



Ernane Rosa Martins  
(ORGANIZADOR)

# Ciência, tecnologia e inovação:

Fatores de progresso e de desenvolvimento



Ernane Rosa Martins  
(ORGANIZADOR)

# Ciência, tecnologia e inovação:

Fatores de progresso e de desenvolvimento

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Natália Sandrini de Azevedo

Daphynny Pamplona

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**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-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

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

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

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

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

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Ernane Rosa Martins

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

C569 Ciência, tecnologia e inovação: fatores de progresso e de desenvolvimento 2 / Organizador Ernane Rosa Martins. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-599-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.997212110>

1. Ciência. 2. Tecnologia. 3. Inovação. I. Martins, Ernane Rosa (Organizador). II. Título.

CDD 601

**Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

A nossa sociedade está em constante evolução, visivelmente percebida no Brasil e no mundo, generalizada em todas as áreas do conhecimento. Esta obra pretende elucidar o panorama atual das organizações relacionando-as com a ciência, a tecnologia e a inovação, apresentando diversas análises sobre questões extremamente relevantes, por meio de seus capítulos.

Estes capítulos abordam aspectos importantes, tais como: os impactos causados pela implementação da BR-158 no cotidiano das comunidades indígenas no Estado do Mato Grosso; o quão a Profissão de Físico Médico é reconhecida ou desconhecida pela sociedade; os desafios enfrentados ao transformar o processo de Pré-Incubação para o formato virtual; a taxa de transferência padrão de oxigênio de um aerador comercial trifásico do tipo aspersão/chafariz 1,5 cv, através dos índices de SOTR (taxa padrão de transferência de oxigênio) e SAE (eficiência padrão do aerador); a análise da eficiência de websites de e-commerce a partir dos resultados de testes de usabilidade e dos dados que abrangem o desempenho dos mesmos na web; análise do Programa de Extensão “Reciclando o dia a dia - Promovendo a Cidadania”; quantificar os compostos Oxidativos e enzimáticos da Peroxidase - POD e Polifenoloxidase - PFO de 4 variedades de lúpulo (Chinook, Cascade, Columbus e EK Golding); análise dos motivos que levaram aos indeferimentos de depósitos de patentes em instituições de ensino, pesquisa e tecnologia no Brasil.

Nesse sentido, esta obra engloba uma coletânea de excelentes trabalhos de extrema relevância, por meio de experimentos e vivências de seus autores, socializando-os no meio acadêmico, proporcionando aos leitores a oportunidade de análises e discussões de textos científicos. Assim, desejamos a cada autor, nossos mais sinceros agradecimentos pela contribuição. E aos leitores, desejamos uma leitura proveitosa e repleta de excelentes reflexões.

Ernane Rosa Martins

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **A BR 158 E SEUS IMPACTOS NAS COMUNIDADES INDÍGENAS NO ESTADO DO MATO GROSSO**

Stefânia Poliana de Lima Alves  
Nayara Katiucia de Lima Domingues Dias  
Leandro Ribeiro Miwa  
Marcio Marino Navas  
Isaac de Matos Ponciano  
Rosenilda Maria Moraes Silva  
Aline dos Santos Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9972121101>

### **CAPÍTULO 2..... 15**

#### **A FÍSICA MÉDICA E A MECÂNICA QUÂNTICA NO ANONIMATO**

Anderson Ellwanger  
Renata Pivotto  
Beatriz Horst  
Jussane Rossato

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9972121102>

### **CAPÍTULO 3..... 27**

#### **ADAPTAÇÃO DA PRÉ-INCUBAÇÃO DO PRESENCIAL PARA O VIRTUAL: DESAFIOS E SUPERAÇÕES**

Léa Paula Vanessa Xavier Corrêa de Moraes  
Carlos Marcelo Faustino da Silva  
Joelias Silva Pinto Júnior  
Katarine Bertoncello da Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9972121103>

### **CAPÍTULO 4..... 32**

#### **ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE UM AERADOR COMERCIAL A DIFERENTES FREQUÊNCIAS**

João Gabriel Bordignon Gomes  
Cecília Silva de Castro  
Luciano Caetano de Oliveira  
Carlos Eduardo Zacarkim

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9972121104>

### **CAPÍTULO 5..... 46**

#### **ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE WEBSITES DE *E-COMMERCE***

Jean Michel Galindo da Silva  
Maria Irene da Fonseca e Sá

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9972121105>

**CAPÍTULO 6..... 59**

**ANÁLISE DO PROGRAMA DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA “RECICLANDO O DIA A DIA – PROMOVENDO A CIDADANIA” SOB A ÓTICA DA INOVAÇÃO SOCIAL**

Cláudio Gabriel Soares Araújo  
Zenilda Machado Garcia  
Kellem Paula Rohã Araujo  
Fátima Regina Zan  
Carmen Regina Dorneles Nogueira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9972121106>

**CAPÍTULO 7..... 73**

**ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE PLANTA DE RECICLADO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICIÓN EN LA REGIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA (ESPAÑA)**

Santiago Laserna Arcas  
Rosario Sánchez Gómez  
Jorge Cervera Gascó  
Carlos Gilarranz Casado  
Jesús Montero Martínez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9972121107>

**CAPÍTULO 8..... 90**

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ENZIMÁTICA DE ENZIMAS OXIDATIVAS EM PLANTAS DE LÚPULO (*Humulus lupulus* L.) CULTIVADO EM VIVEIRO**

Aline Luiza Naduck  
Pedro Henrique Ferreira Tomé  
Edson José Fragiorge  
Marcos Antônio Lopes  
Elaine Alves dos Santos  
Adriano Ferreira de Figueiredo  
Taciane Santana Borges de Figueiredo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9972121108>

**CAPÍTULO 9..... 102**

**AVALIAÇÃO DA TAXA DE DEPOSIÇÃO DE PRATA PELO PROCESSO DE *ION PLATING***

Felipe Ariel Furlan Canabarro  
Níkolos Andrei Furlan Canabarro  
Tatiane Pacheco Soares Zamboni  
Cesar Aguzzoli  
Célia de Fraga Malfatti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9972121109>

**CAPÍTULO 10..... 117**

**DETECTION LAND USE CONFLICTS THROUGH HIGH PASS FILTER IN SATELLITE IMAGES IN THE MUNICIPALITY OF MEDELLÍN, COLOMBIA**

Michael Javier Avendaño Calderón  
Edwin Santiago Mora Acuña

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.99721211010>

<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>132</b>
DOCKER Y KUBERNETES, DIFERENCIAS Y SIMILITUDES: USO Y APORTACIONES EN EL MANEJO DE BIG DATA	
José Ruiz Ayala	
Antonio de Santiago Barragán	
Luis Héctor García Muñoz	
Silvana Flores Barajas	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.99721211011">https://doi.org/10.22533/at.ed.99721211011</a>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>142</b>
ECONOMIC AND FINANCIAL FEASIBILITY OF THE MEXICO - TOLUCA PASSENGER TRAIN	
Luis Rocha Chiu	
Víctor Jiménez Argüelles	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.99721211012">https://doi.org/10.22533/at.ed.99721211012</a>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>156</b>
ESTUDO SOBRE INDEFERIMENTO DE PATENTES NO INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI)	
Clara Angélica dos Santos	
Maria dos Prazeres Costa Santos	
Danilo Batista dos Santos	
Robélius de Bortoli	
Antônio Martins de Oliveira Júnior	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.99721211013">https://doi.org/10.22533/at.ed.99721211013</a>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>169</b>
HUGO WOLF, APROXIMACIÓN A <i>KENNST DU DAS LAND?</i> DEL CICLO MIGNON-GOETHE	
Solanye Caignet Lima	
Samuel Caleb Chávez Acuña	
José Cruz Sánchez Rivas	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.99721211014">https://doi.org/10.22533/at.ed.99721211014</a>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>180</b>
IDOSOS NO MODO ON: UMA RELAÇÃO DE SUPERAÇÃO E DESAFIOS	
Michelle dos Santos Campos	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.99721211015">https://doi.org/10.22533/at.ed.99721211015</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>182</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>183</b>

## AVALIAÇÃO DA TAXA DE DEPOSIÇÃO DE PRATA PELO PROCESSO DE *ION PLATING*

Data de aceite: 01/10/2021

Data de submissão: 02/08/2021

### Felipe Ariel Furlan Canabarro

Universidade Federal do Rio Grande do Sul /  
Universidade de Caxias do Sul  
Bento Gonçalves – RS  
<http://lattes.cnpq.br/5608586243808449>

### Nikolas Andrei Furlan Canabarro

Instituto Federal do Rio Grande do Sul /  
Universidade de Caxias do Sul  
Bento Gonçalves – RS  
<http://lattes.cnpq.br/6990287471701865>

### Tatiane Pacheco Soares Zamboni

Universidade de Caxias do Sul  
Caxias do Sul – RS  
<http://lattes.cnpq.br/0000>

### Cesar Aguzzoli

Universidade de Caxias do Sul  
Caxias do Sul – RS  
<http://lattes.cnpq.br/8597180823669923>

### Célia de Fraga Malfatti

LAPEC/PPGE3M / Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul  
Porto Alegre – RS  
<http://lattes.cnpq.br/6651224672106734>

**RESUMO:** Pela extensa utilização de componentes biomédicos destinados a próteses, surge à necessidade de combater infecções provenientes do processo cirúrgico. Um dos artifícios é a utilização de materiais compatíveis

com o corpo humano que apresentam íons de prata implantados que auxiliam na assepsia de efeito oligodinâmico para prevenção de infecções. Dessa forma, a engenharia de superfícies adiciona uma propriedade as que já existiam anteriormente. Nos biomateriais, existem contaminantes que podem cobrir toda a superfície do substrato. Tais contaminantes são definidos como qualquer material no ambiente que interfira nas propriedades específicas do íon implantado, como é o caso de reações de oxidação. O contato com o oxigênio acaba prejudicando sua finalidade bactericida. O presente trabalho propõe depositar uma camada superficial de prata em substrato de silício por PVD através do equipamento de *ion plating*. Logo, espera-se que esta camada tenha adesão moderada e oxide primeiro, protegendo os átomos de prata implantados para continuar a atuar na prevenção de formação de biofilmes. O substrato utilizado foi *wafer* de silício monocristalino com orientação 100. A caracterização físico-química foi realizada pelas técnicas de RBS e GD-OES. Foi possível obter uma equação para taxa de deposição de prata para filmes extremamente finos, em escala nanométrica. Pela deposição através de um equipamento de *ion plating*, pode-se atingir boa reprodutibilidade indicando que o resultado obtido pode ser facilmente reproduzido em outros substratos.

**PALAVRAS - CHAVE:** Deposição; Filme fino; *Ion plating*; Biomateriais.

## EVALUATION OF SILVER DEPOSITION RATE BY ION PLATING PROCESS

**ABSTRACT:** By extensive use of components for biomedical prostheses, arises the need to avert infections from the surgical process. One artifice is the usage of human body matching materials along with implanted silver ions that help the asepsis of oligodynamic effect for infections prevention, thus the surface engineering adds a new property to the existing ones. The biomaterials, there are contaminants that can cover the entire surface of the substrate. Such contaminants are defined as any material in the environment in which interfere with the specific properties of the implanted ion, as the oxidation reactions. The contact with oxygen harms their bactericidal purpose. The present paper suggests depositing a silver thin layer on the surface of silicon substrate by PVD process with an ion plating equipment. Therefore, it is expected a moderate layer adhesion and prior oxidation, protecting the implanted silver atoms to continue performing the prevention of biofilm formation. The substrate was a monocrystalline silicon wafer with orientation of 100. The physicochemical characterization was carried by RBS and GD-OES techniques. It was possible to obtain an equation to the rate of silver deposition for extremely thin films at nanoscale. Deposition through ion plating equipment may achieve good reproducibility, indicating that the result obtained can be easily reproduced on other substrates.

**KEYWORDS:** Deposition; Thin film; Ion plating; Biomaterials.

## 1 | INTRODUÇÃO

Atualmente a engenharia de superfícies aplicada aos biomateriais é amplamente visada pelas maiores empresas do ramo médico voltadas para a fabricação de próteses e componentes ortopédicos que constituem partes de implantes e dispositivos extracorpóreos. Os trabalhos de engenharia de superfícies são motivados pela combinação benéfica de características específicas de cada material, pelo aumento de qualidade de vida do paciente e principalmente por diminuir consideravelmente as infecções hospitalares que são consideradas as mais custosas e complicadas de tratar. <sup>(1,2)</sup>

Essa combinação de características pode ser obtida através da implantação iônica, mais precisamente de íons de prata no substrato selecionado, auxiliando na assepsia de efeito oligodinâmico para prevenção de infecções. Dessa forma a engenharia de superfícies adiciona uma nova propriedade as que já existiam anteriormente. <sup>(1,2,3)</sup>

Sabe-se que o efeito dos íons de prata é aplicável para fins bactericidas, no entanto, o mecanismo exato de ação ainda é controverso, sendo regido por dados empíricos e teorias ainda não consolidadas. Essa atividade inibitória depende diretamente da concentração de íons de prata encontrada no material base, que deve ser controlada, pois a saturação do mesmo pode causar toxicidade à saúde humana. <sup>(4,5)</sup>

A partir de tais fatores, a implantação iônica realizada a partir de um equipamento de *ion plating* a baixas energias vem sendo motivo de estudo pelo seu potencial de produção em larga escala industrial e confiabilidade. A remoção de contaminantes, qualquer material no ambiente que interfira nas propriedades específicas do íon implantado, que podem cobrir

toda a superfície do substrato é um desafio. Além disso, a camada implantada de íons de prata pode sofrer oxidação ao entrar em contato direto com o oxigênio atmosférico tanto no interior do equipamento como na sua utilização em forma de produto final, prejudicando assim sua finalidade bactericida. <sup>(6,7,8)</sup>

Existem diversas descrições teóricas sobre a taxa de oxidação, sendo que estas dependem da combinação entre dados empíricos e considerações, o mesmo se aplica ao sistema gás/metálico. Em uma superfície de prata com formação de AgO exposta ao oxigênio atmosférico, espera-se encontrar uma média de espessura na faixa de 10 a 20 Å. <sup>(9)</sup> Em temperatura ambiente, espera-se um comportamento de crescimento parabólico do óxido de prata em função do tempo, formando AgO. Acima de 100 °C existe uma variação no tipo de óxido formado, sendo este o Ag<sub>2</sub>O. Essa camada criada apresenta severo índice de descamação, pois com o espessamento, gera uma tensão de compressão superior a sua resistência mecânica levando a fraturas e apresentando espessura média de 5 µm. No entanto, mesmo havendo remoção parcial da área mais externa, geralmente há uma segunda camada fortemente aderida. <sup>(9)</sup> Metais resistentes à corrosão seguem a lei assintótica que prevê oxidação rápida em praticamente qualquer temperatura abaixo do ponto de fusão do material. Com o aumento da espessura da camada ou variações cíclicas de temperatura, as propriedades de adesão são prejudicadas, assim como a incidência de fraturas superficiais é acrescida. <sup>(10)</sup>

Existem diversos métodos para deposição de filmes finos com finalidade de proteção superficial, sendo que cada processo apresenta vantagens, desvantagens e aplicações recomendadas. <sup>(7)</sup> Os métodos mais visados na deposição física de vapor de filmes finos são a evaporação e a pulverização catódica denominada *sputtering*, com mecanismo de deposição baseado na transferência controlada de átomos de uma fonte emissora para a amostra a ser revestida onde será dada a nucleação e formação da película do filme. <sup>(11)</sup>

A adesão é fundamental para o desenvolvimento dos principais sistemas de deposição correlacionados entre filme e substrato. Na deposição física de vapor, essa adesão deve ser adequada, pois impacta diretamente na característica específica do filme e sua vida útil. Para obter êxito no processo é necessário que haja uma força de coesão intermolecular na interface do material na qual esteja mecanicamente livre de falhas. <sup>(7)</sup> Na maioria dos casos, uma boa adesão dá-se, sobretudo às ligações químicas estáveis entre os componentes na área interfacial. <sup>(6)</sup>

Uma vez que a implantação iônica e deposição de filmes finos podem ser realizados no mesmo equipamento de *ion plating*, o presente trabalho levanta a hipótese de que depositando uma camada superficial de prata no material estudado, espera-se que esta camada oxide primeiro provendo uma maior vida útil ao biomaterial. A partir de dados empíricos, o estudo visa a futura proteção de íons de prata implantados. No entanto o foco é dado essencialmente para a obtenção da taxa de deposição do filme. A adesão deve ser moderada de fácil remoção a ponto que não altere as propriedades do biomaterial e ainda

haja a reação de oxidação do filme depositado, continuando a perpetuar suas propriedades bactericidas minimizando possíveis intervenções e/ou manutenções futuras que agregam custos adicionais.

Através da literatura, estimasse que a taxa de deposição média típica obtida pelo processo de PVD para filmes finos em um substrato varia entre 10 e 100 nanômetros por segundo. <sup>(12)</sup> Com o progresso do tempo, a espessura da película aumenta e as propriedades deste podem sofrer variações ao longo do filme que são provenientes da interação com características específicas do substrato. <sup>(7)</sup>

Segundo Mattox <sup>(7)</sup> o crescimento do filme ocorre pela condensação dos átomos na superfície do substrato. Suas propriedades derivadas de qualquer método PVD dependem, além de sua reprodutibilidade, de fatores importantes que afetam o crescimento do filme e suas propriedades: a) morfologia da superfície do substrato; b) detalhes do processo de deposição como sistema geométrico do ângulo de incidência; c) características do crescimento do filme no substrato como nucleação e interface de formação; e) reações pós deposição em relação ao ambiente; f) deformações térmicas e mecânicas; g) contaminação de processo e h) homogeneidade da deposição.

A resultante de um filme pode variar de um cristal unitário para amorfo, completamente denso ou não tão denso, puro ou impuro, fino ou espesso. <sup>(7)</sup> No caso do filme fino, o processo é iniciado pelos chamados *clusters* ou aglomerados nucleados na superfície do substrato. Os *clusters* crescem em ilhas que coalescem para a formação de um filme contínuo. <sup>(13)</sup> Geralmente os filmes são formados por grãos monocristalinos dispostos em diversas direções cristalográficas. <sup>(14)</sup> A nucleação e crescimento de sólidos cristalinos através do vapor é um processo que pode ser dado através da cinética de formação de uma partícula inicial de uma fase sólida com o aglomerado de átomos em fase gasosa, seguido da interação com átomos de vapor com a película em crescimento. <sup>(15)</sup>

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O material selecionado para atuar como substrato no presente trabalho foi um *wafer* de silício em forma de lâminas com espessura nominal de 0,4 mm indicado para uso na microeletrônica. Apresenta orientação monocristalina, (100), com uma das faces polida. A prata utilizada na deposição foi da empresa *Kurt J. Lesker Company*, situada nos Estados Unidos. Sua pureza é 99,99%, disposta em forma de pequenos *pellets*.

### 2.1 Preparação das Amostras

Inicialmente o substrato de silício foi clivado em forma quadrangular com dimensões de aproximadamente 20 mm x 20 mm x 0,4 mm sendo dispostas em 03 grupos com 05 amostras cada, totalizando 15 corpos de prova, objetivando testes com diferentes formas de operação. A limpeza superficial foi conduzida por imersão em solução ácida de HF 10%

durante 10 minutos e posteriormente limpa com solução de acetona P.A. em ultrassom por mais 30 minutos. A prata utilizada no experimento não necessitou de tratamentos prévios, pois depende somente de sua alta pureza.

Por conseguinte, foi fixado o silício no porta amostra do *ion plating* com espaço físico para as primeiras 05 amostras. A prata em *pellets* foi colocada no cadinho do equipamento. Logo, sucedeu a deposição do filme fino.

## 2.2 Ion Plating

O dispositivo de *ion plating* disponível para a deposição do filme fino foi construído e adaptado pelo Laboratório de Engenharia de Superfícies e Tratamento Térmico (LESTT) da Universidade de Caxias do Sul, com finalidade de pesquisa em implantação iônica. A câmara foi construída em aço inoxidável AISI 304 e consiste em um cilindro de diâmetro 600 mm e altura de 900 mm, vedado e operando em vácuo conforme ilustra Figura 1.



**Figura 1.** Equipamento de *ion plating* e sistema de controle do LESTT

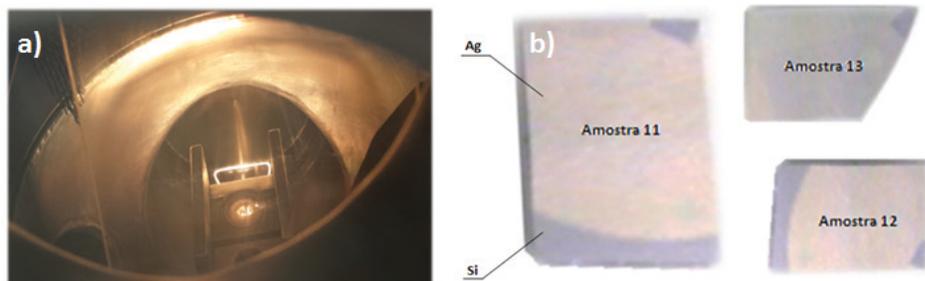
As amostras foram inseridas na parte superior do equipamento e após o tempo necessário para atingir a estabilização da pressão, foram depositados os filmes. Os parâmetros descritos na Tabela 1 foram os utilizados para a deposição dos filmes de prata. A pressão de base foi  $4 \times 10^{-7}$  mbar.

Amostra	Corrente de Filamento (A)	Tempo (min)	Corrente de Emissão (mA)	Corrente na Bobina (A)	Tensão (kV)	Pressão de Trabalho (mbar)
01	14,50	20	10,00	1,60	6,0	$3,2 \times 10^{-6}$
02		15				$1,8 \times 10^{-6}$
03		10				$1,8 \times 10^{-6}$
04		05				$1,6 \times 10^{-6}$
05		02				$1,6 \times 10^{-6}$
06	15,00	20	17,00	2,00	6,0	$1,1 \times 10^{-6}$
07		15				$1,0 \times 10^{-6}$
08		10				$9,5 \times 10^{-7}$
09		05				$9,0 \times 10^{-7}$
10		02				$8,9 \times 10^{-7}$
11	16,00	20	50,00	2,00	6,0	$8,9 \times 10^{-7}$
12		15				$8,9 \times 10^{-7}$
13		10				$8,9 \times 10^{-7}$
14		05				$8,9 \times 10^{-7}$
15		02				$8,9 \times 10^{-7}$

**Tabela 1.** Parâmetros de processo

A Figura 2-a ilustra a sublimação da prata pelo efeito termoiônico propiciado pelo canhão de elétrons. Para ocorrer esse efeito térmico, existe um filamento de tungstênio acoplado a uma bobina defletora na parte inferior do equipamento de *ion plating* por onde passa alta corrente. A corrente fornecida incide no aumento da energia cinética dos elétrons livres que são atraídos pelos íons positivos da rede cristalina do material metálico e formam uma nuvem eletrônica. Quando sua energia for suficiente para superar o potencial da superfície do material então ocorre a emissão dos elétrons no canhão colidindo com a prata provocando sua evaporação.

Visualmente houve constatação da deposição aparente da prata somente nas amostras que estiveram submetidas a corrente de filamento de 16 A, conforme apresentado pela Figura 2-b. Essa visualização é possível pelo fato do filme de prata apresentar coloração distinta em comparação com o silício. Todavia, deve se levar em conta que a não constatação visual dessa deposição nas amostras não exclui o fato da mesma não existir, possivelmente sendo esta dada em escala menor.



**Figura 2.** a) Incidência do canhão de elétrons nos *pellets* de prata b) Amostras com visualização aparente de deposição de prata.

### 2.3 Rutherford Backscattering Spectrometry (RBS)

A análise da taxa de deposição do filme juntamente com sua espessura foram caracterizados por RBS, realizado no Laboratório de Implantação Iônica do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em Porto Alegre. O equipamento utilizado foi um acelerador de íons do tipo *tandem* de 3 MeV, utilizando íons de He<sup>+</sup> com energia de 2 MeV e ângulo de retroespalhamento de 165°.

Inicialmente os corpos de prova foram alocados em um porta amostra, tendo seu espaçamento medido para que houvesse a incidência dos íons de He<sup>+</sup> acelerados dentro de sua área útil. Na sequência as amostras foram inseridas no equipamento juntamente com um padrão de bismuto implantado em silício com densidade areal de  $1,49 \times 10^{16}$  átomos. cm<sup>-2</sup>.

### 2.4 Glow Discharge-Optical Emission Spectroscopy (GD-OES)

A análise das amostras por GD-OES procedeu-se no Laboratório de Caracterização de Superfícies em Nanoescala da Universidade de Caxias do Sul a partir de um equipamento denominado GD-Profilers 2 da empresa Horiba Scientific.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

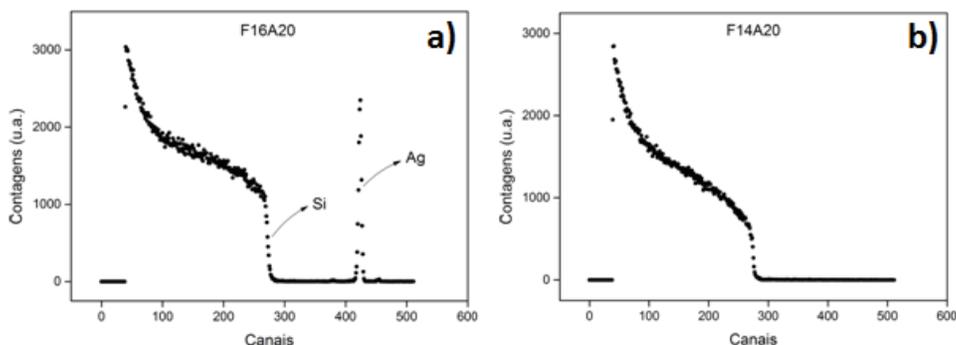
### 3.1 Caracterização por RBS

Na caracterização por RBS foi possível determinar os elementos contidos no conjunto de amostras. A Figura 3-a apresenta a relação de contagens por canais em unidades arbitrárias da amostra 11, evidenciando a formação do filme fino a partir da corrente de emissão de 16 A com tempo de processo de 20 min.

O canal referenciado em aproximadamente 425 é o que determina o elemento de prata contido no substrato original de silício. Como não houve picos excedentes com quantidades significativamente relevantes, pode-se inferir que não há contaminantes nas amostras, como oxigênio.

Para obtenção da concentração quantitativa da deposição de prata em  $\text{átomos}\cdot\text{cm}^{-2}$  e posteriormente projeção de sua espessura de camada, é necessário a obtenção da área gráfica resultante da análise RBS. O cálculo integral de área foi obtido com o auxílio do software OriginPro 9.0 da OriginLab Corporation. Para essa projeção integral foi escolhido uma faixa de 30 canais, por onde se julgou pertinente devido à constatação visual gráfica, tendo início no canal 410 até o canal 440 para todas as amostras.

O mesmo processo foi realizado para as outras amostras, iniciando nas que foram depositadas prata com maior corrente de filamento e decrescendo, porém as contidas no intervalo numerado entre 02 a 05 não houve necessidade da aplicação da análise, pois foi constatado, durante a caracterização, que o substrato com corrente de filamento de 14,5 A com tempo máximo de 20 minutos aplicado não apresentou leitura significativa de prata conforme denota a Figura 3-b. Uma hipótese é de que a faixa de sensibilidade do equipamento RBS foi excedida, assim os testes para as amostras 02, 03, 04 e 05 foram encerrados antecipadamente, pois não apresentaram deposição aparente.



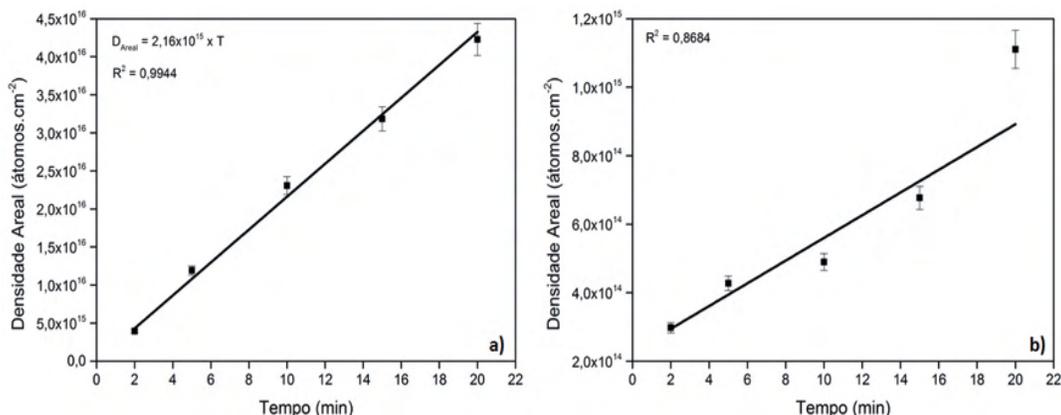
**Figura 3.** a) Espectro RBS da amostra 11 b) Espectro RBS da amostra 01

A partir dos dados obtidos pelo RBS juntamente com o conhecimento da quantidade de átomos por centímetro quadrado do padrão de bismuto, pode-se aplicar a Equação 1, que relaciona a área do elemento, o número de íons incidentes  $N$  e o número atômico  $Z$ , deste modo estimar a quantidade de átomos de elemento  $A$  por centímetro quadrado,  $Q_A$ , do filme. A quantidade de átomos estimada para as cinco amostras com corrente de filamento de 16 A e para mais cinco com corrente de filamento de 15 A, são respectivamente apresentadas na Figura 4. Tais gráficos foram plotados com uma margem de erro de cinco pontos percentuais.

$$Q_A = Q_{Bi} \cdot \frac{A_A}{N_A} \cdot \frac{N_{Bi}}{A_{Bi}} \cdot \frac{Z_{Bi}^2}{Z_A^2} \quad (1)$$

Tendo em vista o coeficiente de determinação  $R^2 = 0,9944$  e os gráficos apresentados, pode-se aplicar a técnica da regressão linear para determinar a Equação 2 que é traduzida em uma densidade média pontual de átomos por centímetro quadrado da amostra, denominada densidade areal,  $D_{Areal}$ . Quando relacionada com o tempo  $T$  é possível estimar a quantidade de átomos depositados no substrato em qualquer instante de tempo para o processo.

$$D_{Areal} = 2,16 \times 10^{15} \times T \quad (2)$$



**Figura 4.** a) Densidade areal de átomos de prata por tempo de deposição para 16 A b) Densidade areal de átomos de prata por tempo de deposição para 15 A

Na determinação da espessura do filme fino é necessário fazer uma relação entre a quantidade de átomos por centímetro cúbico com a quantidade de átomos por centímetro quadrado que podem ser descritos pelas Equações 3 e 4, onde  $N_A$  constante de Avogadro,  $MM$  massa molecular,  $\rho$  densidade,  $Q_A$  quantidade de átomos.cm<sup>-2</sup> e  $Q^0$  quantidade de átomos.cm<sup>-3</sup>. Os dados e resultados dos cálculos estão contidos na Tabela 2.

$$Q^0 = \frac{N_A}{MM} \cdot \rho \quad (3)$$

$$\text{Espessura} = \frac{Q_A}{Q^0} \quad (4)$$

Amostra	Corrente (A) e Tempo (min)	Carga ( $\times 10^3$ )	Área (u.a.)	Qa (átomos/cm <sup>2</sup> )	Q° (átomos/cm <sup>3</sup> )	Espessura (nm)
Padrão Bi	-	55	4115,00	1,490E+16	5,8564E+22	-
11	16 A / 20 min	200	13615,80	4,228E+16		7,2197
12	16 A / 15 min	200	10253,14	3,184E+16		5,4367
13	16 A / 10 min	200	7432,55	2,308E+16		3,9411
14	16 A / 05 min	200	3839,59	1,192E+16		2,0359
15	16 A / 02 min	200	1273,66	3,955E+15		0,6754
06	15 A / 20 min	250	446,66	1,110E+15		0,1895
07	15 A / 15 min	252	274,65	6,769E+14		0,1156
08	15 A / 10 min	300	236,58	4,898E+14		0,0836
09	15 A / 05 min	300	206,56	4,276E+14		0,0730
10	15 A / 02 min	451	216,68	2,984E+14		0,0510
01	14,5 A / 20 min	200	18,51	5,748E+13		0,0098

Tabela 2. Dados e cálculo de espessura de camada

A partir da análise dos dados, pode-se constatar que o tempo de processo influencia diretamente na quantidade de átomos de prata depositados no substrato de silício, porém o fator determinante é a corrente de emissão. Quanto maior a corrente aplicada durante a deposição no equipamento de *ion plating* maior será a espessura da camada superficial formada conforme ilustra a Figura 5. Nesses termos é preferível reduzir o tempo de processo consideravelmente aplicando maior corrente no filamento ao processo como é o caso da comparação entre as amostras 06 e 15.

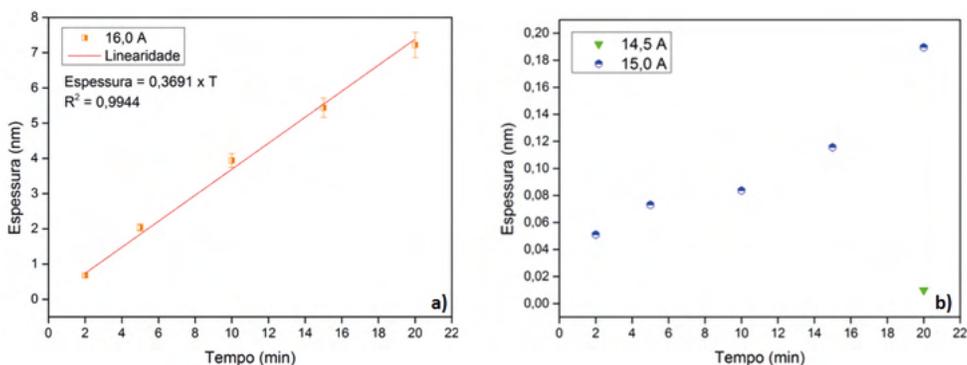


Figura 5. a) Espessura do filme por tempo de processo em 16 A b) Espessura do filme por tempo de processo em 14,5 e 15 A

Através da técnica de regressão linear, pode-se determinar a Equação 5 que relaciona o tempo de deposição com a espessura do filme depositado. O mais indicado

para a realização do procedimento é utilizando os elementos ilustrados na Figura 5 que englobam as amostras numeradas de 11 à 15, pois o conjunto apresentou a melhor linearidade, proporcionando o coeficiente de determinação  $R^2 = 0,9944$ . O incremento da espessura com característica linear é dado pela relação com a energia aplicada durante o procedimento que favorece a nucleação contínua do filme.

$$\text{Espessura} = 0,3691 \times T \quad (5)$$

### 3.2 Estimativa da Espessura Ótima

Através de dados empíricos existentes na literatura, espera-se encontrar uma espessura média de 1 a 2 nm em uma camada de prata oxidada naturalmente e caracterizada pela formação superficial de AgO. <sup>(9)</sup> Nesses termos as amostras 11, 12, 13 e 14 com deposição superior ao esperado de 2 nm, já estariam aptas a suportar a oxidação sem total remoção da camada aderida ao substrato de silício.

Utilizando a equação 10 da taxa de deposição, juntamente com um acréscimo de 50 % como coeficiente de erro na espessura relatada pela literatura de 2 nm chega-se ao valor de 3 nm de espessura de camada de óxido. Aplicando o novo valor de espessura na equação da taxa, constata-se um tempo operação no equipamento de *ion plating* de aproximadamente 8,12 min com corrente de emissão de 16 A. Essa estimativa torna-se importante para a possível aplicação na indústria, pois estimando-se o tempo e espessura corretamente é possível reduzir despesas sobressalentes com filmes superdimensionados aplicados aos biomateriais ou a qualquer outro tipo de substrato.

### 3.3 Caracterização Por GD-OES

Sendo o GD-OES amplamente utilizado em caracterização de filmes devido seu perfil de análises quantitativas, pode-se determinar as concentrações dos elementos presentes nas amostras pelo período de tempo. O foco foi mantido nos elementos principais presentes no substrato de silício, como é o caso da prata depositada e da presença de oxigênio atmosférico conforme demonstra Figura 5.

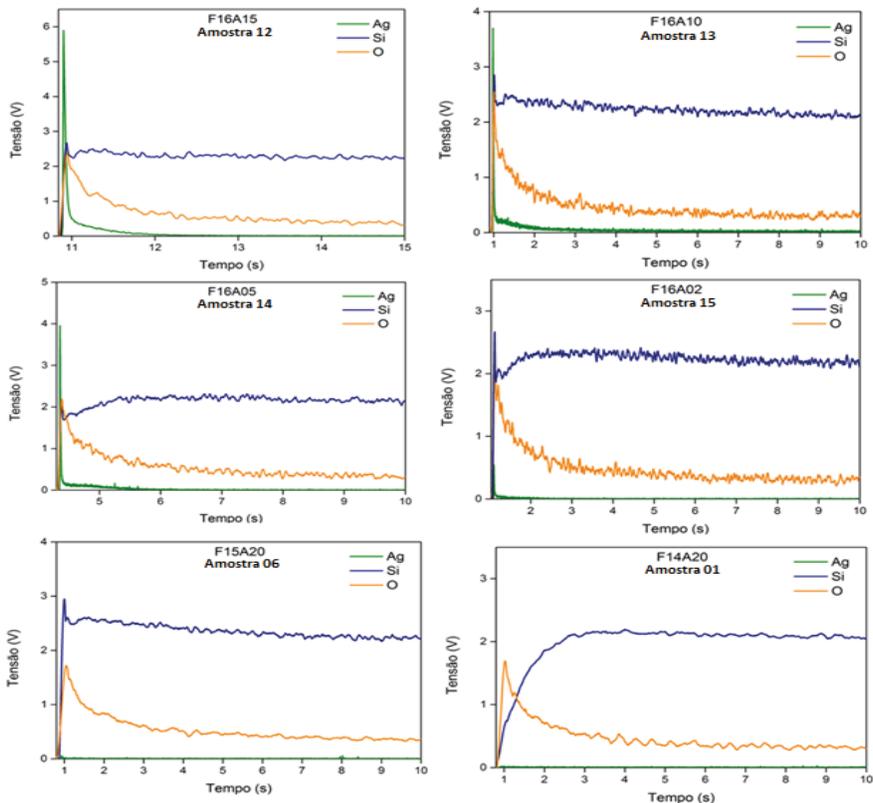


Figura 5. Caracterização do perfil dos elementos Ag, Si e O por GD-OES

Assemelhando-se com a análise por RBS, foi constatado que o perfil de espessura de prata aumenta proporcionalmente com o acréscimo da corrente provida pelo processo de deposição no equipamento de *ion plating*. Nesses termos o perfil com corrente de filamento de 16 A no tempo mais longo, apresentou maior espessura de camada.

Através da análise gráfica, fica evidenciado que o perfil das curvas de tensão versus tempo, de fato, caracteriza o comportamento de presença de filmes finos. Esse comportamento é descrito graficamente pela curva da prata antever o silício de forma abrupta e não gradual, além das curvas da prata e do oxigênio não transporem a curva do silício, nos períodos decorrentes do tempo onde o sistema está estabilizado. Os picos nas curvas do silício ainda indicam que não houve migração dos átomos de prata para o interior do substrato, reforçando a característica de revestimento por filme fino.

A presença do oxigênio nas amostras já era esperada. Possivelmente sua presença está ligada à prata e ao silício na forma de óxidos, porém com a carência de uma análise mais detalhada sobre sua ligação aos elementos do substrato não há como sustentar uma hipótese. No entanto, percebe-se que o oxigênio não apresenta grandes oscilações quantitativas ao comparar as amostras de diferentes tempos e parâmetros de processo,

sugerindo um possível padrão linear.

## 4 | CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo a deposição de um filme fino de prata em substrato de silício através do processo de PVD, seguido pela obtenção da taxa de deposição por dados empíricos. A deposição do filme fino atingiu as expectativas tanto na condensação junto ao substrato, como também na linearidade dos resultados obtidos. A caracterização realizada por RBS e GD-OES foram determinantes não só para constatação dos elementos presentes, mas também para a análise da espessura de filme. As duas técnicas aplicadas podem ser consideradas complementares, pois auxiliam na quantificação dos componentes, corroborando entre si.

Pode-se afirmar que o fator determinante para a nucleação e crescimento constante do filme fino é a corrente aplicada no dispositivo sendo intensificado com o tempo de exposição no equipamento de *ion plating*. As amostras com correntes de emissão de 14,5 A apresentaram formação de um filme abaixo da espessura ótima estimada para o presente estudo, além de não atingir a espessura mínima necessário para a criação da camada de óxido protetor, naturalmente encontrado no filme fino de prata. Sendo esta determinada pela possível formação de ilhas ou pequenos aglomerados de átomos na superfície do substrato. De qualquer modo, não atendendo o objetivo do presente estudo.

Combinando o cálculo da taxa de deposição, que foi assinalado pela linearidade na corrente de emissão de 16 A, com o coeficiente de erro estimado para a espessura da camada de óxido natural de prata, pode-se chegar a um valor teórico de aproximadamente 8,12 min de tempo de deposição. Esse tempo projeta a formação de uma camada de 3 nm de prata, que é o suficiente para a formação do óxido. Com o tempo e espessura estimados é possível reduzir despesas sobressalentes com filmes superdimensionados, sendo essencial para futura aplicação em larga escala. Tal tempo ainda é caso de estudo, pois é necessário prever a eficiência do método perante novas correntes de emissão, novos materiais para o substrato como é o caso dos biomateriais e homogeneidade da camada. O oxigênio atômico que era previsto ser encontrado nas amostras foi mínimo, porém mais testes de caracterização são necessários na determinação das ligações químicas existentes e composições dos óxidos formados.

Este estudo visa à aplicação futura em biomateriais, novas análises ainda devem ser realizadas, como é o caso da deposição dessa camada de prata em um substrato que apresenta íons de  $Ag^+$  previamente implantados. A película depositada poderá agir como uma proteção catódica dos íons implantados, não alterando as propriedades bactericidas e ainda ocorrendo a reação de oxidação do filme depositado. Nesses termos, tal processo poderá minimizar possíveis intervenções e/ou manutenções futuras que agregam custos adicionais. Pela deposição através de um equipamento de *ion plating*, pode-se atingir boa

reprodutibilidade e os resultados apresentados aqui, podem facilmente ser reproduzidos em outros substratos.

## AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Engenharia de Superfícies e Tratamentos Térmicos (LESTT) da UCS, ao Instituto de Física e Implantação Iônica da UFRGS, às empresas Canamor Metalúrgica Ltda e Stronghold Engenharia.

## REFERÊNCIAS

1. SIOSHANSI, P; TOBIN, E. J. **Surface treatment of biomaterials by ion beam processes**, Surface and Coatings Technology 83 (1996) 175-182.
2. RODRIGUES, L. B. **Aplicação de biomateriais em ortopedia**. Estudos Tecnológicos em Engenharia 9 2 (2013) 63-76.
3. LALLEY, Jacob et al. **Silver-based antibacterial surfaces for drinking water disinfection: an overview**, Current Opinion in Chemical Engineering 2014 3 (2017) 25–29.
4. FENG, Q. L. et al. **A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on Escherichia coli and Staphylococcus aureus**, Journal of Biomedical Materials Research 52 4 (2001) 662-668.
5. SÁNCHEZ-LÓPEZ, J. C. et al. **Influence of silver content on the tribomechanical behavior on Ag-TiCN bioactive coatings**. Surface and Coatings Technology 206, (2012) 2192-2198.
6. **TECHNOLOGY UTILIZATION CONFERENCE**, 1972, Washington. Proceedings... Washington: National Aeronautical and Space Administration, 1972.
7. MATTOX, D. M. **Handbook of physical vapor deposition (PVD) processing**. 2. ed. Elsevier, 2010.
8. MATTOX, Donald M. **Ion plating: past, present and future**, Surface and Coatings Technology. 133-134 (2000) 517-521.
9. DE ROOIJ, A. **The oxidation of silver by atomic**. ESA Journal 13 (1989) 363-382.
10. GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011. 360 p.
11. DIAS, Claudio A. C. M. **Produção e caracterização de filmes finos de óxido de zinco intrínsecos e dopados com alumínio e boro**. 2005. 113 f. Dissertação (Mestrado em engenharia e ciência dos materiais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campo dos Goytacazes, 2005.
12. DOS SANTOS, Heberton W. L. **Síntese de nanopartículas metálicas por deposição física de vapor em líquidos iônicos e óleos vegetais**. 2011. 123 f. Tese (Doutorado em física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

13. WASA, K.; KITABATEKE, M.; ADACHI, H. **Thin films material technology: sputtering of compound materials**. Norwich: William Andrew Publishing, 2004.
14. TAMULEVICIUS, S; PRANEVICUS, L. **Ion-beam-activated processes on the surfaces of solids**, **Surface and Coatings Technology** 71 (1995) 239-249.
15. HUDSON, John B. **Surface science: an introduction**. New York: J. Wiley, 1998.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adaptação 10, 27, 65

Análise 9, 10, 11, 1, 3, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 26, 32, 36, 44, 46, 48, 52, 53, 55, 59, 63, 65, 67, 68, 94, 98, 99, 100, 108, 109, 111, 113, 114, 117, 156, 159, 163, 164, 166, 168

Antioxidantes 91

Aquicultura 32, 34, 40, 43, 44, 45

Asfaltamento 3, 4, 9, 10

### B

Big Data 12, 132, 133, 137, 138, 139, 140

Bio-Ativos 91

Biomaterial 104

### C

Cidadania 9, 11, 59, 60, 61, 63, 66, 68, 69, 70, 71, 72

Compostos 9, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 98, 99, 100

### D

Dados 9, 3, 10, 12, 15, 16, 17, 18, 37, 46, 48, 53, 54, 55, 56, 63, 103, 104, 109, 110, 111, 112, 114, 161, 164, 166, 182

Deposição 11, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115

Desenvolvimento 2, 1, 4, 5, 6, 11, 12, 14, 15, 26, 28, 31, 32, 33, 44, 47, 48, 49, 50, 57, 59, 60, 63, 64, 66, 68, 69, 92, 95, 100, 104, 156, 157, 158, 160, 161, 162, 163, 165, 166, 180, 181, 182

Design 43, 44, 46, 47, 57, 91, 143

### E

E-commerce 9, 10, 46, 47, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 56

Educação 4, 27, 30, 59, 63, 67, 69, 70, 71, 182

Empreendedorismo 27, 28, 30

Extensão 9, 11, 13, 59, 61, 63, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 142

### F

Física 10, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 24, 25, 26, 104, 108, 115, 130, 136, 164, 165, 173

Frequência 17, 18, 32, 34, 35, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 52, 54

## H

Heurísticas 46, 47, 51, 54, 55, 56

## I

Impactos 9, 10, 1, 4, 5, 6, 11, 12, 42, 71, 79, 84, 85, 86, 161

Incubadora 27, 28, 29, 30

Indeferimento 12, 156, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167

Informação 16, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 57, 157, 161, 162, 182

Inovação 2, 9, 11, 1, 30, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 157, 158, 160, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 182

Inversor 32, 34, 35, 41, 42, 44

## L

Lúpulos 90, 91, 93, 98, 99

## M

Medicina 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 25, 26, 92

## P

Pandemia 27, 28, 29, 30, 31, 180, 181

Patentes 9, 12, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 164, 165, 166, 167, 168

Potência 34, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 44, 160

Pré-Incubação 9, 10, 27, 28, 29, 30

Produção 1, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 21, 30, 32, 33, 43, 44, 55, 65, 68, 101, 103, 115, 156, 157, 158, 159, 161, 182

Projeto 2, 3, 13, 27, 28, 49, 50, 51, 59, 63, 65, 66, 67, 68, 70, 72

Propriedade Intelectual 30, 156, 157, 158, 162, 167

## R

Radiologia 15, 24, 26

## S

Social 11, 13, 27, 29, 30, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 118, 119, 120, 143, 147, 148, 152, 154, 157, 158, 163, 166, 168, 181

## T

Tratamento 5, 15, 17, 18, 21, 24, 25, 90, 92, 94, 106, 159

## U

Usabilidade 9, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57

Usuário 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 56, 57

## **V**

Virtual 9, 10, 27, 28, 29, 30, 133, 134, 136, 181

## **W**

Websites 9, 10, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 57



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

# Ciência, tecnologia e inovação:

Fatores de progresso e de desenvolvimento



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

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

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

# Ciência, tecnologia e inovação:

Fatores de progresso e de desenvolvimento