



# 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**

## MEMBRANAS MICROFIBROSAS DE POLI (L-ÁCIDO LÁCTICO) (PLLA) PARA REPARO ÓSSEO

**Bárbara Etruri Ciocca**

Universidade de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas – São Paulo

**RESUMO:** O poli(L-ácido láctico) (PLLA) é um polímero bem estabelecido e consagrado na literatura. É amplamente utilizado em diversas áreas, principalmente na área médica como biomaterial, uma vez que possui propriedades satisfatórias como biocompatibilidade, biodegradabilidade, e seu baixo custo quando comparado a outros polímeros. Desta forma, o presente trabalho teve como principal objetivo discutir sobre a fabricação microfibras da PLLA através do processo de rotofiação tendo em vista sua aplicação para reparo ósseo. A rotofiação é um processo que consiste em formar fibras de uma solução polimérica através da alta velocidade de rotação gerada pelo equipamento. Como resultados são demonstradas micrografias eletrônica de varredura (MEV) para avaliar sua morfologia de superfície. Testes *in vitro* de Live/Dead e MTT(3-(4,5-dimetiltiazol-2-yl)-2,5-difenil brometo de tetrazolina) foram realizados com a linhagem celular osteoblástica, para avaliar a capacidade das membranas serem utilizadas na engenharia de tecidos através da sua interferencia na viabilidade celular. Os resultados obtidos foram promissores, demonstrando que as

membranas de PLLA são biocompatíveis, podendo ser utilizadas para reparo ósseo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biomaterial, Poli (L-ácido láctico), rotofiação, testes *in vitro*.

**ABSTRACT:** Poly(L-lactic acid) (PLLA) is a well-established polymer in the literature. It is widely used in several areas, mainly in the medical field as biomaterial, since it has satisfactory properties such as biocompatibility, biodegradability, and its low cost when compared to other polymers. In this way, the main objective of the present work was to discuss the microfiber production of PLLA through the Rotary jet spinning process with a view to its application for bone repair. Rotary jet spinning is a process that consists in fibers formation of a polymer solution through the high speed of rotation generated by the equipment. As results are demonstrated scanning electron micrographs (SEM) to evaluate their surface morphology. *In vitro* assays as Live/Dead and MTT(3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyl tetrazoline bromide) were performed with the osteoblastic cell line, to evaluate the ability of the membranes to be used in the tissue engineering through its interference in cellular viability. The results obtained were promising, demonstrating that PLLA membranes are biocompatible and can be used for bone repair.

**KEYWORDS:** Biomaterial, *in vitro* assays, Poli (L-lactic acid), Rotary jet spinning.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os altos índices de acidentes de trânsito e de trabalho, o aumento da expectativa de vida da população, e o alto custo de próteses disponíveis no mercado atualmente, estimulam o campo da engenharia tecidual. Devido às doenças relacionadas ao envelhecimento, como osteoporose, e o grande número de acidentes que envolvem traumas, onde o uso de implantes não removíveis se fazem necessários, encontra-se um campo a ser explorado, uma vez que há possibilidade de produção de novos dispositivos médicos que consigam desempenhar um papel temporário no corpo humano, restaurando a funcionalidade do órgão.

A engenharia tecidual busca o desenvolvimento de novos materiais e o aprimoramento dos materiais já existentes para a melhoria da qualidade de vida da população, esses materiais são conhecidos como biomateriais (Pinto *et al.*, 2009).

Os biomateriais podem ser metálicos, cerâmicos, poliméricos ou uma combinação entre eles. Dentre os biomateriais poliméricos, o poli (L-ácido láctico) vem ganhando destaque na área médica devido às suas características como biocompatibilidade, biodegradabilidade e baixo custo quando comparado a outros materiais (Pongtanayut *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2005).

O poli (L-ácido láctico) (PLLA) é um poliéster termoplástico que pode ser obtido através de fontes renováveis de obtenção do ácido láctico, por exemplos, através do processo de fermentação de bactérias de vegetais ricos em amido, como beterraba, milho, cana-de-açúcar e mandioca, tornando o PLLA biodegradável. Em contato com o corpo humano, o PLLA é hidrolisado em ácido láctico, que sob condições aeróbicas é metabolizado em água e dióxido de carbono e, finalmente, é excretado pelo organismo. Embora não ponha em perigo o corpo humano, o PLLA é frágil e rígido, limitando as áreas de aplicação (Ciocca, 2017; Nair & Laurencin, 2007).

Desta forma o PLLA possui diversas aplicações como nas áreas da saúde como, sistemas de liberação controlada de fármacos, curativos para feridas, produtos cicatrizantes, implantes cirúrgicos, implantes ortopédicos, *scaffolds* biorreabsorvíveis, entre outros (Murariu & Dubois, 2016; Narayanan *et al.*, 2016).

Estudam-se cada vez mais métodos para obtenção de fibras de escalas que variam de micro à nanométricas, uma vez que a afinidade e adesão celular em poros nessas escalas é mais favorável. A rotofiação é uma técnica simples de produção de fibras através de uma solução polimérica e alta velocidade de rotação do equipamento.

Para o desenvolvimento de biomateriais para a engenharia tecidual, são necessários testes preliminares com culturas de células – conhecidos como testes *in vitro*. Estes testes buscam desenvolver sistemas que se assemelham ao máximo com o ambiente natural das células, onde todas as condições as quais as células estão expostas são controladas, como temperatura, saturação de oxigênio, pH, ambiente estéril, entre outras.

O tecido ósseo é um tipo de tecido conjuntivo especializado, composto de células

e matriz óssea. As células presentes no tecido ósseo são osteoblastos, osteócitos e osteoclastos. As células jovens no tecido ósseo são chamadas de osteoblastos e são responsáveis pela síntese de componentes orgânicos da matriz óssea, tais como colágeno tipo I, proteoglicanos e glicoproteínas (Junqueira & Carneiro, 2013).

Osteoblastos são o componente mais abundante dos ossos, sendo assim o principal componente do esqueleto. O esqueleto humano consiste em mais de 200 ossos de diferentes formas, tamanhos e composições, serve como suporte de tecido mole e protege órgãos vitais como a medula óssea. Os ossos estão conectados por várias articulações que permitem a execução de movimentos e garantem estabilidade ao corpo (Brito, 2013; Sikavitsas *et al.*, 2001).

Os ossos funcionam como um depósito de íons, que são armazenados ou liberados de forma controlada, a fim de manter a concentração constante nos fluidos corporais. Eles podem absorver toxinas e metais pesados de forma a reduzir os efeitos desses componentes em outros tecidos do corpo (Junqueira & Carneiro, 2013).

Os órgãos, ossos, são extremamente organizados que possuem uma estrutura complexa. Quando exposto a fraturas, são capazes de se remodelarem e se reconstruírem, mas essa habilidade natural é reduzida quando o trauma é grave como fraturas expostas, exigindo intervenção cirúrgica com auxílio de suporte sintético (Hing, 2004).

Sendo assim, o presente trabalho tem a proposta de avaliar membranas fibrosas de PLLA rotofiadadas biocompatíveis para aplicação na engenharia tecidual, com objetivo de reparar o tecido ósseo que possa ter sofrido algum tipo de dano.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Foram feitas micrografias de superfície da membrana produzida, utilizando-se microscópio eletrônico de varredura modelo Leo 440i, com uma tensão de 20 kV e corrente de 100 pA. A membrana foi recoberta com ouro com metalizador Sput Coater EMITECH K450 com corrente de 600pA.

Foram realizados os teste *in vitro* (MTT e Live/Dead) com a linhagem celular osteoblástica M3CT3-E1 subclone 14 (CRL 2594TM) adquiridas junto à ATCC (*American Type Culture Collection*; Manassas, VA, EUA), com tempo de 24, 48 e 72 horas. A escolha desta linha foi feita para analisar o comportamento das células em contato com o biomaterial, para investigar o potencial do biomaterial como um substituto ósseo.

As células foram inoculadas na concentração de  $5 \times 10^4$  células/mL em placas de 96 poços (Corning Costar Corporation, Cambridge, MA, USA) para a realização do ensaio MTT e uma suspensão com  $8 \times 10^4$  células/mL em placas de 24 poços para o ensaio Live/Dead®. As placas foram mantidas em incubadora de CO<sub>2</sub> a 37°C por 24 horas. Foi utilizado como controle positivo de toxicidade (CPT) uma solução de meio MEM-alfa, suplementado com 10% de fenol. Como controle negativo de toxicidade

(CNT) foi adotado o meio MEM-alfa.

Após período de cultivo o PLLA e o meio de cultura foram retirados dos poços e estes foram lavados com 200  $\mu\text{L}$  de PBS. O MTT foi diluído em meio MEM-alfa em uma concentração de 0,5 mg/mL, e em seguida, 200  $\mu\text{L}$  da solução foi adicionada nos poços e a placa mantida no escuro em incubadora de  $\text{CO}_2$  por 4 horas a  $37^\circ\text{C}$ . Após este período, a solução de MTT foi descartada, 200  $\mu\text{L}$  de sulfóxido de dimetilo foi adicionado e a placa mantida em agitação por 30 minutos em temperatura ambiente. A densidade óptica das células viáveis foram acessadas por meio de leitura de absorbância em leitor de Microplacas (Microplate Reader F5, Molecular Probes) em comprimento de onda de 595 nm.

Para a obtenção de imagens por microscopia de fluorescência, as células foram marcadas com kit específico (*Live/Dead® Viability cytotoxicity*) com verde fluorescente (480/500 nm excitação) e vermelho fluorescente iodeto de propídeo (490/638 nm excitação). As células foram incubadas em solução contendo 2  $\mu\text{M}$  de iodeto de propídeo e 2  $\mu\text{M}$  de calceína AM por 30 minutos a  $37^\circ\text{C}$  para a marcação de células viáveis e não viáveis. Após período de incubação as células foram observadas em microscópio com filtros de fluorescência (Nikon E800).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Buscando analisar a superfície da membrana fibrosa de PLLA rotofiada e das fibras contidas na membrana, tem-se a Figura 1, que representa as imagens das micrografias eletrônicas de varredura.

Pode-se observar que na Figura 1, as fibras estão distribuídas de forma alinhada. De forma geral as fibras possuem o pouca variação de diâmetro podendo este ser considerado praticamente constante. Pode-se observar que as fibras não contém defeitos como poros ou calosidades (*beads*), este é um aspecto desejável nas fibras, o que confirma que a concentração da solução e a velocidade utilizada no equipamento de rotofiação eram ideais.

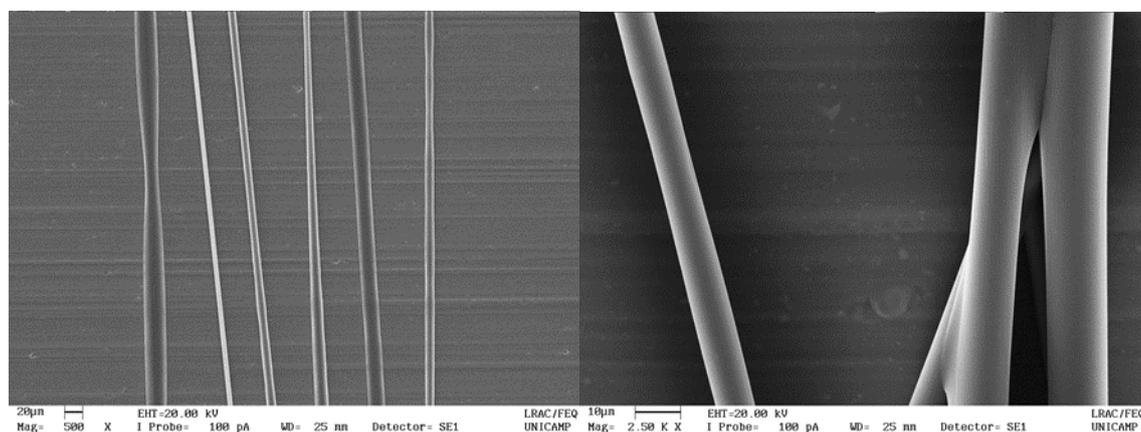


Figura 1 - Micrografias eletrônicas de varredura das fibras obtidas.

A viabilidade das células foi medida pelo teste MTT, e está representada na Figura 2 em termos de densidade óptica média. Os resultados de viabilidade celular obtidos mostram que o CPT teve uma absorbância baixa, uma vez que as células estavam mortas devido a toxicidade do meio, e o CNT teve uma alta absorbância, uma vez que a maior parte das células cultivadas neste meio se encontravam viáveis. O valor obtido para absorbância das células em contato com o PLLA se assemelhou ao comportamento do CNT.

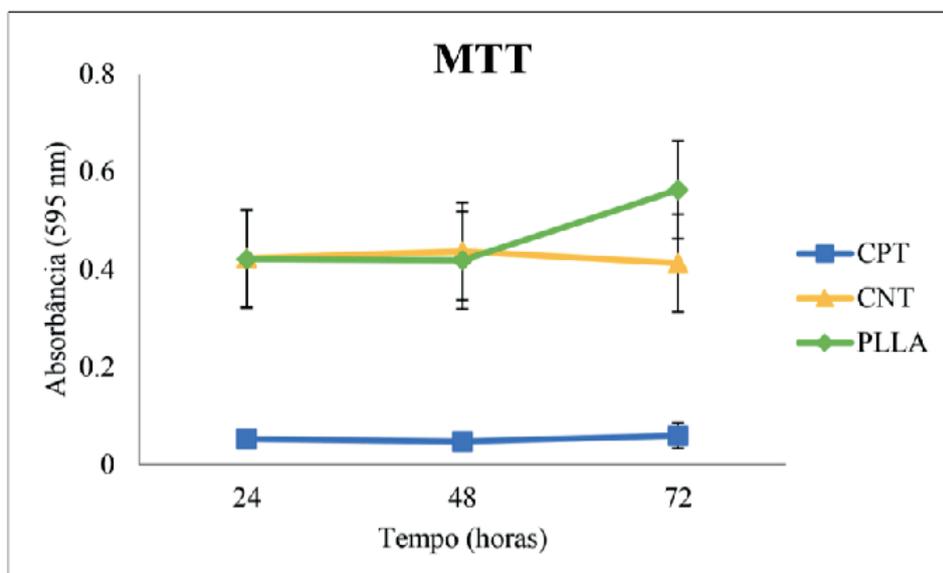


Figura 2 - Viabilidade celular pelo método MTT das células e seus respectivos controles CPT e CNT.

As imagens da viabilidade celular por meio do ensaio Live/Dead obtidas por microscópio invertido de fluorescência estão representadas na Figura 3, onde as imagens representam as células em contato com a membrana produzida por 24, 48 e 72 horas. Nos três tempos de análise a morfologia das células é semelhante, a maioria das células se encontravam vivas (verdes). Desta forma pode-se admitir que a membrana produzida não apresenta toxicidade as células osteoblásticas.

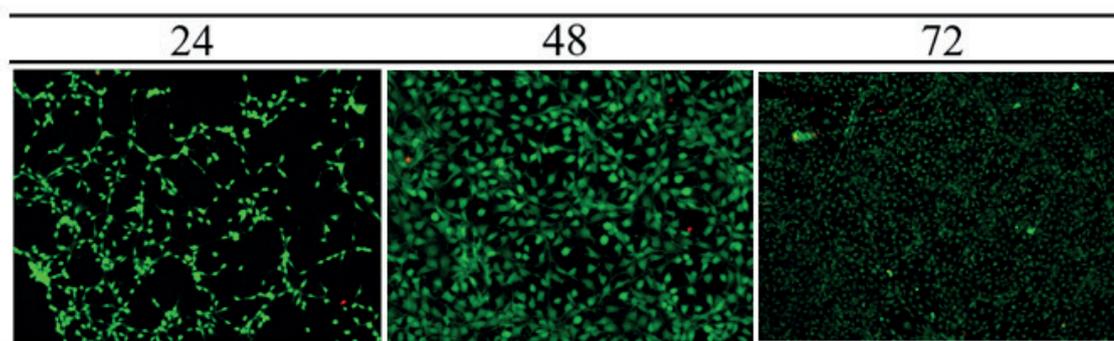


Figura 3 – Imagens do ensaio Live/Dead das células M3CT3-E1 cultivadas com a membrana de PLLA rotornado para os tempos de 24, 48 e 72 horas.

## 4 | CONCLUSÕES

Os resultados obtidos na análise mostraram que a superfície das membranas é favorável à adesão celular devido a não existência de defeitos ao longo das fibras. Através da análise da morfologia de superfície foi possível confirmar que a concentração da solução produzida e a velocidade do equipamento de rotofiação foram ideias para as condições de obtenção da membrana.

Com os testes e ensaios *in vitro* com cultura celular osteoblástica, foi possível confirmar que as membranas não são tóxicas uma vez que não interferiram na viabilidade celular. Sendo assim, as membranas produzidas por rotofiação com PLLA tem potencial para serem utilizadas para reparo ósseo.

## REFERÊNCIAS

Brito, T. A. V. **Preparação e Caracterização de Nanofibras da Blenda PLLA/PCL obtidas pelos Processos de Eletrofiação e Rotofiação**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de engenharia mecânica – Universidade de Campinas, Campinas, 2013.

Ciocca, B. E. **Production, characterization and in vitro evaluation of poly (L-lactic acid) (PLLA) fibrous membranes manufactured by rotary jet spinning for tissue engineering**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Química – Universidade Estadual de Campinas, 2017.

Hing, K. A. **Bone repair in the twenty-first century; biology, chemistry or engineering?** Philos Trans A: Math Phys Eng Sci, v. 362, p. 2821-2850, 2004.

Junqueira, L. C. U. & Carneiro, J. **Histologia básica (texto e atlas)**. Rio de Janeiro – RJ. Editora Guanabara Koogan LTDA., ed. 12, p. 558, 2013.

Murarui, M. & Dubois, P. **PLA composites: From production to properties**, Advanced Drug Delivery Reviews. v. 107, p. 17-46, 2016.

Nair, L. S. & Laurencin, C. T. **Biodegradable polymers as biomaterials**, Prog. Polym. Sci., v. 32, p. 762–798, 2007.

Narayanan, G.; Vernekar, V. N.; Kuyinu, E. L.; Laurencin, C. T. **Poly (lactic acid)-based biomaterials for orthopedic regenerative engineering**, Advanced Drug Delivery Reviews. v. 107, p. 247-276, 2016.

Pinto, M. R.; Mariano, E. C.; Alberto-Rincon, M. C.; Duek, E. A. R. **Histological analysis of PLLA/PCL as a meniscal prosthesis**, Matéria. v. 14, p. 1162–1171, 2009.

Pongtanayut, K.; Thongpin, C.; Santawitee, O. **The Effect of Rubber on Morphology, Thermal Properties and Mechanical Properties of PLA/NR and PLA/ENR Blends**, Energy Procedia. v. 34, p. 888–897, 2013.

Sikavitsas, V. I.; Temenoff, J. S.; Mikos, A. G. **Biomaterials and Bone Mechanotransduction**. Biomaterials, v. 22, p. 2581-2593, 2001.

Zhang, Y.; Chwee, T. L.; Ramakrishna, S.; Huang, Z. M. **Recent development of polymer nanofibers for biomedical and biotechnological applications**, J. Mater. Sci. Mater. Med. v. 16, p. 933–946, 2005.

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

