ROTAS QUÍMICA E ELETROQUÍMICA E SUA OTIMIZAÇÃO	
Arthur da Rocha Albertini Guilherme Frederico Bernardo Lenz e Silva Rodrigo Labat Marcos	
DOI 10.22533/at.ed.0842015066	
CAPÍTULO 7	80
TRANSFORMAÇÃO DE REJEITOS DE LAVAGEM DE BAUXITA DA AMAZÔNIA EM MATERIAL TIPO HIDROGROSSULAR (KATOITA) DE $\text{Ca}_3\text{Fe/Al}_2(\text{OH}_4)_3$	
Renata de Sousa Nascimento Bruno Apolo Miranda Figueira	

CAPÍTULO 8	87
AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO CONCRETO ATRAVÉS DA ADIÇÃO DE FIBRAS DO COCO BABAÇU	
Márcio do Nascimento Silva	
Deuzuíta dos Santos Freitas Viana	
Lívia Racquel de Macêdo Reis	
Wendel Melo Prudêncio de Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.0842015068	
CAPÍTULO 9	94
COMPARAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL DE CONCRETOS DE ALTA RESISTÊNCIA (CAR) COM INSERÇÃO DE NANOTUBOS DE CARBONO (NTC) E CINZAS DE CASCA DE ARROZ (CCA)	
Christa Korzenowski	
Rosangel Rojas Agüero	
Ronaldo Beraldin da Silva	
Priscila Marques Correa	
Luiz Carlos Pinto Silva Filho	
DOI 10.22533/at.ed.0842015069	
SOBRE OS ORGANIZADORES	113
ÍNDICE REMISSIVO	114

SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA OBTIDAS VIA ROTAS QUÍMICA E ELETROQUÍMICA E SUA OTIMIZAÇÃO

Data de aceite: 05/06/2020

Arthur da Rocha Albertini

Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais

Guilherme Frederico Bernardo Lenz e Silva

Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais

Rodrigo Labat Marcos

Faculdade de Medicina Universidade 9 de Julho – Laboratório de Biofotônica

RESUMO: Os estudos de materiais nanométricos vêm avançando rapidamente. Isso ocorre pois em escala nanométrica (10^{-9}m), os materiais apresentam características físicas e químicas muito distintas daquelas conhecidas em outras escalas maiores. A principal propriedade a ser estudada neste trabalho é a maior reatividade química dos materiais nanométricos devido às maiores superfícies de contato que seu tamanho proporciona. A ação bactericida da prata macroscópica já é bastante conhecida, mas, apesar de ter o uso bastante disseminado pelo mundo, os efeitos da prata coloidal, conhecida no Brasil como Nano-Prata, ainda são pouco conhecidos. Entretanto, o uso de prata e seus compostos para fins

medicinais vem aumentando recentemente, pois os efeitos bactericida e fungicida dos íons Ag^+ e de partículas nanométricas de prata ainda estão sendo descobertos e entendidos. Atualmente soluções de prata já são utilizadas no tratamento de queimaduras e feridas com o intuito de evitar e tratar infecções bacterianas. Aliando os efeitos já conhecidos da prata à maior reatividade química de compostos nanométricos, este trabalho visa estudar a síntese de uma solução de nanopartículas de prata e seus efeitos bactericida e bacteriostático na epiderme humana e canina.

PALAVRAS-CHAVE: Nanotecnologia, Engenharia de Materiais, Biomateriais, Síntese Nanopartículas de Prata

ABSTRACT: Studies of nanometric materials are advancing rapidly. This is happening because on a nanometric scale (10^{-9}m), the materials have physical and chemical characteristics very different from those known in other larger scales. The main property to be studied in this work is the greater chemical reactivity of the nanometric materials due to the larger contact surfaces that its size provides. The bactericidal action of macroscopic silver is already well known, but, despite its widespread use throughout the world, the effects of colloidal silver, known in Brazil as

Nano-Silver, are still little known. However, the use of silver and its compounds for medicinal purposes has been increasing recently, as the bactericidal and fungicidal effects of Ag⁺ ions and nanometric silver particles are still being discovered and understood. Currently silver solutions are already used in the treatment of burns and wounds in order to prevent and treat bacterial infections. Combining the already known effects of silver with greater chemical reactivity of nanometric compounds, this work aims to study the synthesis of a solution of silver nanoparticles and their bactericidal and bacteriostatic effects on human and canine epidermis. Silver nanoparticles were synthesized in two different ways: (1) via the Chemical Route, from the metallic complex [Ag(NH₃)₂]⁺[C₂H₃O₂]⁻ and (2) via the Electrochemical Route: using a controlled potential difference between silver electrodes immersed in deionized water containing Na₂CO₃. Reducing agents in different proportions were added for better stabilization and production of colloidal nanoparticles.

KEYWORDS: Nanoparticles, Silver, Biomaterial

1 | INTRODUÇÃO

1.1 Introdução Histórica

Historicamente, estima-se que a prata foi o terceiro metal a ser descoberto, pouco depois da descoberta do ouro e do cobre. Seus primeiros registros datam de cerca de 3000 aC. Anos depois, apesar de sem embasamento científico, o efeito bactericida desse metal em escalas macroscópicas foi notado, assim como sua baixa toxicidade a humanos.

Tais características decorrem do, ainda estudado, efeito oligodinâmico, em que mesmo em baixas concentrações, os íons de prata ligam-se a cadeias carbônicas sulfurosas existentes nas membranas plasmáticas das células bacterianas, causando assim 'lise' das membranas e posterior morte celular, entre outros mecanismos que acabam causando a morte celular.

1.2 Introdução Científica

O termo nanotecnologia foi empregado pela primeira vez em 1959, durante uma palestra do físico norte-americano Richard Feynman intitulada "There's plenty of room at the bottom". Segundo ele, no novo milênio "surgirá uma nova tecnologia, capaz de lidar com átomos e moléculas, a Nanotecnologia". Muito se discutiu sobre o assunto após esse evento, e em 1986, Gerd Binnig e Heinrich Rohrer pesquisadores da IBM ganharam o prêmio Nobel pela criação de um microscópio de tunelamento capaz de visualizar estruturas nanométricas, até a escala atômica.

Estudos na área vêm ganhando muita importância devido à modernização de aparelhos e de processos de caracterização por microscopia que auxiliam no desenvolvimento tecnológico nessa escala.

Uma vertente bastante explorada atualmente é a utilização de nanopartículas para fins medicinais, devido à, já comentada, alta reatividade química de moléculas nanométricas. A área médica carece por potentes antimicrobianos, uma vez que muitas bactérias e fungos já foram selecionados e hoje são resistentes aos antibióticos mais utilizados no mundo.

Dentro do campo da medicina, a prata é muito conhecida como um agente bactericida e fungicida, tanto na forma iônica como na forma metálica. Os resultados dessa utilização da prata mostram alta performance contra infecções bacterianas e baixíssimos índices de toxicidade aos seres humanos.

2 | MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS

2.1 Doenças Autoimunes E Tratamentos Possíveis Em Animais

A motivação para o início deste trabalho foi o diagnóstico sequencial de doenças autoimunes em um Akita macho de seis anos de idade. Há algum tempo ele foi diagnosticado com três doenças autoimunes. A primeira é conhecida como S.A., sigla proveniente do latim *Sebaceous Adenitis*, a segunda, IMT, sigla do inglês para *Immune Mediated Thrombocytopenia* e a terceira de inflamações nas articulações (artrite reumatóide). Desde então vem sendo tratado para Lupus (lúpus eritematoso sistêmico –LES) com imunossupressão (ciclosporina e corticoide) e tratamento de suporte.

2.2 As Doenças

2.2.1 Adenite Sebácea

A Adenite Sebácea, ou *Sebaceous Adenitis*, é uma doença inflamatória e hereditária que destrói ou danifica as glândulas sebáceas dos mamíferos. É uma doença rara que ocorre principalmente em cães das raças Akita, Standard Poodles e Braco Húngaro. Os sinais incluem perda de pêlos secundários, descamação e ressecamento da pele, ocasionando feridas e pústulas que podem ou não coçar.

Porém o diagnóstico definitivo é realizado por meio do exame de fragmentos 'infectados' de pele. Em caso positivo da doença, o exame histopatológico revela a presença de um processo inflamatório das glândulas sebáceas, com destruição

total ou parcial dessas. A não funcionalidade dessas glândulas leva a deficiências na hidratação da pele do animal, gerando as já citadas feridas.

Apesar de não haver cura para a doença, o tratamento consiste em reduzir a ação inflamatória da doença por meio da ingestão de vitaminas A e E, uso de hidratantes de pele e de medicamentos capazes de modular o sistema imunológico canino, a fim de diminuir o processo inflamatório (Hnilica, 2011).

2.2.2 Immune-Mediated Thrombocytopenia

A IMT é uma doença autoimune muito séria, nela, o corpo do doente ataca suas próprias plaquetas como se fossem agentes patogênicos. A palavra Thrombocytopenia significa, em linhas gerais, uma doença que causa o abaixamento da quantidade de plaquetas úteis na corrente sanguínea.

As plaquetas são as principais responsáveis pela coagulação sanguínea, portanto, a falta delas pode ocasionar em sangramentos inesperados, aumento no tempo de cicatrização de feridas, hemorragias interna e externa. Esses sangramentos excessivos podem chegar a causar anemia.

A maioria dos sintomas dessa doença está relacionada a sangramentos no nariz e na boca, fraqueza, aumento na frequência respiratória, gengivas pálidas e fezes escuras e avermelhadas (indicando sangramento no trato gastrointestinal).

2.3 A Combinação Das Doenças

Uma vez que o animal possui as três doenças citadas anteriormente, as pequenas feridas causadas em sua pele pela Adenite Sebácea se tornam um grande perigo de infecção devido à deficiência de plaquetas ocasionada pela IMT e o tratamento com imunossupressão. Portanto, é preciso que os tratamentos de ambas doenças se desenvolvam em sinergia. Uma possível ajuda neste tratamento, é o desenvolvimento de um creme hidratante bactericida e fungicida à base de prata coloidal que ajudará na cicatrização das feridas, evitando assim, o desencadeamento de novos problemas.

2.4 OBJETIVOS

Este trabalho visa estudar diferentes meios de síntese de uma solução coloidal de prata como o objetivo de fabricar um creme bactericida para uso tópico em cães e humanos, bem como sua caracterização. Nesta primeira parte, o trabalho foi focado na síntese eletroquímica das nanopartículas de prata. Posteriormente a pesquisa será focada em um segundo método e em testes *in vitro* das soluções em colônias de bactérias.

3 | MATERIAIS E METODOLOGIA

3.1 Um Coloide Em Suspensão

Soluções de prata iônica e soluções de nano-prata são materiais completamente diferentes entre si e possuem características muito distintas. Uma solução de prata iônica é constituída por átomos do elemento prata que perderam um elétron, por isso, os cátions de prata são facilmente combinados com qualquer ânion proveniente de um sal em solução (espécie química que possui excesso de elétrons quando em solução). Caso não haja nenhum sal na água, os íons de prata se dissolvem totalmente na água e não podem ser observados visualmente.

Já soluções coloidais de prata podem ser distinguidas pela sua cor e pelo modo como esta dispersa a luz visível. Estas soluções são compostas por átomos neutros de prata que formam aglomerados (ou *clusters*) de diversas formas e tamanhos. Em geral, os clusters são, aproximadamente esféricos. Sua forma está claramente ligada ao número de átomos que os formam.

Os aglomerados de prata são formados devido ao caráter hidrofóbico da prata metálica (Ag^0). Como resultado direto desse fato, uma camada de íons de hidrogênio (H^+) envolve os clusters, essa foi chamada de Camada de Stern. Uma segunda camada, mista de íons positivos e negativos engloba o cluster e a camada Stern, a união de ambas camadas citadas dá origem à Teoria da Dupla Camada, proposta por *Derjaguin, Landau, Verwey, e Overbeek* na primeira metade do século XX. Entre essas duas camadas, existe uma carga eletrostática em constante movimento, chamada de potencial Zeta. No caso dos clusters de prata, esse potencial pode alcançar valores próximos de -100 mV (*Laroo, 2013* assim como a Figura 1).

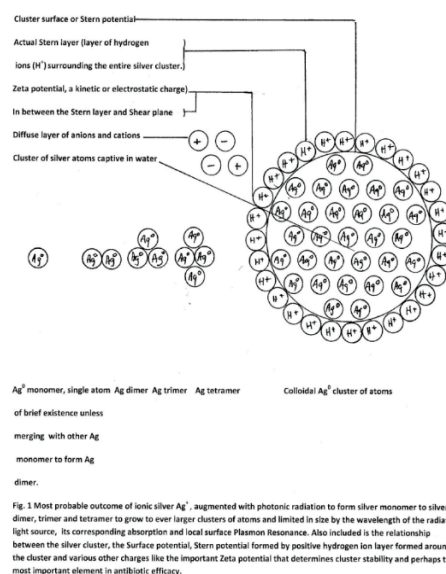


Figura 1 - Representação de um *Cluster* de prata carregado em Solução Aquosa

3.2 Vulnerabilidade Solução Coloidal De Prata Em Suspensão

Ao contrário do que diz o senso comum, as soluções coloidais de prata não são formadas por nanopartículas de prata pura, mas sim por “*nano-aglomerados*” de átomos (mostrados no item anterior). Todos esses aglomerados possuem tamanho semelhante e, portanto, carga elétrica semelhante (e de mesmo sinal). Essas cargas geram uma repulsão entre os clusters, que resultará em um alto módulo de potencial Zeta. Quando esse potencial supera, em valor absoluto, àquele causado pelas forças de Van der Waals (cerca de 25 mV), essas forças perdem a relevância se comparadas às outras que ali agem e a matéria entra em suspensão. O alto potencial Zeta, que está associado à ação repulsiva mútua dos clusters de prata coloidal, garante à solução certa estabilidade a longo prazo.

A prata coloidal é suscetível e vulnerável a diversos agentes externos como calor, ondas infravermelhas, micro-ondas e até mesmo ao bombardeamento por raios de luz com altos comprimentos de onda (como verde, amarelo, vermelho e laranja). A temperatura, por exemplo, aumenta a energia de cada cluster, causando maior agitação desse, isso diminui a ação relativa das forças de repulsão entre os clusters. Tal diminuição pode fazer com que “clusters vizinhos” se aproximem demais ou se choquem, formando clusters maiores. Esse aumento pode chegar a um ponto limítrofe em que a gravidade se encarrega de decantar a prata e assim, tirá-la de suspensão.

Também não é recomendável a utilização de soluções de prata iônica juntamente com os coloides dessa mesma substância. Os cátions Ag^+ terão papel semelhante ao da temperatura, eles aproximarão os “clusters vizinhos”, pois a presença de íons positivos entre os aglomerados reduzirá a repulsão relativa entre eles, fazendo com que a solução se torne mais sensível.

3.3 A Escolhida Prata

A motivação para o presente trabalho consiste no tratamento de feridas de pele em um cão portador de duas doenças autoimunes. Sabendo disso, pesquisamos que a bactéria *Pseudomonas aeruginosa* é um dos principais microrganismos responsáveis por infecções de feridas e queimaduras de pele.

A prata coloidal apresenta ação contra uma ampla faixa de microrganismos com bactérias (principalmente gram-negativas) e fungos. Serão realizados testes em colônias de bactérias *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*. Além da prata, muitos outros metais foram estudados, resultando na escala de toxicidade contra microrganismos (Berni et al, 2008) a seguir:

Ag > Hg > Cu > Cd > Pb > Co > Au > Zn > Fe > Mn > Mo > Sn

Outros metais que poderiam ser utilizados, e têm seu efeito bactericida comprovado, seriam o Mercúrio e o Cobre. Porém, os colóides de mercúrio sintetizados se mostraram extremamente tóxicos às células animais, enquanto os de cobre não são tão efetivos contra as bactérias.

Em decorrência da resistência a antibióticos, causada pela seleção de microrganismos mais resistentes, os estudos sobre novos fármacos vêm sendo estimulados. Compostos contendo prata têm se tornado muito populares na medicina moderna.

3.4 Ação Das Nanopartículas De Prata

Como dito anteriormente, a prata desperta grande interesse nas pesquisas em áreas medicinais devido à ação bactericida e fungicida da mesma forma iônica. Recentes estudos mostram que soluções de nanopartículas de prata possuem alta atividade antimicrobiana, assim como soluções de prata iônica.

Entre outras nanopartículas metálicas já sintetizadas anteriormente, a prata e o cobre, segundo estudos, foram os mais eficientes na relação custo-desempenho, porém a eficiência do cobre foi menor. Ainda assim, a ação antimicrobiana da nano-prata não é completamente compreendida. Mas muitos cientistas acreditam que alguns mecanismos semelhantes àqueles de soluções iônicas de prata também atuam em suas soluções coloidais.

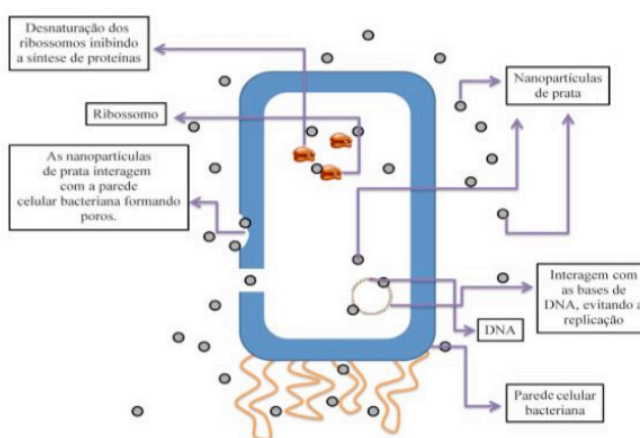


Figura 2 - Mecanismos da Ação da Atividade Microbiana das Nanopartículas de Prata

Alguns efeitos conhecidos das nanopartículas de prata em células bacterianas e de fungos podem ser observados na Figura 2 (De Sá, 2015). Pode-se afirmar que a ligação destas partículas na célula depende da área superficial disponível para a interação (Morones *et al.*, 2005). São 3 as principais interações possíveis conhecidas.

A primeira ocorre quando as nanopartículas interagem com proteínas presentes na membrana plasmática, deformando-a e causando problemas de permeabilidade na célula. Caso a concentração seja alta o suficiente, as nanopartículas de prata se depositarão nas membranas e nas paredes celulares (quando houver) podendo ocasionar lise das mesmas.

Em concentrações significativamente mais baixas, essas não se depositarão nas membranas e haverá uma massiva passagem de clusters para o meio intracelular, sem danificar (muito) a membrana.

Uma vez dentro das células, as nanopartículas de prata podem interagir com o DNA, fazendo com que esse se desnature e tornando a sua replicação impossível (impede a divisão celular). Mais especificamente, o metal desloca as ligações de hidrogênio entre os nitrogênios adjacentes de bases purinas e pirimidinas, impedindo posterior replicação (por causa da alta afinidade da prata com os grupos fosfatos dos nucleotídeos).

A terceira possibilidade se mostra quando as nanopartículas de prata interagem com os ribossomos. Tal interação leva ao comprometimento da síntese de proteínas fundamentais para a respiração celular, causando a morte celular por falta de energia.

Já foi comprovada a grande afinidade das nanopartículas de prata com grupos químicos que possuem os elementos enxofre e fósforo. Ambos são encontrados nas membranas e no interior de células bacterianas (no DNA, por exemplo), quando em concentrações suficientes, as nanopartículas danificam as estruturas celulares que contenham maior quantidade de enxofre e/ou fósforo.

Outras interações devem-se ao fato de a Nanoprata ter a capacidade de gerar superóxidos (Radicais Livres), assim como o íon Ag^+ . Tal geração foi comprovada pois a adição de antioxidantes reduz o efeito bactericida das soluções de nanopartículas de prata (Laroo, 2013). Os radicais livres, aqui citados, provavelmente são provenientes da superfície de íons de hidrogênio (H^+) em contato com os clusters.

Além do efeito bactericida e fungicida das soluções de prata coloidal, vale ressaltar que essa também provoca um efeito bacteriostático residual, isto é, conferirá aos locais impregnados com nanopartículas de prata uma proteção contra posterior proliferação de microrganismos.

3.5 Utilizações Para Soluções De Nanopartículas De Prata

Além das aplicações medicinais já citadas, soluções de nanopartículas de prata já são hoje utilizadas em outras áreas. Devido ao seu tamanho, as nanopartículas são facilmente incorporadas em muitos materiais, portanto é relativamente fácil impregná-los com estas nanopartículas.

Por todos estes motivos, elas já vêm sendo utilizadas em diversas aplicações

por exemplo: em palmilhas anatômicas antimicrobianas com o intuito de evitar odores, em purificadores de ar, na esterilização de instrumentos cirúrgicos e até mesmo em curativos comerciais (band-aid's) que, apesar de ainda superfaturados, ajudam na cicatrização ao prevenir infecções. Bioquímicos suíços estão estudando a capacidade da prata para interromper a divisão celular do HIV em diversos estágios. As nanopartículas de prata vêm tomando o lugar dos íons cloreto em tratamentos mais modernos de água e alimentos.

4 | ETAPA LABORATORIAL SÍNTESE DE NANOPRATA

4.1 Análises E Resultados Parciais

4.1.1 Síntese Eletrolítica De Prata Coloidal

Optou-se por sintetizar prata coloidal eletroquimicamente pois foi a maneira mais simples e barata de obter tal produto. A cuba eletrolítica utilizada em todos os experimentos contém água deionizada e os eletrodos são de prata com 99.997% de pureza. Os eletrodos foram expostos a uma tensão constante de 24 V durante as eletrólises. Todos os experimentos a seguir contaram com agitação magnética da solução simultaneamente à eletrólise. Com exceção dos experimentos em que a temperatura inicial da água é menor ou igual a 10°C (*Experimento 11 e 12*), a frutose foi adicionada quando a solução atingia uma faixa entre 60 °C a 70 °C e o aquecedor era desligado.

Propriedade Estudada	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Eletrodo Utilizado Vermelho	1	2	1	2	3	4
Massa Inicial Eletrodo Verm	3,3100 g	3,3098 g	3,040 g	3,234 g	3,333 g	3,344 g
Massa Final Eletrodo Verm	3,3084 g	3,2445 g	3,2618 g	1,745 g	3,289 g	3,289 g
Eletrodo Utilizado Preto	2	1	2	1	4	3
Massa Inicial Eletrodo Preto	3,3092 g	3,3084 g	3,2350 g	3,177 g	3,345 g	3,289 g
Massa Final Eletrodo Preto	3,3098 g	3,3089 g	3,2300 g	2,999 g	3,344 g	2,473 g
Tempo de Eletrólise	1 h	6 h	6 h	17 h	< 2 h	21 h
Temp Inicial da Água	24,0 °C	23,7 °C	23,5 °C	23,8 °C	23,8 °C	25,1 °C
Presença de Luz (+ ou -)	+	-	+	-	+	+
Massa de Frutose / L H ₂ O	1,0079 g	1,0022 g	1,0038 g	1,0731 g	0,650 g	0 g
Massa de Na ₂ CO ₃ / L H ₂ O	0 g	0 g	1,0052 g	0,520 g	0,502 g	0,511 g
Condutividade	—	—	-158,8 mV	-131,9 mV	-113,7 mV	—
pH da Solução Final	—	—	9,82	9,51	9,00	9,30
Medidor de Partículas	—	—	109 ppm	604 ppm	476 ppm	488 ppm

Propriedade Estudada	E7	E8	E9	E10	E11	E12*
Eletrodo Utilizado Vermelho	4	5	5	2	6	5
Massa Inicial Eletrodo Verm	3,289 g	5,365 g	5,215 g	2,344 g	5,371 g	5,175 g
Massa Final Eletrodo Verm	-	5,215 g	5,175 g	-	5,278 g	5,076 g
Eletrodo Utilizado Preto	3	6	2	5	5	6
Massa Inicial Eletrodo Preto	2, 247 g	5,372 g	2,345 g	5,176 g	5,176 g	5,278 g
Massa Final Eletrodo Preto			2,344 g	5,176 g	5,175 g	5,278 g
Tempo de Eletrólise	3 h	3 h	1 h	1 h	1,5 h	45 min
Temp Inicial da Água	26,1 °C	25,7 °C	24,7 °C	24,2 °C	8°C	25,2 °C
Presença de Luz (+ ou -)	-	-	-	-	-	-
Massa de Frutose / L H ₂ O	0,651 g	0 g	0,648 g	0,075 g	0,520 g	—
Massa de Na ₂ CO ₃ / L H ₂ O	0,502 g	0,530 g	0,498 g	0,499g	0,507 g	0,518 g
Condutividade Solução Final	-169,1 mV	-163,1 mV	-178,3 mV	-170,1 mV	-159,9 mV	-155,4 mV
pH da Solução Final	9,89	9,67	10,17	10,22	9,78	9,01
Medidor de Partículas	443 ppm	710 ppm	485 ppm	481 ppm	312 ppm	765 ppm

Tabela 1 –Resultados experimentais dos testes de produção eletroquímica.

* O experimento 12 foi o primeiro com uma fonte de tensão variável, experimento realizado com 7 Volts

Após doze experimentos bem sucedidos, foi possível começar a entender os melhores parâmetros de síntese, como o intervalo de tempo e a quantidade de reagente que deve ser adicionada.

Posteriormente, o LM²C² (Laboratório de Moagem de Alta Energia, Materiais, Carbono e Compósitos para Altas Temperaturas) adquiriu uma nova fonte de corrente contínua, em que é possível controlar a Voltagem/Corrente utilizada durante a síntese. Foram feitos alguns experimentos para que fosse estudado como as diferenças entre as fontes interferem a síntese.

Com a nova fonte também foi feito o teste com a água deionizada, isto é, foi preparada uma solução sem Na₂CO₃ e, independentemente do tempo exposto à diferença de potencial e da voltagem, não havia corrente passando pela solução, mostrando que a amostra é de boa qualidade e não contém quantidade significativa

de íons na água. Os experimentos precedidos pela sigla NF, são aqueles feitos pela fonte nova.

Propriedade Estudada	NF1	NF2	NF3	NF4	NF5	NF6
Eletrodo Utilizado Vermelho	5	6	6	6	5	5
Massa Inicial Eletrodo Verm	5,072 g	5,297 g	5,122 g	5,035 g	4,367 g	4,248 g
Massa Final Eletrodo Verm	4,430 g	5,154 g	5,035 g	4,833 g	4,248 g	4,228 g
Eletrodo Utilizado Preto	6	5	5	5	6	6
Massa Inicial Eletrodo Preto	5,277 g	4,427 g	4,366 g	4,366 g	4,831 g	4,811 g
Massa Final Eletrodo Preto	5,297 g	4,438 g	4,366 g	4,357 g	4,811 g	4,821 g
Tempo de Eletrólise	2 h	1 h	10 min	2 h	1 h	15 min
Temp Inicial da Água	23,1 °C	22,7 °C	23,2 °C	22,8 °C	22,8 °C	23,6 °C
Volume de Água (Solvente)	0,50 L	0,55 L	0,51 L	0,50 L	0,50 L	0,51 L
Tensão na Fonte	8,03 V	7,98 V	8,00 V	8,02 V	5,21 V	8,02 V
Massa de Frutose	0,251 g	0 g	0 g	0 g	0,330 g	0 g
Massa de Na ₂ CO ₃	0,252 g	0,255 g	1,65 g	0,110 g	0,254 g	0,261 g
Condutividade Solução Final	-140,77 mV	-154,17 mV	-160,33 mV	-180,98 mV	-169,27 mV	-170,34 mV
pH da Solução Final	9,21	9,55	9,78	9,24	10,17	10,05
Medidor de Partículas	—	—	—	—	—	—

Tabela 2-Resultados experimentais com a nova fonte de corrente contínua.

Com esses experimentos, foi possível concluir que o resultado final das sínteses está diretamente ligado à corrente que passa pela solução durante o período de síntese, “independente” da massa de Na₂CO₃. Isto é, o resultado está vinculado na relação entre as massas de água, de Na₂CO₃ e de frutose que dão à solução uma resistência elétrica praticamente constante. Durante a síntese, são formados os aglomerados de nanopartículas de prata envolvidos por uma camada de íons H⁺, que alteram a resistência da solução.

Tendo como base os sete experimentos anteriores, foi feito um planejamento dos próximos experimentos com base na técnica de Ensaios Direcionados, conhecida em inglês como Design of Experiments (DoE). Isto é, estudar o processo identificando os fatores que mais influenciam na síntese de nanopartículas de prata pela via eletrolítica, com o intuito de otimizá-la.

A seguir, estão explicitados os parâmetros de síntese que foram considerados para os nove experimentos DoE (Design of Experiments).

Numbered Parameters for DoE Experiments		
(1)	(2)	(3)
4,0 Volts	8,0 Volts	16,0 Volts
Temperatura Ambiente	0 °C	50 °C
15 min	30 min	1 h
Sem Nada	Frutose	Citrato

Os experimentos que seguiram tal linha de raciocínio foram precedidos da sigla:

DoE. Foram, feitos nove experimentos seguindo a teoria de ensaios direcionados, com os seguintes parâmetros:

DoE 1	1, 1, 1, 1	DoE 4	2, 1, 2, 3	DoE 7	3, 1, 3, 2
DoE 2	2, 1, 1, 1	DoE 5	2, 2, 3, 1	DoE 8	3, 2, 1, 3
DoE 3	1, 3, 3, 3	DoE 6	2, 3, 1, 2	DoE 9	3, 3, 2, 1

Entre os nove novos experimentos feitos, os que visualmente tiveram melhores resultados foram os DoE 2 e DoE 3 e foram caracterizados como “ótimos”.

5 | GALERIA DE FOTOS NANOPARTÍCULAS SINTETIZADAS



Figura 3 - Experimentos 1 a 6 ordenados da esquerda p/ direita.

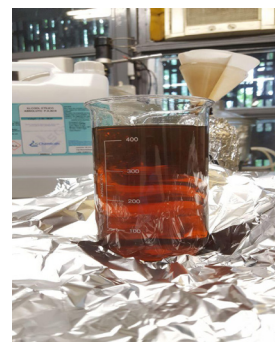


Figura 4- DoE 3 Logo após sua síntese.

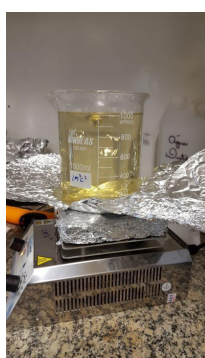


Figura 5 - Amostra Final do Experimento 3



Figura 6 - Experimento 5 depois de 1.5h de Síntese

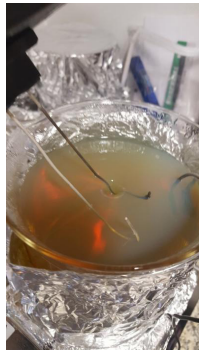


Figura 7 - Experimento 4 depois de 4h de Síntese



Figura 8 - Amostra Final do Experimento 6



Figura 9 - Experimento 3 depois de 130 dias e Experimento 11 depois de 90 dias



Figura 10 - Experimentos 6 e 7 depois de aproximadamente 120 dias.



Figura 11 - Experimento 5 depois de 120 dias e Experimento 5.2 depois de 90 dias.



Figura 12 - Experimento 9 e 10 depois de 90 dias.

6 | ANÁLISE DO TAMANHO, DISTRIBUIÇÃO E COMPOSIÇÃO DAS NANOPARTÍCULAS DE PRATA

Nos testes de medição do diâmetro das nanopartículas, foi utilizado o Zetasizer Nano S, em que mede-se o diâmetro de partículas entre 0.3 nm e 10 μm . Além dos ensaios de medição, foram feitos ensaios para caracterização da solução por meio de técnicas de microscopia de varredura de alta resolução (Microscópio MEV). Todos os ensaios foram feitos em triplicatas e serão expostos os resultados médios obtidos.

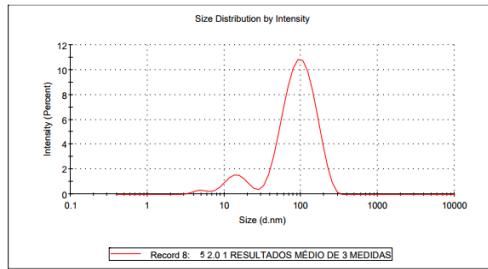


Gráfico 1 - Distribuição de diâmetro da Amostra 5.2

Maio de 2017

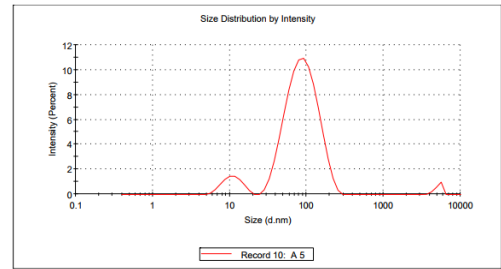


Gráfico 2 - Distribuição do diâmetro da Amostra 5

Maio de 2017

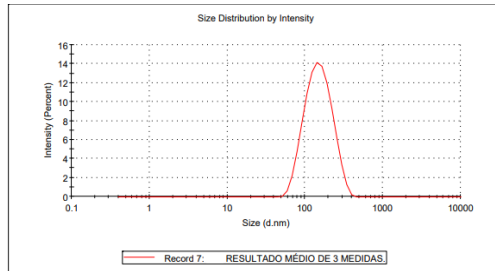


Gráfico 3 - Distribuição de diâmetro da amostra 11

Maio de 2017

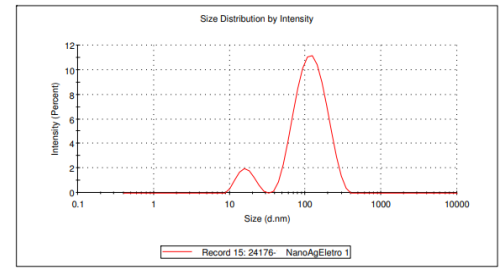


Gráfico 4 - Distribuição de diâmetro da Amostra 5.2

Janeiro 2017

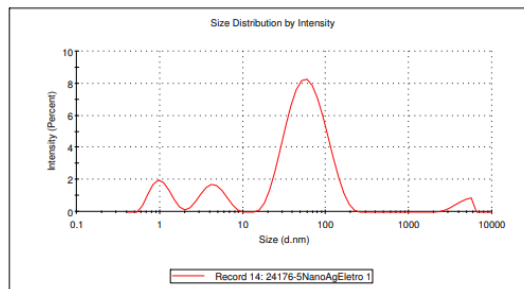


Gráfico 5 - Distribuição de diâmetro da Amostra DoE 1

Amostra	Diâmetros dos Clusters (nm)	Porcentagem das Partículas	Diâmetro Médio (nm)
Gráfico 1 (A 5.2) Maio 2017	104,61 nm	89,3 %	61,78 nm
	15,10 nm	9,4%	
Gráfico 2 (A 5) Maio 2017	94,36 nm	90,6 %	62,58 nm
	11,10 nm	7,7 %	
Gráfico 3 (A 11) Maio 2017	157,80 nm	100%	135,7 nm
Gráfico 4 (A 5.2) Janeiro 2018	128,91 nm	91,0 %	81,79 nm
	16,66 nm	9,0 %	
Gráfico 5 (DoE 1) Janeiro 2018	64,90 nm	77,3 %	50,71 nm
	4,53 nm	9,9 %	
	1,06 nm	9,9 %	

Tabela – Resultados Médios dos Ensaios no Zeta Sizer.

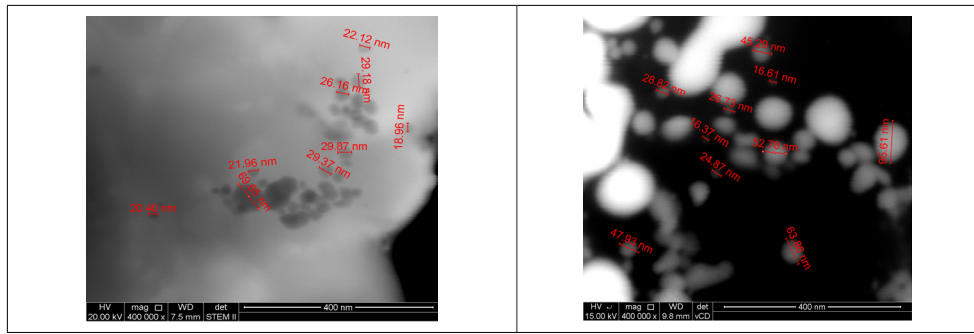


Figura 13 e 14 - Imagens da Microscopia Eletrônica proveniente das amostras 5 e 5.2 respectivamente.

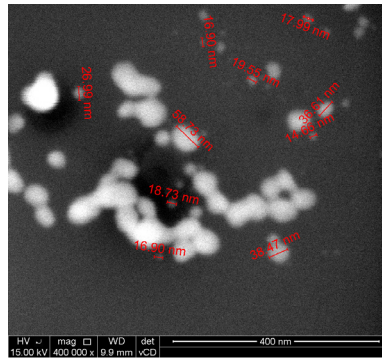


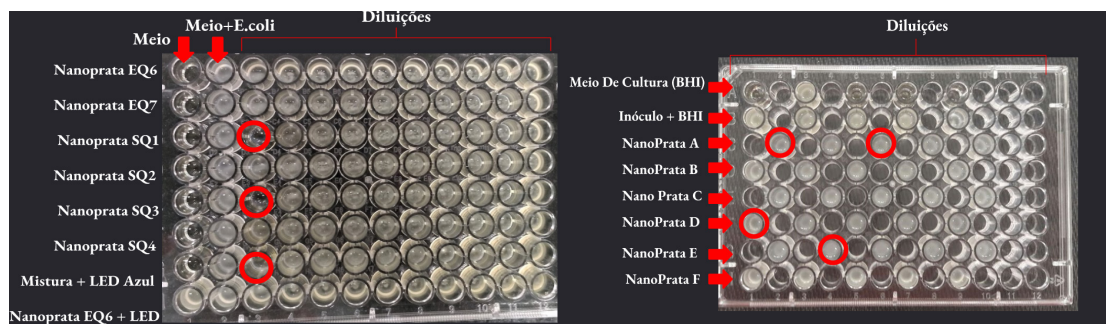
Figura 14 - Imagem de Microscopia Eletrônica proveniente da amostra 11.

Foram realizadas análises químicas das substâncias presentes nas soluções e, conforme esperado, sódio e prata foram os mais abundantes seguido de carbono, proveniente do filme utilizado na microscopia.

7 | ANÁLISE DO EFEITO BACTERICIDA E BACTERIOSTÁTICO DAS SOLUÇÕES DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA

Também foram realizados testes *in vitro* com as soluções de nanopartículas de prata sintetizadas tanto pela rota química quanto pela rota eletroquímica, e também com outros constituintes do creme. A seguir seguem fotos de alguns testes realizados.





A olho nu é possível observar a transparência das soluções e comparativamente, pode-se perceber a turbidez das soluções mostrando que as células bacterianas sofreram lise ao estarem em contato com a NanoPrata ou com outros constituintes do creme. Além disso, foram feitos ensaios com a irradiação de luz nas soluções. Também foram feitos ensaios de absorvância (Anexo 1) que comprovam o efeito bactericida dos mesmos. Os testes foram feitos no Laboratório de Biofotônica da Uninove pelo co-orientador deste trabalho, Rodrigo Labat.

É possível concluir, analisando a tabela de absorvância, que as soluções de nanopartículas de prata possuem efeitos bactericidas. Novos testes foram feitos com o intuito de comprovar a ativação por luz das soluções de nanopartículas de prata.

8 | DISCUSSÃO DOS RESULTADOS PARCIAIS

A síntese por via eletroquímica se mostrou eficiente e possível. Nos casos de sucesso, pode-se observar uma estabilidade grande. Um exemplo disso é a Amostra 5.2, em que foi analisada na época de síntese e nove meses depois. Pelos resultados do Zeta Sizer, é possível notar um pequeno crescimento médio das nanopartículas devido a pequenos choques e aglomerações entre os clusters em suspensão. Porém, para nove meses armazenada (sem a presença de luz e temperatura entre 15° C e 25° C), a solução se mostrou muito estável.

Quanto ao efeito bactericida, os testes *in vitro* comprovaram esse efeito, tendo uma melhor eficácia quando irradiados por luz visível de comprimentos de onda entre o azul e o vermelho.

Além disso, a confiabilidade das sínteses eletroquímicas são baixas, isto é, pequenas imprecisões de medidas e quantidade, além da esperada transformação dos eletrólitos afetam drasticamente o resultado final. Foi percebido que eletrodos novos e semi-novos promovem maior confiabilidade à síntese. A luz também foi um fator influente, as sínteses armazenadas sem proteção à luz permaneceram estáveis por menos tempo, o mesmo foi notado para as amostras cujas sínteses foram realizadas sob o efeito de luz branca.

9 | CRONOGRAMA/RECOMENDAÇÃO DE CONTINUIDADE DA PESQUISA

Como continuidade do projeto de pesquisa, recomenda-se seguir com os testes *in vitro* das soluções do creme, aliado, ou não, ao uso de luz Ultravioleta (e outros comprimentos de onda entre o vermelho e o azul), dando continuidade aos estudos da relação sinérgica das nanopartículas de prata e da luz em diferentes comprimentos de onda. Além de focar a atenção à síntese química das nanopartículas, que se mostrou mais estável, confiável e suas partículas mais uniformes.

Após as sínteses de amostras dos cremes, recomenda-se que sua liberação na corrente sanguínea e sua permeação cutânea na epiderme humana e canina sejam estudadas pelo equipamento denominado Célula de Franz. O objetivo é que as nanopartículas não sejam tão absorvidas pela pele e permaneçam em suas camadas mais superficiais, uma vez que pretende-se atingir feridas com o efeito bactericida.

Porém, caso ocorra pequenas absorções cutâneas ou ingestão (em animais), a literatura nos mostra que nanopartículas com diâmetros menores que 150 nm e hidrofóbicas são rapidamente eliminadas da corrente sanguínea por linfócitos. Além disso, por ser tratar da substância prata, os efeitos adversos de sua absorção seriam mínimos em mamíferos. Testes de Ensaio Cometa também são recomendados para avaliar o dano causado pelas nanopartículas de prata ao DNA das bactérias estudadas.

Por último, também são recomendados testes para definirmos a Janela Terapêutica do creme, isto é definirmos até que ponto as nanopartículas de prata possuem efeitos terapêuticos e não tóxicos às células humana e canina, definindo então uma espécie de IC-50 para as bactérias já citadas e seu Índice de Seletividade em relação às células humanas.

REFERÊNCIAS

KING, R. B. “*Encyclopedia of Inorganic Chemistry*”, ed. John Wiley and Sons Ltd, United States, 1994.

HNILICA, K. A; “*Dermatologia de Pequenos Animais*”, 3ª edição, ed. Elsevier Brasil, Brasil 2011.

TOMA, H. E., “*Nanotecnologia Molecular - Materiais e Dispositivos*”, Coleção de Química Conceitual, ed. Blucher, Brasil, 2016.

HUANG, A. A; MOORE G. E; SCOTT-MONCRIEFF J. C; “*Idiopathic Immune-Mediated Thrombocytopenia and Recent Vaccination in Dogs*”, Purdue University, Estados Unidos, 2011.

TNS - Antimicrobianos e Nanotecnologia para Indústria, artigo “*Prata: O Antimicrobiano usado há centenas de anos*”, Brasil, 2012

BURROWS, A; HOLMAN, J; PARSONS, A; PILLING, G; PRICE, G; “*Química³, Introdução à química inorgânica, orgânica e físico-química*”, ed. LTC, Brasil, 2012.

NELSON, D. L; COX, M. M; “*Princípios de Bioquímica de Lehninger*”, 6ª edição, ed. Artmed, Brasil, 2014.

LAROO, H; “*Colloidal Nano Silver - Its Production Method, Properties, Standards and its Bio-Efficacy as an Inorganic Antibiotic*”, Austrália, 2013.

KIM, K. J; Sung, W. S; Moon, S. K; Choi, J. S; Kim, J. G; Dong, G. L; “*Antifungal effect of silver nanoparticles on dermatophytes*”. J. Microbiol. Biotechnol, v.18, Kyungpook National University, Korea, 2008.

MORONES, J; ELECHIGUERRA, J; CAMACHO, A; HOLT, K; KOURI, J; RAMIREZ, J. T; YACAMAN, M. J; “*The bactericidal effect of silver nanoparticles*”. University of Texas, Estados Unidos, 2005.

DE SÁ, S. R; “*Inativação Fotodinâmica de Micro-Organismos Patogênicos Explorando Nanopartículas de Prata e Riboflavina*”. UFPE, Brasil, 2015.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aço 3, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 31, 37, 93

Aerogeradores 1, 3, 4, 6

Amazônia 8, 80

B

Baja 8, 21, 22, 23, 24, 25, 31, 32

Bauxita 8, 80, 81, 82, 83, 85

C

Chapas 8, 9, 10, 15, 17, 18, 19

Coco babaçu 9, 87, 89, 92, 93

Compósitos 8, 33, 34, 35, 38, 40, 42, 45, 48, 49, 50, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 71, 87, 88, 89, 92, 108, 109

Compósitos Poliméricos Híbridos 33

Concreto 9, 3, 87, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 99, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112

Critérios de falha 33, 35

E

energia 7, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 29, 67, 69, 88, 91

Energia 6, 7, 20, 71

ENERGIA 8, 1

Ensaio 8, 9, 11, 15, 19, 20, 21, 23, 24, 26, 27, 30, 31, 33, 35, 37, 42, 45, 72, 73, 74, 75, 77, 94, 96, 97, 98, 99, 102, 104, 109

Ensaio Mecânico 19, 21, 24

Eólica 8, 1, 2, 3, 4, 5, 7

F

Ferroelétricos 48, 49, 55, 59

Fibras 8, 9, 33, 34, 36, 37, 42, 43, 44, 45, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93

Fatura 33, 35, 38, 40, 41, 42, 43, 45

Furo Central 33, 36, 39, 40, 42, 45

G

Gaiola 21, 22, 23

K

katoita 8, 80, 81, 82, 83, 84, 85

P

Parques 8, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Propriedades 8, 9, 8, 9, 15, 19, 20, 21, 24, 25, 30, 31, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 44, 46, 48, 49, 51, 54, 56, 59, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 95, 96, 99, 102, 108, 110

PVDF 8, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61

R

Rejeitos 8, 80, 81, 82

Resistência 9, 6, 19, 24, 28, 33, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 48, 68, 72, 87, 88, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 106, 107, 108, 109, 110

Resistência Residual 33, 35, 38, 39, 44, 45

S

SAE 8, 9, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 31, 32

Soldagem 21, 23, 26, 28, 29, 31, 32, 113

V

Ventos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Z

ZTA 21, 24, 28, 29, 30

 **Atena**
Editora

2 0 2 0