

# A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias

**Marcia Regina Werner Schneider Abdala**  
(Organizadora)

 **Atena**  
Editora  
Ano 2019

Marcia Regina Werner Schneider Abdala  
(Organizadora)

# A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

A642 A aplicação do conhecimento científico nas engenharias [recurso eletrônico] / Organizadora Marcia Regina Werner Schneider Abdala. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-244-9

DOI 10.22533/at.ed.449190404

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovação. I. Abdala, Marcia Regina Werner Schneider. II. Série.

CDD 620.0072

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

O conhecimento científico é extremamente importante na vida do ser humano e da sociedade, pois possibilita entender como as coisas funcionam ao invés de apenas aceita-las passivamente. Mediante o conhecimento científico é possível provar muitas coisas, já que busca a veracidade através da comprovação.

Sendo produzido pela investigação científica através de seus procedimentos, surge da necessidade de encontrar soluções para problemas de ordem prática da vida diária e para fornecer explicações sistemáticas que possam ser testadas e criticadas através de provas. Por meio dessa investigação, obtêm-se enunciados, leis, teorias que explicam a ocorrência de fatos e fenômenos associados a um determinado problema, sendo possível assim encontrar soluções ou, até mesmo, construir novas leis e teorias.

Possibilitar o acesso ao conhecimento científico é de suma importância para a evolução da sociedade e do ser humano em si, pois através dele adquirem-se novos pontos de vista, conceitos, técnicas, procedimentos e ferramentas, proporcionando o avanço na construção do saber em uma área do conhecimento.

Na engenharia evidencia-se a relevância do conhecimento científico, pois o seu desenvolvimento está diretamente relacionado com o progresso e disseminação deste conhecimento.

Neste sentido, este E-book, composto por dois volumes, possibilita o acesso as mais recentes pesquisas desenvolvidas na área de Engenharia, demonstrando a importância do conhecimento científico para a transformação social e tecnológica da sociedade.

Boa leitura!

Marcia Regina Werner Schneider Abdala

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
DESENVOLVIMENTO DE ARCABOUÇOS DE PLGA E PLDLA COM POROS INTERCONECTADOS DIRECIONADOS PARA ENSAIOS DE CULTURA DE CÉLULAS ÓSSEAS	
Joelen Osmari Silva Anna Maria Gouvea Melero Juliana Almeida Domingues Adriana Motta de Menezes Moema de Alencar Hausen Daniel Komatsu Vagner Roberto Botaro Eliana Aparecida de Rezende Duek	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4491904041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>12</b>
ENSAIOS IN VITRO E IN VIVO DE <i>SCAFFOLDS</i> DE PLGA INCORPORADOS COM ÓLEO-RESINA DO GÊNERO COPAIFERA SSP. PARA REPARAÇÃO DE TECIDOS	
Ana Luiza Garcia Massaguer Millás João Vinícios Wirbitzki da Silveira Rodrigo Barbosa de Souza Maria Beatriz Puzzi Edison Bittencourt Ivan Hong Jun Koh	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4491904042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>26</b>
MEMBRANAS MICROFIBROSAS DE POLI (L-ÁCIDO LÁCTICO) (PLLA) PARA REPARO ÓSSEO	
Bárbara Etruri Ciocca	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4491904043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>32</b>
ESTUDO DO POTENCIAL MICROBIOLÓGICO DE NANOCRISTAIS HÍBRIDOS DE ZnO DOPADOS COM AgO	
Ellen Quirino de Sousa Lucas do Nascimento Tavares Caio César Dias Resende Lorraine Braga Ferreira Carlos José Soares Anielle Christine Almeida Silva Luís Ricardo Goulart Filho Letícia de Souza Castro Filice	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4491904044</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>42</b>
PROCESSAMENTO DE LIGAS Mg-Zn-Ca PARA USO EM IMPLANTES CIRÚRGICOS UTILIZANDO A TÉCNICA DE METALURGIA DO PÓ	
Jorge Alberto de Medeiros Carvalho José Adilson Castro Alexandre Antunes Ribeiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4491904045</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 54**

“VIABILIDADE DO USO DE CASCAS DE OVOS NA SÍNTESE DA HIDROXIAPATITA UTILIZANDO O MÉTODO SOL-GEL

Marilza Sampaio Aguilar  
José Brant de Campos  
Marcelo Vitor Ferreira Machado  
Francisco José Moura  
Suzana Bottega Peripolli  
Vitor Santos Ramos  
Adilson Claudio Quizunda  
Marla Karolyne dos Santos Horta

**DOI 10.22533/at.ed.4491904046**

**CAPÍTULO 7 ..... 63**

ESTUDO DA VELOCIDADE DE ADIÇÃO DOS REAGENTES NA SÍNTESE DE HIDROXIAPATITA PELO MÉTODO SOL-GEL UTILIZANDO CASCAS DE OVOS DE GALINHA COMO PRECURSORES

Marilza Sampaio Aguilar  
José Brant de Campos  
Marcelo Vitor Ferreira Machado  
Francisco José Moura  
Suzana Bottega Peripolli  
Vitor Santos Ramos  
Adilson Claudio Quizunda  
Marla Karolyne dos Santos Horta

**DOI 10.22533/at.ed.4491904047**

**CAPÍTULO 8 ..... 70**

MEDIDAS DE MICRODUREZA VICKERS EM HIDROXIAPATITA SINTETIZADA PELO MÉTODO SOL-GEL UTILIZANDO A CASCA DO OVO DE GALINHA COMO PRECURSOR

Marilza Sampaio Aguilar  
José Brant de Campos  
Marcelo Vitor Ferreira Machado  
Francisco José Moura  
Suzana Bottega Peripolli  
Vitor Santos Ramos  
Adilson Claudio Quizunda  
Marla Karolyne dos Santos Horta

**DOI 10.22533/at.ed.4491904048**

**CAPÍTULO 9 ..... 86**

ESTUDO TEÓRICO E EXPERIMENTAL DE CORROSÃO DE ARMADURAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS ÀS AÇÕES DE CLORETOS E DE CARBONATAÇÃO

Wanessa Souza de Lima  
Marcelo Lima Silva  
Fuad Carlos Zarzar Júnior  
Romilde Almeida de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.4491904049**

**CAPÍTULO 10 ..... 105**

ANÁLISE DA CORROSÃO DE BARRAS NO CONCRETO ARMADO E PREVISÃO DE VIDA ÚTIL POR MEIO DE MODELO COMPUTACIONAL

Wanessa Souza de Lima  
Romilde Almeida de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.44919040410**

<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>124</b>
ARGAMASSAS DE REJUNTE EXPOSTAS AOS CICLOS DE MOLHAGEM E SECAGEM	
Valéria Costa de Oliveira	
Emílio Gabriel Freire dos Santos	
Rafael Alves de Oliveira	
Júlia Silva Maia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.44919040411</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>136</b>
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO (CAD) QUANDO SUBMETIDO A TEMPERATURAS ELEVADAS	
Klayne Kattiley dos Santos Silva	
Amâncio da Cruz Filgueira Filho	
Emerson Fernandes da Silva Alves	
Fernando Artur Nogueira Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.44919040413</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>151</b>
COMPORTAMENTO DO CONCRETO EM RELAÇÃO AO ATAQUE QUÍMICO POR SULFATOS	
Amanda Gabriela Dias Maranhão	
Fuad Carlos Zarzar Júnior	
Romilde Almeida de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.44919040414</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>162</b>
DURABILIDADE DE ESTRUTURAS CIMENTÍCIAS SUBMETIDAS A ATAQUES DE ÍONS SULFATOS	
Artur Buarque Luna Silva	
Fuad Carlos Zarzar Júnior	
Romilde Almeida de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.44919040415</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>170</b>
SUGARCANE BAGASSE ASH INTO SILICON PRODUCTS	
Angel Fidel Vilche Pena	
Agda Eunice de Souza	
Silvio Rainho Teixeira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.44919040416</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>177</b>
ENSAIO NÃO DESTRUTIVO BASEADO NA INTERAÇÃO DE LINHAS DE CAMPO MAGNÉTICO PARA O ACOMPANHAMENTO DA PERDA DE MASSA EM MATERIAIS METÁLICOS	
David Domingos Soares da Silva	
Franklin Lacerda de Araújo Fonseca Júnior	
Alysson Domingos Silvestre	
<b>DOI 10.22533/at.ed.44919040417</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>183</b>
ANÁLISE TÉCNICA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ENERGIA SOLAR RESIDENCIAL OFF-GRID NA ZONA URBANA DE FORTALEZA-CE	
Francisco Jeandson Rodrigues da Silva	
Cauli Guray Melo Freitas	
Fellipe Souto Soares	
Douglas Aurélio Carvalho Costa	

Obed Leite Vieira

DOI 10.22533/at.ed.44919040418

**CAPÍTULO 18 ..... 197**

RECREIAÇÃO DO EXPERIMENTO DE HERTZ

Camila Alice Silva Santos

Cláudia Timóteo de Oliveira Rufino

Denikson Figueiredo de Vasconcelos

Ericveiber Lima Dias Clemente

Gustavo Henrique Mathias de Lima

DOI 10.22533/at.ed.44919040419

**CAPÍTULO 19 ..... 205**

UTILIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE SOLDAGEM PARA CONTROLE DO NÍVEL DE PLANICIDADE DE UM ITEM SOLDADO UTILIZADO EM UM EQUIPAMENTO AGRÍCOLA

Alex Sandro Fausto dos Santos

Eduardo Carlos Mota

DOI 10.22533/at.ed.44919040420

**SOBRE A ORGANIZADORA ..... 219**



## ESTUDO DO POTENCIAL MICROBIOLÓGICO DE NANOCRISTAIS HÍBRIDOS DE ZNO DOPADOS COM AGO

### **Ellen Quirino de Sousa**

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Medicina  
Uberlândia - MG

### **Lucas do Nascimento Tavares**

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Odontologia  
Uberlândia – MG

### **Caio César Dias Resende**

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Odontologia  
Uberlândia – MG

### **Lorraine Braga Ferreira**

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Odontologia  
Uberlândia - MG

### **Carlos José Soares**

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Odontologia  
Uberlândia – MG

### **Anielle Christine Almeida Silva**

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Física  
Uberlândia – MG

### **Luís Ricardo Goulart Filho**

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Genética e Bioquímica  
Uberlândia-MG

### **Letícia de Souza Castro Filice**

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Medicina  
Uberlândia – MG

**RESUMO:** A nanotecnologia oferece novas estratégias de prevenção e tratamento em odontologia. O tamanho e a cristalinidade das nanopartículas ZnO afetam a biocompatibilidade, genotoxicidade e potencial antimicrobiano dos biomateriais. Assim, foi investigado o efeito antibacteriano das nanopartículas ZnO dopadas com diferentes concentrações de AgO. Para isso, foi utilizado Difratômetro XRD-6000 para determinar a estrutura e tamanho médio do nanocristal. Em seguida, foi realizado um ensaio de inibição de crescimento bacteriano utilizando *Prevotella intermedia* (ATCC® 25611), cultivado em ágar Chocolate na presença de discos contendo diferentes nanopartículas (ZnO: 3Ag, ZnO: 5Ag, ZnO: 7Ag, ZnO: 9Ag, ZnO: 11Ag) durante três dias. A inibição do crescimento da bactéria foi medido pela formação de halos na cultura utilizando um paquímetro digital. Os resultados dos padrões XRD confirmam a formação de nanopartículas cristalinas (NPs). Os resultados indicam que a inibição do crescimento bacteriano é concentração de nanocristais de ZnO: Ag dependente e a melhor atividade de inibição foi encontrada com ZnO: 9Ag. Nessa concentração, as nanopartículas apresentaram resultados estatisticamente melhores de inibição do crescimento de *P. intermedia* quando comparadas às demais concentrações testadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nanobiotecnologia,

**ABSTRACT:** Nanotechnology provides new strategies for prevention and treatment of oral diseases, because the size and crystallinity of ZnO nanoparticles affect the biocompatibility, genotoxicity and antimicrobial potential. In this study, we investigated the antibacterial effect of Ag doped ZnO nanocrystals with different concentrations of AgO. X-ray diffractograms (XRD) was used to confirm Nanocrystals formation and to determine crystal structure and size. For testing the antimicrobial capacity was used the *Prevotella intermedia* (ATCC® 25611), cultivated in chocolate agar plate, and the inhibition halo formed by the nanocrystals concentration (ZnO: 3Ag, ZnO: 5Ag, ZnO: 7Ag, ZnO: 9Ag, ZnO: 11Ag), was measured after of 3 days in an anaerobiosis camera by three operators using digital caliper. The XRD patterns, showed narrow diffraction peaks, confirming the formation of crystalline nanoparticles. *The concentration of the biomaterial significantly influenced the inhibition halo. The concentration of ZnO: 9Ag showed higher inhibition halo.* Therefore, the Ag doped ZnO with AgO NCs showed satisfactory results. The nominal concentration of 9% of Ag showed the best result when compared to other concentrations regarding the inhibitory halos, demonstrating an important antimicrobial potential.

**KEYWORDS:** Nanobiotechnology, *Prevotella intermedia*, Nanocrystals ZnO: Ag

## 1 | INTRODUÇÃO

A nanotecnologia surge inaugurando um novo ciclo em que se tenta desvelar e apurar os materiais em escala nanométrica, região em que os materiais apresentam novas propriedades e comportamentos diferentes daqueles que geralmente apresentam em escala macroscópica (ROCO, 2004). Novos biomateriais incorporaram nanopartículas cristalinas na composição para melhorar sua atividade, sendo o desenvolvimento de nanomateriais biocompatíveis, biodegradáveis e funcionalizados uma área de investigação extremamente promissora (LOK et al., 2006).

A aplicação de NPs em odontologia pode ser direcionada tanto para odontologia preventiva quanto para a restauradora. A nanotecnologia fornece novas estratégias na prevenção e tratamento de infecções orais, cáries dentárias, e particularmente no controle e gerenciamento de placa dentária, biofilmes e remineralização de cáries dentárias iniciais (ROSENBLATT; STAMFORD; NIEDERMAN, 2009; SLENTERS, et al., 2008).

As nanopartículas de óxido de zinco (ZnO) mostraram-se promissoras como agente antimicrobiano. Pode ser associado com prata (Ag) e nanopartículas de óxido de prata (AgO NPs), que demonstraram poder e eficácia antibacterianos elevados em materiais dentários (CHEN et al., 2015; CHENG et al., 2015). Uma pequena quantidade de NPs Ag é suficiente para o composto ser fortemente antibacteriano, por suas propriedades antibacterianas, antifúngicas e antivirais além de não comprometer

a cor, a estética, a mecânica e as propriedades do composto (CHENG et al., 2015) No entanto, ainda não está claro se o ZnO associado com Ag e AgO NPs poderia melhorar o efeito antibacteriano dos materiais intra-canal e diminuir a atividade antimicrobiana. Um material obturador com boa capacidade de vedação contra a infiltração bacteriana é crucial para um tratamento endodôntico bem sucedido.

*Prevotella intermedia* é uma bactéria patogênica anaeróbica, gram-negativa, envolvida em infecções endodônticas e periodontais, incluindo gengivite e periodontite, e frequentemente encontrada na gengivite ulcerativa necrosante (BERRY et al., 1992). É comumente isolada de abscessos dentários, onde anaeróbios obrigatórios predominam. É resistente a vários antibióticos, particularmente b-lactâmicos, eritromicina, clindamicina, metronidazol e tetraciclina (ANDRES et al., 1998; CARRASCO et al., 1999), sendo um excelente modelo para testar novos agentes antimicrobianos.

Para avaliar a atividade antimicrobiana do biomaterial, é utilizado um procedimento padronizado para aferir a resistência aos antibióticos, o teste Kirby-Bauer. A metodologia de Kirby e Bauer é a mais difundida e utilizada na rotina de análises clínicas, devido a sua praticidade de execução, baixo custo e confiabilidade de seus resultados. Apesar da relativa simplicidade de execução, a técnica exige que as instruções sejam seguidas rigorosamente de forma que os resultados obtidos correspondam à realidade (HUDZICKI, 2009).

O objetivo do presente estudo foi investigar o efeito antibacteriano de ZnO NCs dopados com Ag e diferentes concentrações de AgO NCs sobre o crescimento de *Prevotella intermedia*. A hipótese nula era que as nanopartículas não apresentariam atividade antimicrobiana.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### Síntese das nanopartículas cristalinas

As NPs foram sintetizadas em temperatura ambiente pelo método de coprecipitação. As soluções aquosas de cloreto de zinco ( $ZnCl_2$ , 99,9%, 2M) e nitrato de prata ( $AgNO_3$ , 99%, com 3, 5, 7, 9 e 11% de Ag em relação a Zn). O pH durante a síntese foi ajustado a 11 com hidróxido de sódio aquoso (NaOH 98%). A fim de formar nanocristais (NCs) de ZnO ( $Ag_2O$ ), foi preparada solução aquosa de cloreto de zinco e nitrato de prata e o pH foi ajustado para 11, usando solução aquosa de NaOH. Os nanocristais foram purificados várias vezes por centrifugação a 6000 rpm / 1 min. Todos os reagentes foram adquiridos da Sigma-Aldrich.

### Caracterização das nanopartículas cristalinas

Os padrões de difractogramas de raios X (XRD) foram realizados à temperatura

ambiente com um difratômetro XRD-6000 (Shimadzu Corp., Tóquio, Japão), utilizando radiação de Cu-K<sub>α</sub> ( $\lambda = 1,54056\text{\AA}$ ) monocromática. As XRD foram utilizadas para confirmar a formação de NCs e determinar a estrutura e tamanho dos cristais. O tamanho médio dos NCs foi estimado com base na equação de Debye - Scherrer (GUINIER, 1964).

### Preparação de amostra

O teste de solubilidade realizado para determinar o melhor solvente para o biomaterial, baseou-se na tentativa de dissolver o nanomaterial em quatro solventes: água destilada, solução salina, Tween 20 e Tween 80.

Após o resultado inicial para a escolha do solvente, foram diluídos 0,02 mg de NCs em 1 ml de solução salina. Esta solução foi misturada durante 1 min num agitador tipo vórtex. Discos de papel filtro de 6 mm de diâmetro e peso de 80 g/m<sup>2</sup> foram imersos em solução com concentração específica de NCs (ZnO: 3Ag, ZnO: 5Ag, ZnO: 7Ag, ZnO: 9Ag, ZnO: 11Ag) e, posteriormente, dispostos em placa de Petri para secagem em ambiente hidratado, em estufa bacteriológica.

### Teste microbiológico

Esta metodologia foi utilizada para medir o halo de inibição que aparece na placa de ágar, devido à capacidade antimicrobiana. Todos os instrumentos foram autoclavados (Prismatec, Itu, Brasil) a 121 ° C a 15 psi por 15 minutos.

*Prevotella intermedia* (ATCC® 25611) foi selecionada e cultivada em placa de ágar Schaedler. Uma colônia foi coletada e cultivada por 3 dias em tubos contendo caldo de infusão de cérebro e coração (Biolife, Milão, Itália), suplementado com 0,1% de hemina e 0,1% de menadiona em câmara anaeróbica (Whitley DG250; Don Whitley Scientific, West Yorkshire, Inglaterra) a 37°C. A suspensão bacteriana padrão de 0,5 McFarland foi preparada e utilizada no teste, tendo sido cultivada homogeneamente em placa de Agar Chocolate estéril por swab. Quatro discos de papel foram colocados em cada quadrante da placa de Petri com auxílio de uma pinça estéril, para avaliar o halo de inibição do biomaterial em diferentes concentrações.

A medição do halo de inibição foi realizada por três revisores usando paquímetro digital (digital vernier paiper 150mm LEETOOLS-684132) após 3 dias (Figura 1). Para a análise estatística foi utilizado One Way Anova seguido por Tukey. Alpha = 0.05 (confidence level = 95%).

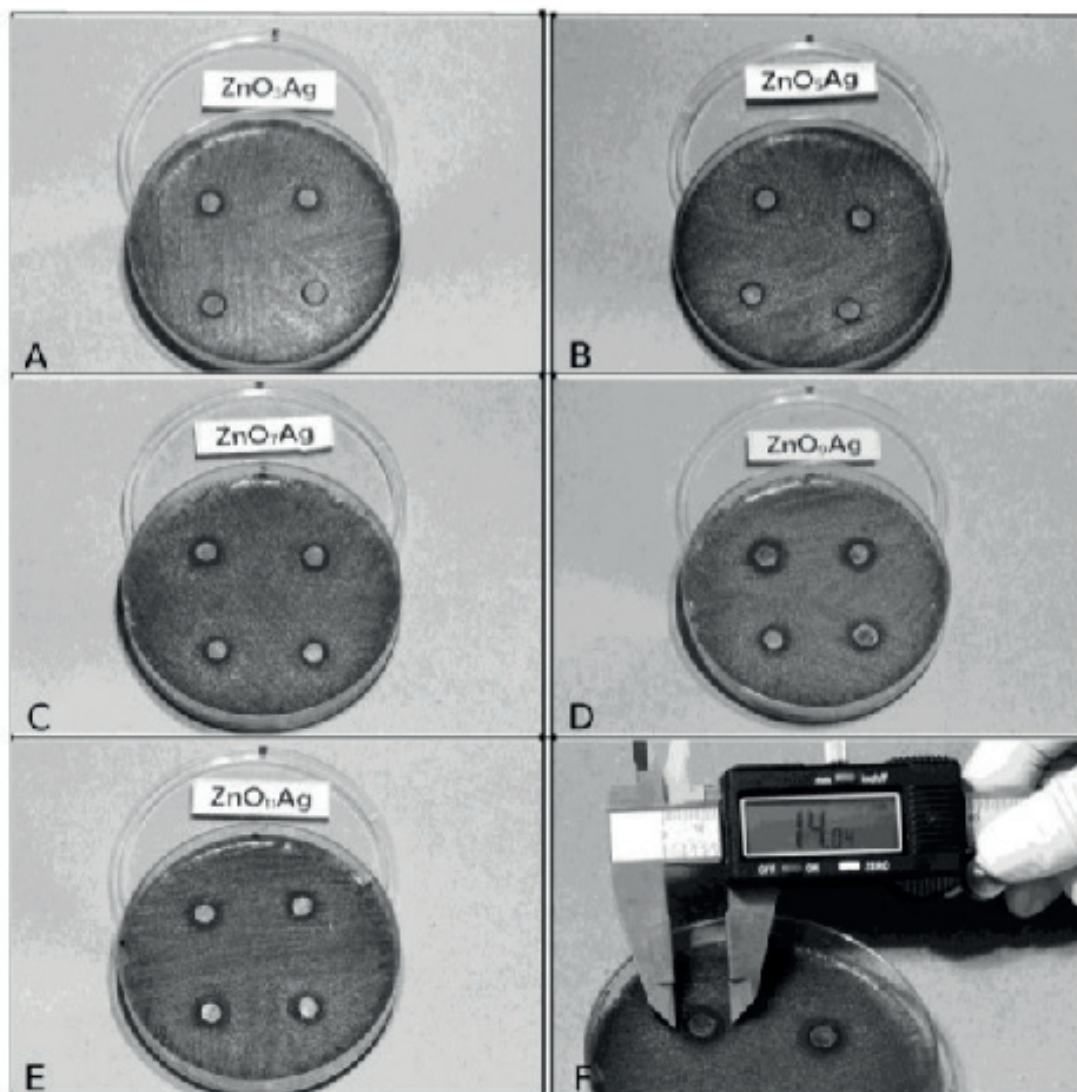


Figura 1 - O halo de inibição formado pelo nanomaterial com potencial antimicrobiano para cinco diferentes concentrações de ZnO:% Ag.

### 3 | RESULTADOS

Os resultados de XRD do sintetizado são exibidos na Figura 2. Os padrões de XRD estreitam os picos de difração, confirmando a formação de nanopartículas cristalinas ou NCs. A inserção mostrou os padrões de XRD de ZnO e óxido de prata, característicos da estrutura de quartzo de ZnO (JCPDS 36-1451) e estrutura cúbica de  $\text{Ag}_2\text{O}$  (JCPDS 76-1393), respectivamente. O tamanho médio dos NCs ZnO e  $\text{Ag}_2\text{O}$  foi estimado em 28 nm e 30 nm, respectivamente. Os difratogramas das amostras de ZnO, que demonstraram aumento das concentrações nominais de Ag, foram ampliados na região destacada ( $30,6^\circ$  a  $33,4^\circ$ ), a fim de facilitar a visualização das alterações nos padrões de XRD (Figura 2b).

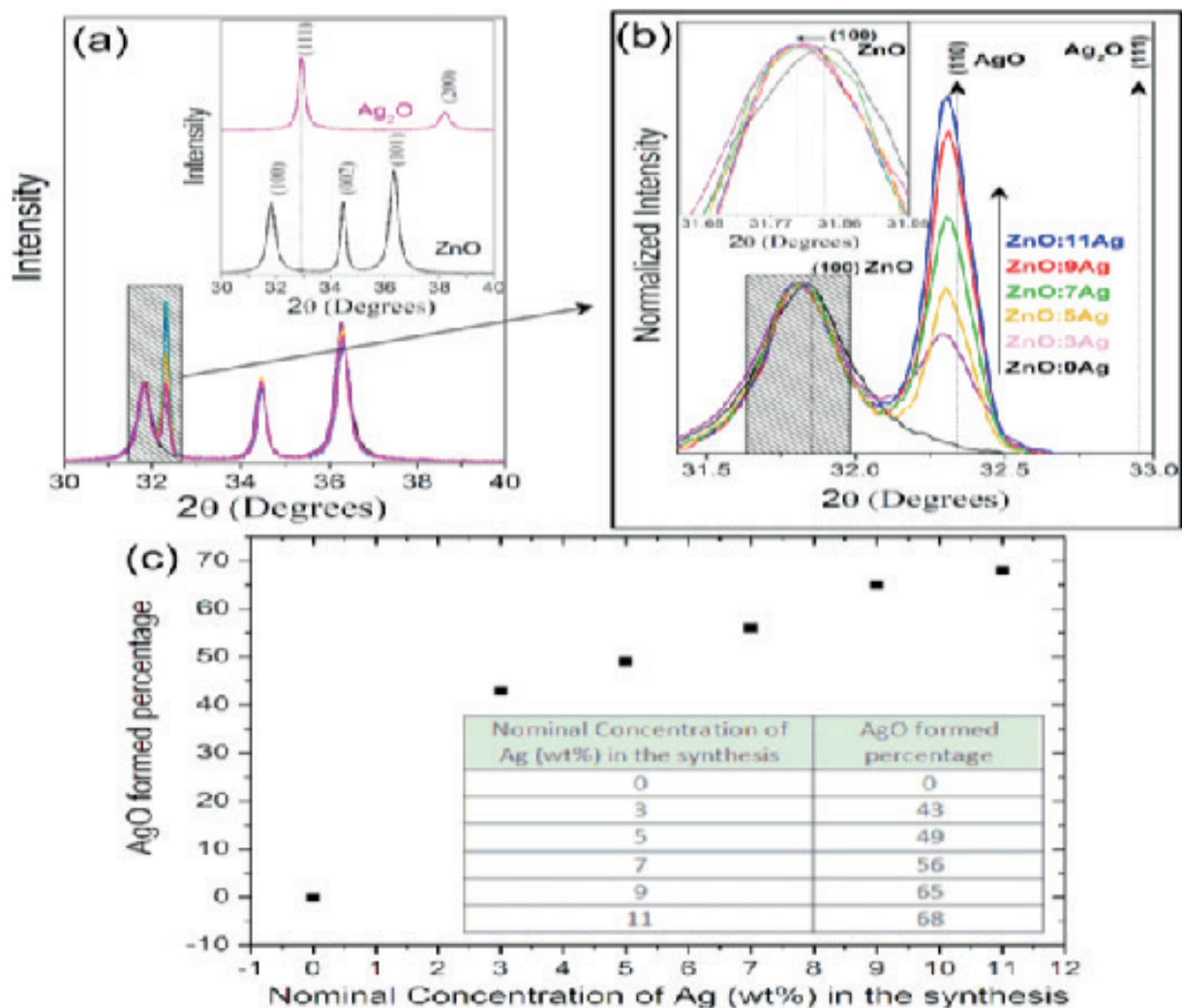


Figura 2. (a) Padrões de XRD das amostras sintetizadas no interior dos NCs ZnO e Ag<sub>2</sub>O. (B) Zoom da região destacada. (C) Porcentagem de AgO formada em função da concentração nominal de Ag (% em peso) na síntese.

O pico de difração do ZnO (100) deslocou-se para um ângulo menor com a concentração nominal de Ag, confirmando a incorporação de Ag<sub>2</sub> + nos sítios de Zn<sub>2</sub> + na rede ZnO. Além disso, foi observado um pico de difração em 32.22° característico de AgO (JCPDS 43-1038), intensificando a concentração nominal de Ag. Este resultado confirma a saturação da incorporação de Ag no cristal de ZnO e a formação de AgO NCs. A Figura 2 (c) mostra a porcentagem de AgO formada em função da concentração nominal de Ag (% em peso) na síntese. Observa-se que o aumento na concentração nominal de Ag favoreceu o aumento da formação de NCs AgO, caracterizando a geração do nanobiomaterial híbrido.

O teste de solubilidade demonstrou melhores resultados para solução salina e água destilada. 0,02 mg de NPs foi diluído em solução salina. A medida do halo de inibição demonstrou diferenças significativas de acordo com a concentração de biomaterial, sendo que a concentração de ZnO: 9Ag apresentou melhores resultados, demonstrando alto potencial antimicrobiano (Figura 3).

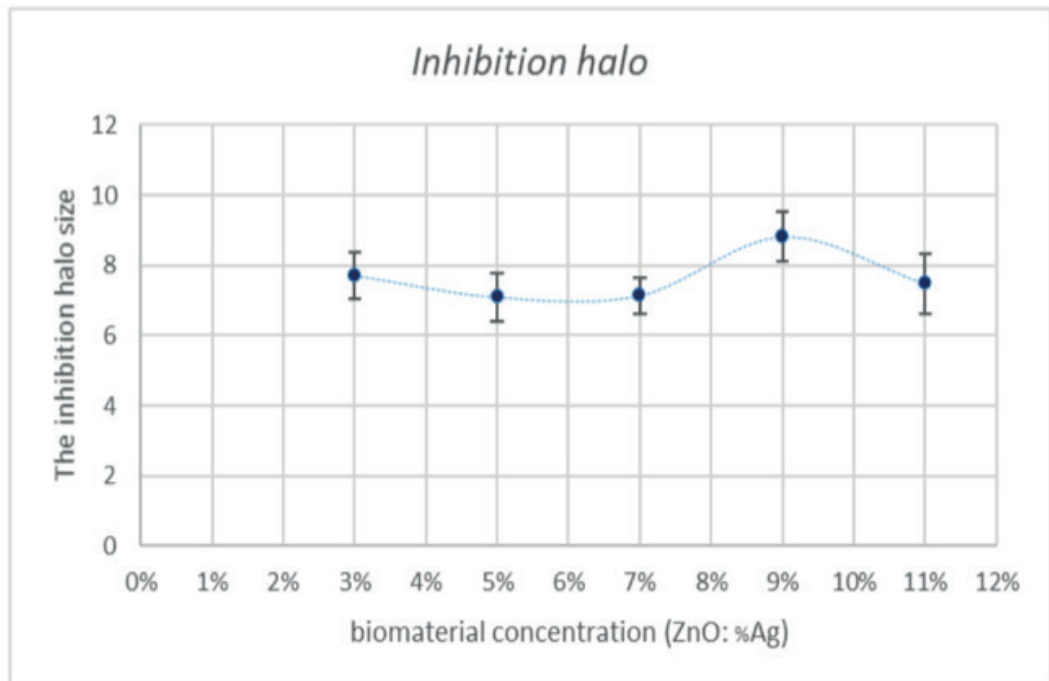


Figura 3. Potencial antimicrobiano demonstrado pelo tamanho do halo de inibição para cinco diferentes concentrações de ZnO:%Ag.

#### 4 | DISCUSSÃO

Desde as civilizações antigas, a prata tem sido amplamente aplicada no tratamento de doenças causadas por fungos, bactérias e vírus e desinfecção da água (AUFFAN et al., 2009). Atualmente observa-se grande variedade de aplicação NPs Ag, seja na forma de pó, incorporado a outros materiais ou em suspensão. Este nanomaterial foi aplicado como agente antimicrobiano e pode ser encontrado em aspiradores de pó, máquinas de lavar roupa, suprimentos médicos, filtros de ar, embalagens para armazenar alimentos, em meias e outros produtos têxteis. (TOLAYMAT et al., 2010).

Segundo os resultados de padrões de XRD, foi confirmado a formação das seguintes NPs no nanomaterial testado: i) ZnO, ii) Ag<sub>2</sub>O e iii) ZnO e AgO dopados com Ag em diferentes concentrações. Os nanocristais de ZnO e AgO dopados com Ag têm atividade antimicrobiana contra bactérias Gram-negativas, por criarem fissuras na parede celular da bactéria. Certamente, depois de aumentar a permeabilidade da membrana celular, isso causará a morte celular (GARCÍA-CONTRERAS et al., 2011.).

O desempenho de um novo nanobiomaterial híbrido ZnO dopado com NCs AgO e Ncs de Ag demonstrou eficácia para uso em medicação do canal radicular. Existem vários tipos de bactérias envolvidas nas infecções endodônticas, como *Prevotella intermedia*, sendo esta a bactéria utilizada para simular o ambiente de contaminação endodôntica (MONTAGNER et al., 2014; GOMES et al., 2005). Decidiu-se utilizar a menor quantidade possível de nanobiomateriais híbridos (0,02 mg) sem que isso influencie sua atividade antimicrobiana, pois os íons metálicos são liberados das ligas de fundição e causam danos às estruturas celulares vizinha, ocasionando à inflamação

local (GARCÍA-CONTRERAS et al., 2010). Nesta concentração, o biomaterial testado demonstrou resultados promissores em relação aos halos de inibição.

O Tween 80, Tween 20, água destilada e solução salina foram testados como solventes para preparar o biomaterial. Os melhores resultados foram observados quando utilizada água destilada e solução salina, provavelmente porque os Tween 80 e 20 não fornecem uma solução de homogeneidade do biomaterial, após a mistura mecânica por 1 minuto. Portanto, decidimos usar solução salina, haja vista que este solvente é o diluente mais utilizado pelos cirurgiões-dentistas na prática clínica.

Kishen *et al.*(2008) investigaram a eficiência de nanopartículas na desinfecção dos canais radiculares, realizando dois tipos de experimentos através do exame de propriedades físicas de dois tipos de biomateriais: nanopartículas puras e misturadas com cimento à base de óxido de zinco e eugenol. Na segunda etapa foi estudada em dentina a capacidade das nanopartículas para prevenir a adesão de *E. faecalis*. O estudo demonstrou que as nanopartículas não alteram o fluxo de cimento, mas aumentam, diretamente as propriedades antibacterianas, trazendo vantagens para a desinfecção de canais radiculares.

As nanopartículas de prata possuem atividade antimicrobiana por induzir o surgimento de orifícios na parede celular da bactéria. Nanoestruturas de diferentes tamanhos, formas e propriedades do material têm muitas aplicações em imagiologia médica, testes de diagnósticos clínicos e terapêuticos. A propriedade antibacteriana das nanopartículas também modula o perfil de fosfotirosina de peptídeos bacterianos, o que poderia afetar a transdução de sinal bacteriano e inibir o crescimento dos microorganismos (LARA et al., 2010; SONDI; SALOPEK, 2004; SHRIVASTAVA et al., 2009). Apesar disso, são necessários mais estudos para entender como essas células interagem com NPs em nível molecular (GARCÍA-CONTRERAS et al., 2011).

O estudo atual, relacionou a atividade antimicrobiana de NPs híbridas, compostas por ZnO e Ag, com o objetivo posterior de aprimorar futuramente a eficácia antibacteriana de materiais intracanal. A NPS de ZnO: 9Ag apresentou melhores resultados para o halo de inibição, quando comparada com as outras proporções testadas. O Teste de Kirby-Bauer confirmou ser um método útil para medir e comparar os níveis de atividade inibitória.

## 5 | CONCLUSÃO

O nanobiomaterial de NCs de ZnO dopado com AgO apresentou inibição bacteriana satisfatória. Já a proporção nominal de 9% de Ag (% em peso) exibiu maior halo de inibição bacteriana quando comparada à outras NPs. Portanto, as NPs híbridas apresentaram um bom potencial antimicrobiano.



## REFERÊNCIAS

- ANDRÉS, María T. *et al.* **Antimicrobial Susceptibilities of *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia*, and *Prevotella nigrescens* spp. Isolated in Spain.** Antimicrobial agents and chemotherapy, v. 42, n. 11, p. 3022-3023, 1998.
- AUFFAN, Mélanie *et al.* **Towards a definition of inorganic nanoparticles from an environmental, health and safety perspective.** Nature nanotechnology, v. 4, n. 10, p. 634, 2009.
- BERRY, Charles W. *et al.* **Antibacterial activity of dental implant metals.** Implant dentistry, v. 1, n. 1, p. 59-65, 1992.
- CARRASCO, E. *et al.* **In vitro Activity of Amoxicillin, Tetracyclines, Azithromycin, Ofloxacin and Metronidazole Against *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia* and *Fusobacterium nucleatum* strains.** Anaerobe, v. 5, n. 3-4, p. 443-445, 1999.
- CHEN, Yi *et al.* **Ag nanoparticles-decorated ZnO nanorod array on a mechanical flexible substrate with enhanced optical and antimicrobial properties.** Nanoscale research letters, v. 10, n. 1, p. 106, 2015.
- CHENG, Lei *et al.* **Nanotechnology strategies for antibacterial and remineralizing composites and adhesives to tackle dental caries.** Nanomedicine, v. 10, n. 4, p. 627-641, 2015.
- GARCIA-CONTRERAS, René *et al.* **Type of cell death induced by various metal cations in cultured human gingival fibroblasts.** in vivo, v. 24, n. 4, p. 513-517, 2010.
- GARCÍA-CONTRERAS, René *et al.* **Perspectives for the use of silver nanoparticles in dental practice.** International dental journal, v. 61, n. 6, p. 297-301, 2011.
- GOMES, B. P. F. A. *et al.* ***Porphyromonas gingivalis*, *Porphyromonas endodontalis*, *Prevotella intermedia* and *Prevotella nigrescens* in endodontic lesions detected by culture and by PCR.** Oral microbiology and immunology, v. 20, n. 4, p. 211-215, 2005.
- GUINIER, André *et al.* **X-ray diffraction in crystals, imperfect crystals, and amorphous bodies.** Physics Today, v. 17, 1964.
- HUDZICKI, Jan. **Kirby-Bauer disk diffusion susceptibility test protocol.** 2009.
- KISHEN, Anil *et al.* **An investigation on the antibacterial and antibiofilm efficacy of cationic nanoparticulates for root canal disinfection.** Journal of Endodontics, v. 34, n. 12, p. 1515-1520, 2008.
- LARA, Humberto H. *et al.* **PVP-coated silver nanoparticles block the transmission of cell-free and cell-associated HIV-1 in human cervical culture.** Journal of nanobiotechnology, v. 8, n. 1, p. 15, 2010.
- LOK, Chun-Nam *et al.* **Proteomic analysis of the mode of antibacterial action of silver nanoparticles.** Journal of proteome research, v. 5, n. 4, p. 916-924, 2006.
- MONTAGNER, Francisco *et al.* **Beta-lactamic resistance profiles in *Porphyromonas*, *Prevotella*, and *Parvimonas* species isolated from acute endodontic infections.** Journal of endodontics, v. 40, n. 3, p. 339-344, 2014.
- ROCO, Mihail C. **Nanoscale science and engineering: unifying and transforming tools.** AIChE Journal, v. 50, n. 5, p. 890-897, 2004.

ROSENBLATT, A.; STAMFORD, T. C. M.; NIEDERMAN, R. **Silver diamine fluoride: a caries “silver-fluoride bullet”**. Journal of dental research, v. 88, n. 2, p. 116-125, 2009.

SHRIVASTAVA, Siddhartha *et al.* **Characterization of antiplatelet properties of silver nanoparticles**. ACS nano, v. 3, n. 6, p. 1357-1364, 2009.

SLENTERS, Tünde Vig *et al.* **Silver coordination compounds as light-stable, nano-structured and anti-bacterial coatings for dental implant and restorative materials**. Journal of Materials Chemistry, v. 18, n. 44, p. 5359-5362, 2008.

SONDI, Ivan; SALOPEK-SONDI, Branka. **Silver nanoparticles as antimicrobial agent: a case study on E. coli as a model for Gram-negative bacteria**. Journal of colloid and interface science, v. 275, n. 1, p. 177-182, 2004.

TOLAYMAT, Thabet M. *et al.* **An evidence-based environmental perspective of manufactured silver nanoparticle in syntheses and applications: a systematic review and critical appraisal of peer-reviewed scientific papers**. Science of the Total Environment, v. 408, n. 5, p. 999-1006, 2010.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-244-9

