



# 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**

## RECRIAÇÃO DO EXPERIMENTO DE HERTZ

**Camila Alice Silva Santos**

Centro Universitário do Vale do Ipojuca  
Caruaru – PE

**Cláudia Timóteo de Oliveira Rufino**

Centro Universitário do Vale do Ipojuca  
Caruaru – PE

**Denikson Figueiredo de Vasconcelos**

Centro Universitário do Vale do Ipojuca  
Caruaru – PE

**Ericveiber Lima Dias Clemente**

Centro Universitário do Vale do Ipojuca  
Caruaru – PE

**Gustavo Henrique Mathias de Lima**

Centro Universitário do Vale do Ipojuca  
Caruaru – PE

**RESUMO:** O presente artigo trata da recriação de um experimento realizado no século XIX, que foi o precursor de uma revolução tecnológica, permitindo que hoje se tenha grande acesso à transmissão de comunicação, facilitada pelo sinal de rádio e pela internet. A recriação desse experimento conta com ferramentas e dispositivos atuais e de fácil aquisição, com os quais obteve-se o mesmo resultado do experimento original: a comprovação da existência das ondas eletromagnéticas, teorizadas por Maxwell e comprovadas no experimento demonstrado por Hertz.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eletromagnetismo, Ondas Eletromagnéticas, Propagação de Sinal, Experimento de Hertz

**ABSTRACT:** This article talks about the recreation of an experiment of the nineteenth century, which was the ancestor of a technological revolution, allowing us today to have access to the communication facilitated by the radio signal and the internet. The recreation of this experiment has upgraded tools and devices that are easily available, we arrived the same conclusion of the original experiment: a proof of the presence of the electromagnetic waves. Theorized by Maxwell and proven in the experiment demonstrated here by Hertz.

**KEYWORDS:** Electromagnetism, Electromagnetic Waves, Signal Propagation, Hertz Experiment

### 1 | INTRODUÇÃO

Em 1863, um físico escocês chamado James Clark Maxwell (1831-1879) demonstrou, matematicamente, os efeitos produzidos pelos campos elétricos e magnéticos que viajam pelo espaço em ondas transversais, semelhantes às da luz e com a mesma velocidade. Concluiu então que a luz e eletricidade são idênticas em última instância, por serem ondas

eletromagnéticas.

Na realidade, Maxwell reuniu os conhecimentos existentes e descobriu as correlações entre os fenômenos como as Leis de Gauss, para a eletricidade e para o magnetismo, a Lei de Ampère generalizada e a Lei de Faraday para a Indução eletromagnética. Porém, durante duas décadas os cientistas da época tentaram a todo custo colocar em prática essas equações, que hoje são conhecidas como as Equações de Maxwell.

As equações de Maxwell são:

Lei de Faraday:

Segundo Hayt (2013), a força eletromotriz, fem, total induzida num circuito fechado é igual a taxa de variação no tempo do fluxo magnético total presente no circuito.

A sua forma matemática integral é dada pela equação 1:

$$\oint_c \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d}{dt} \int_s \vec{B} \cdot d\vec{s} \quad (1)$$

E aplicando o Teorema de Stokes nesta equação, obtemos a equação 4, a Lei de Faraday na forma diferencial:

$$\oint_c \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_s (\nabla \times \vec{E}) \cdot d\vec{s} = - \frac{d}{dt} \int_s \vec{B} \cdot d\vec{s} \quad (2)$$

$$\int_s (\nabla \times \vec{E}) \cdot d\vec{s} = - \int_s \frac{\partial}{\partial t} \vec{B} \cdot d\vec{s} \quad (3)$$

$$\nabla \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (4)$$

Lei de Ampère:

O enunciado dessa lei diz que a integral de linha do campo elétrico, ao longo de um caminho fechado, é igual a corrente envolvida pelo caminho.

A sua forma matemática, na forma integral, é:

$$\oint_c \vec{H} \cdot d\vec{l} = \frac{d}{dt} \int_s D \cdot d\vec{s} + \int_s \vec{j} \cdot d\vec{s} = I \quad (5)$$

O segundo termo, do lado direito da equação da Lei de Ampère, é a corrente de deslocamento, termo proposto por Maxwell para satisfazer a equação da conservação de carga, este termo implica na existência de uma onda eletromagnética.

Aplicando Stokes na Lei de Ampère na forma de integral como na de Faraday, conseguimos obter a forma diferencial:

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (6)$$

Lei de Gauss para campos elétricos:

O enunciado da lei de Gauss para campos elétricos é: A integral de superfície da densidade de fluxo elétrico  $D$ , sobre qualquer superfície fechada, é igual à carga contida por esta superfície.

A forma matemática desta Lei, proposta pelo matemático Gauss, na forma de integral é:

$$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \int_V \rho dv \quad (7)$$

E na forma diferencial:

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho \quad (8)$$

Lei de Gauss para campos magnéticos:

Estabelece que o fluxo magnético líquido (positivo ou negativo) que emana de qualquer superfície fechada  $S$ , no espaço, é sempre zero, isto é, o fluxo magnético não tem fonte, as linhas do campo  $B$  não podem ter início ou fim.

Na forma de integral, a equação é:

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0 \quad (9)$$

E na diferencial:

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (10)$$

As equações de Maxwell além de descreverem o comportamento do campo elétrico e do campo magnético possibilitaram a previsão da existência das ondas eletromagnéticas. Foi baseado nas teorias de Maxwell que Hertz descobriu as ondas de rádio.

Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) foi um físico alemão que desenvolveu diversos estudos e trabalhos na área da eletrodinâmica e, em 1883, começou a estudar as

ondas eletromagnéticas, cuja existência ainda não havia recebido confirmação experimental. Hertz dedicou-se a pesquisar aquelas ondas e percebeu que elas possuíam a mesma velocidade de propagação da luz, mas com comprimento de onda muito maior. Além disso, o cientista detectou a refração, a reflexão e a polarização, todos fenômenos característicos das ondas.

Uma das suas descobertas fundamentais foi realizada durante a aula diante dos estudantes, ao utilizar para demonstração duas bobinas ligadas a faiscadores e notou que enquanto numa das bobinas deflagrava uma faísca, na segunda era deflagrada outra, porém era muito pequena, pouco luminosa e o seu ruído era coberto pelo som da primeira, muito mais forte. Foi desse modo que Hertz descobriu o importante fenômeno das centelhas secundárias e compreendeu que aquelas faíscas elétricas eram consequência de fenômenos eletrodinâmicos que se processavam nas proximidades de circuitos oscilantes com capacitância e auto-indução mínimas. Logo percebeu que tinha diante de si um campo novo: o da criação das ondas eletromagnéticas e a sua propagação à distância.

Hertz continuou as suas experiências, durante cinco anos, utilizando instrumentos sempre mais complexos. O aparelho típico que usava, demonstrado na figura 1, era um oscilador linear (ou dipolo), formado por duas grandes esferas metálicas ligadas por um condutor retilíneo interrompido por um faiscador - constituído por duas esferas metálicas menores. Os dois braços deste oscilador eram ligados aos polos de uma bobina de Ruhmkorff. Quando a bobina gerava uma tensão alta, ocorria uma descarga entre os dois braços do oscilador. Tal descarga era oscilante e Hertz verificou que as oscilações possuíam uma frequência que dependia, unicamente, das características geométricas do oscilador. Era por isso que as faíscas irradiavam no espaço ondas eletromagnéticas de frequência bem determinada. Com isso, Hertz demonstrou na prática a existência das ondas eletromagnéticas previstas por Maxwell.

Foi então que em 1888, Hertz desenvolveu um aparelho emissor de ondas e outro receptor e após uma série de experimentos conseguiu provar a existência das ondas de rádio. Tal descoberta foi o primeiro passo para uma evolução sem precedentes na área da comunicação, pois foi baseado no experimento de Hertz que o físico e inventor italiano Guglielmo Marconi fez a primeira transmissão de informações por rádio e após alguns experimentos em 1901 foi realizada a primeira transmissão de rádio que atravessou o atlântico.

As descobertas de Hertz abriram caminho para o desenvolvimento das tecnologias de radares, rádio, televisão, para os modernos Sistemas de Comunicações e para as aplicações de micro-ondas. Como homenagem ao físico, a unidade de medida adotada pelo Sistema Internacional de Unidades (SI) para a frequência das ondas é a unidade hertz (Hz), que significa oscilações por segundo.

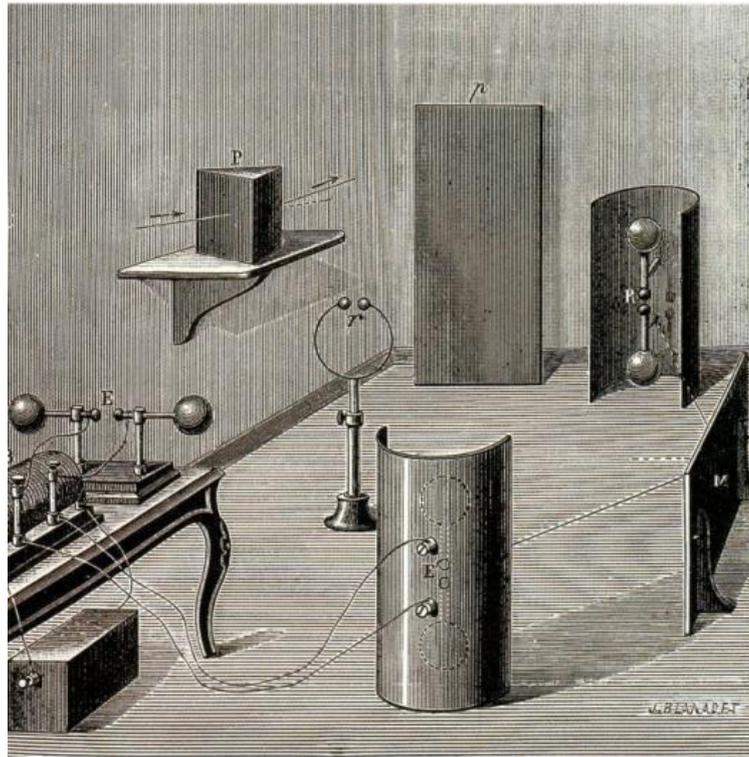


Figura 1 - Representação do experimento realizado por Hertz

Concluiu-se então que as ondas eletromagnéticas são perturbações do meio que não precisam de um material específico para se propagar, podendo ser transmitidas também no vácuo, sendo definida como uma energia que se move à velocidade da luz (300.000 km/s). São formadas pela combinação de campo elétrico e campo magnético que se propagam perpendicularmente pelo espaço, um em relação ao outro e na direção da propagação da energia. As principais características das ondas eletromagnéticas são amplitude, frequência, velocidade de propagação e comprimento de onda. Essas ondas estão presentes na vida de todos os seres através da luz solar e de inúmeros outros tipos de radiação. A energia eletromagnética é emitida por qualquer corpo que possua temperatura acima de zero absoluto (0 Kelvin). Assim, todo corpo com temperatura absoluta acima de zero pode ser considerado como uma fonte de energia eletromagnética.

O experimento em que se baseia esse artigo foi realizado com o intuito de reproduzir o evento realizado por Hertz, porém utilizando dispositivos mais desenvolvidos, menos robustos e didaticamente mais simples para compreensão.

## 2 | OBJETIVOS

Esse experimento tem como objetivo principal recriar o trabalho do físico Heinrich Hertz, visando comprovar a existência das ondas eletromagnéticas por meio do mesmo princípio que Hertz provou, porém com aparelhos a disposição, de maneira didática e de fácil entendimento.

### 3 | METODOLOGIA

Originalmente, no projeto desenvolvido por Hertz, foi utilizada uma fonte de alta tensão oscilante, a qual produzia um arco elétrico que perturbava o meio, neste caso o ar, e desta maneira propagava ondas eletromagnéticas que foram percebidas numa segunda haste que não estava fisicamente ligada à primeira.

No experimento apresentado neste trabalho, utilizou-se alguns materiais disponíveis atualmente no mercado com menor dimensão física, porém capazes de gerar tensão suficiente para romper a barreira dielétrica do ar.

Para se conseguir o efeito oscilante, foram construídos capacitores utilizando folhas de alumínio alternadas com folhas de acetato, que após medição no capacímetro obtiveram capacitância de 3,1 nF e 2,9 nF, os quais tem a função de variar a tensão de saída do flyback, estimada em 25kV. Os capacitores foram postos em paralelo para aumentar a capacitância resultante.

Foi utilizado um reator de lâmpada fluorescente (40W), o qual tem a função de reduzir a tensão senoidal de entrada (220V RMS) para 12V e acionar um flyback, o qual funcionará como um transformador e elevará a tensão de saída de 10k a 30kV. Esta tensão de saída é contínua e para ser utilizada no experimento deverá ser acumulada nos capacitores, que por sua vez descarregarão nas hastes do emissor, produzindo uma alta tensão oscilante.

Nas hastes do transmissor e do receptor foram utilizados fios rígidos de cobre com área seccional de 4 mm<sup>2</sup> e em cada base as hastes ficaram afastadas entre si por uma distância aproximada de 1 cm.

Foram utilizadas palhas de aço nas extremidades das hastes, com a finalidade de aumentar a emissão e a recepção dos sinais.

A figura 2, demonstra o aparato de maneira geral, até a saída dos capacitores.

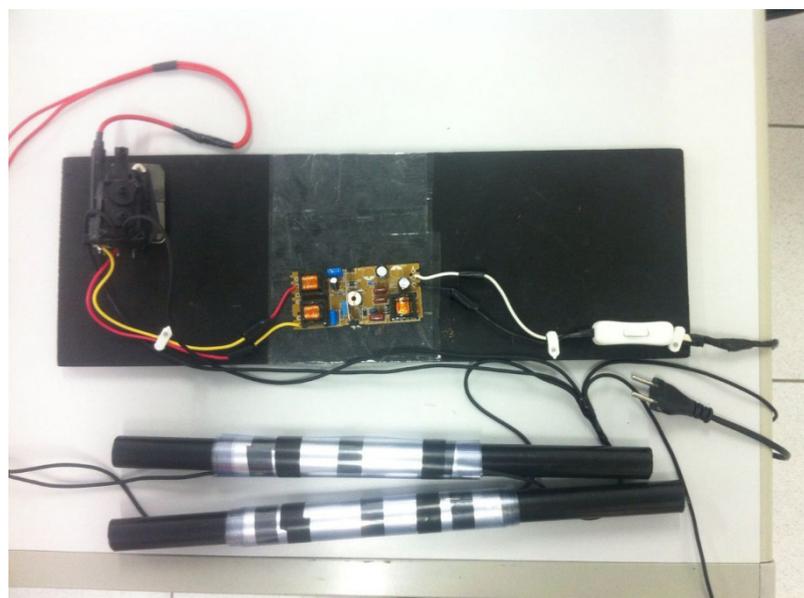


Figura 2 - Experimento de Hertz

## 4 | RESULTADOS PRELIMINARES

Durante os testes foi comprovada a perturbação do meio através de ondas eletromagnéticas de duas formas: visualmente, pela formação de arco elétrico nas hastes transmissoras, o que também serviu para estimar o nível de tensão de entrada, e também pela medição de diferença de potencial nas hastes receptoras, realizada através de um voltímetro. Devido aos elevados valores de tensão de entrada não foi possível medir com precisão a voltagem aplicada nas hastes transmissoras, de modo que foram utilizados valores estimados.

Tomando como base que o ar seco possui uma rigidez dielétrica na ordem de 3.000.000 V/m e funciona como um isolante até que seja ultrapassada seu valor limite de campo elétrico quando então torna-se um condutor, desse modo foram colocadas entre as hastes transmissoras uma abertura de aproximadamente 1 cm, estimando então que a tensão necessária vencer essa barreira dielétrica e produzir um arco elétrico entre as hastes deverá ser uma tensão em torno de 30kV.

Ao produzir o arco elétrico nas hastes transmissoras, obtive-se nas hastes da base receptora uma tensão contínua, porém muito variável, com medição máxima em torno de 6V, aferida com um voltímetro. Um modelo das hastes usadas nos primeiros experimentos encontra-se demonstrado na figura 3

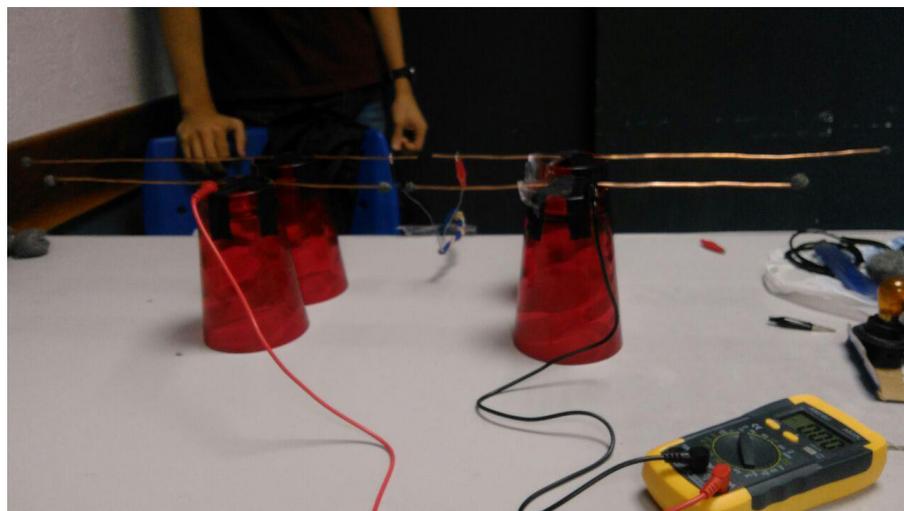


Figura 3 - Estrutura inicial das hastes

Outro resultado interessante observou-se com o uso de palha de aço como amplificador e condutor da recepção de sinal. Através de testes com outros materiais, como lata de alumínio, por exemplo, visando aumentar a eficiência do experimento, foi notado que a palha de aço ofereceu os melhores resultados em termos de níveis de tensão na segunda haste.

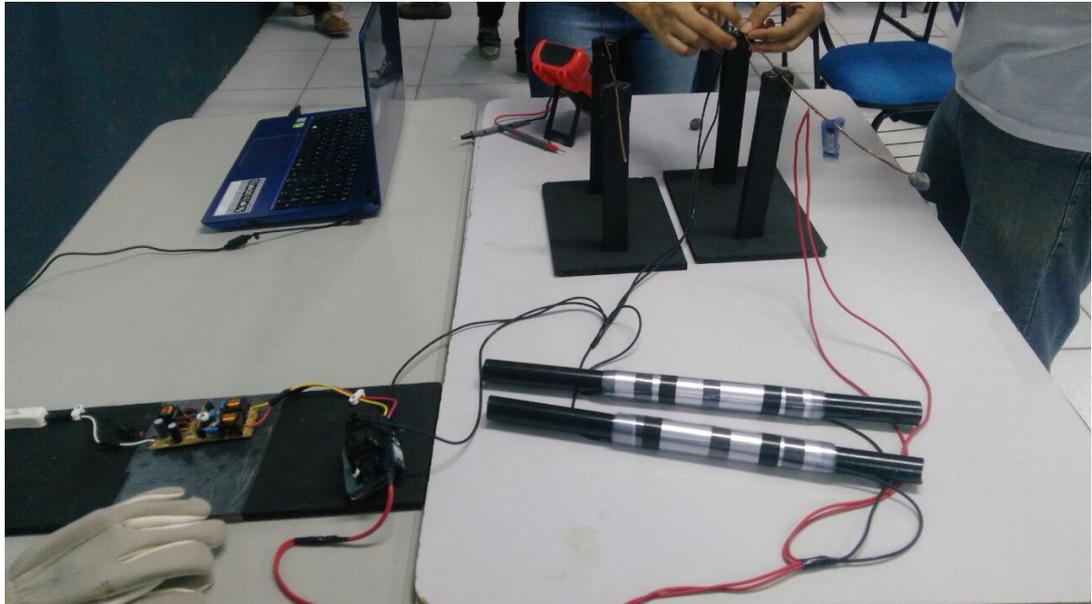


Figura 4 - Preparação para demonstração do Experimento de Hertz

## 5 | CONCLUSÃO

Após vários testes, foi possível recriar o experimento de Hertz e demonstrar na prática a existência das ondas eletromagnéticas, que eram ditas na teoria de Maxwell, utilizando aparelhos simples e algum conhecimento em física. As melhorias no experimento foram realizadas através de tentativas para deixá-lo mais seguro e eficiente. De todo, o objetivo principal foi alcançado ao comprovar a propagação das ondas eletromagnéticas no ar e recriar o experimento realizado por Hertz, porém modificando os materiais.

## REFERÊNCIAS

NOTAROS, Branislav M. **Eletromagnetismo**. – São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.

HAYT Jr, William H. e BUCK, John A. **Eletromagnetismo**. 8ª Ed. – Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2013.

GRIFFITHS, David J., **Eletrodinâmica**, São Paulo: Pearson Education, 3 ed, 2011

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

