



Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA
Programa de Pós-graduação em Física

Anais do XVIII EFITA – Encontro de Física do ITA Manuel
Malheiro



14 a 17 de julho de 2025
São José dos Campos - SP

Comissão Organizadora

*Prof. Dr. André Luis de Jesus Pereira
(Coordenador Geral)*

*Prof. Dr. César Henrique Lenzi
(Vice-Coodenador)*

Prof. Dr. Argemiro Soares da Silva

Prof. Dr. Felipe Matusalem de Souza

Profa. Dra. Marcilene Cristina Gomes

Profa. Dra. Mariane Satomi Weber Murase

Prof. Dr. Pedro José Pompeia

Prof. Dr. Rodrigo Sávio Pessoa

Prof. Dr. Wayne Leonardo Silva de Paula

Prof. Dr. Luiz Fernando de Araújo Ferrão

Anderson Coelho

Angélica Galvão dos Santos Silva

Barbara Letícia Tomaz Pedroso

Barbara Maria Silva da Fonseca

Carla Cursino

David Alexandre Graves

Eduardo Ferreira Martins

Felipe Avelino Brasil Nicolau de Oliveira

Felipe Dal Cin Rodrigues Costa

Gabriel dos Santos Conceição Schwengber

Ghuerta Lima Mayr

Giovana Fazenda

Gustavo Bressanim Cavalheiro da Costa

Gustavo Diniz Oliveira da Hora

Helen Caroline de Souza Barros

Jade Helena Campos Augstroze

Letícia Carolaine Silva Faria

Luiz Eduardo Sivieri

Maria Gabrielle Cipriano Monteiro

Mariana Maia de Góes

Marina Clara Ribeiros dos Santos

Marlon Maxuel Souza Mendes

Matheus Damião Machado Torres

Michaela Shiotani Marcondes

Natali da Silva Barbosa

Pietra Sautchuk Puppi

Rafael da Silva Leal

Regiley Pimenta Ramos de Oliveira

Rodrigo de Siqueira Bicudo

Rodrigo Prado Medeiros Leite da Silva

Thaís Macedo Vieira

Víctor Hugo Guedes Nântua

Vitória Isabelle dos Santos Argiona

Yuri Barros Mendes

Patrocinadores

Gold



Silver



Apoio



Sumário

Apresentação	4
Encontro de Física do ITA: Como Tudo Começou	5
Agenda	6
Palestras convidadas	9
Óptica fazendo a diferença nas ciências da vida	9
Sistemas Dinâmicos e a Física Solar	9
Informática de Materiais	9
Ondas Gravitacionais e a Era da Astrofísica Multimessageira	10
O tokamak TCABR no estudo da física 3D em plasmas	10
Impacto nos Negócios: Radar de Aplicações de Computação Quântica	10
Minicursos e Workshops	11
Ciência de Dados e Inteligência Artificial	11
Tecnologias e Computação Quântica	12
Microscopia Correlativa Avançada para Caracterização Físico-Química de Materiais	13
Técnicas Avançadas de Caracterização por Difração de Raios X	14
Seção de Painéis	15
Área: Física Atômica e Molecular	15
Área: Física de Plasmas	41
Área: Física Nuclear	67
Área: Dinâmica	87
Área: Educação	92

Índice de Autores

110

Apresentação

É com grande satisfação que apresentamos o Livro de Resumos do XVIII Encontro de Física do ITA Manuel Malheiro (EFITA), realizado entre os dias 14 e 17 de julho de 2025, no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), em São José dos Campos. Nesta edição, o evento teve como tema central “Ciência e Tecnologias Quânticas”, em consonância com o Ano Internacional da Ciência e Tecnologia Quânticas, declarado pela UNESCO em celebração ao centenário da mecânica matricial — marco da física moderna.

O XVIII EFITA consolidou-se, mais uma vez, como um espaço privilegiado para a apresentação e a discussão de pesquisas em física, promovendo o intercâmbio entre estudantes, professores e pesquisadores de diversas instituições. Idealizado pelo Programa de Pós-Graduação em Física em colaboração com o Departamento de Física do ITA, o evento manteve seu compromisso com a excelência acadêmica e científica, ao reunir atividades que evidenciaram a relevância da física para os avanços tecnológicos e para a formação de novos cientistas.

A programação foi composta por palestras, minicursos, workshops e visitas técnicas. Entre os temas abordados, destacaram-se a óptica aplicada às ciências da vida, física solar, informática de materiais, ondas gravitacionais, simulações computacionais em nanotecnologia, mecânica quântica, física de plasmas e aplicações da computação quântica nos negócios.

Tivemos a honra de contar com palestrantes renomados, como o Prof. Dr. Vanderlei Salvador Bagnato (IFSC-USP), o Dr. Érico Luiz Rempel (ITA), o Dr. Gustavo M. Dalpian (IFUSP), o Dr. Márcio Eduardo da Silva Alves (UNESP), o Dr. Gustavo Paganini Canal (USP) e os professores Gustavo Corrêa Mirapalheta e Rodrigo Togneri (FGV). As contribuições desses convidados enriqueceram intensamente as discussões científicas promovidas durante o evento.

Como elemento essencial do EFITA, a apresentação dos trabalhos dos participantes, incluindo alunos do ITA e de outras instituições, teve destaque na programação. Os trabalhos foram apresentados na forma de pôster e estão reunidos neste livro de resumos, que registra a diversidade e a qualidade das pesquisas desenvolvidas na área de física e em temas interdisciplinares.

A realização do XVIII EFITA reafirmou a importância da formação científica e da promoção de espaços de diálogo e inovação. Este livro de resumos permanece como um testemunho da vitalidade da comunidade acadêmica em física e de seu papel na construção de soluções para os desafios contemporâneos da ciência e da tecnologia. Disponibilizamos esta publicação de forma acessível, por meio do site oficial do evento, como forma de ampliar o alcance do conhecimento compartilhado e contribuir com a missão do PG-FIS de formar pesquisadores qualificados, com sólida base científica e tecnológica, capazes de promover o avanço da ciência, da inovação e do desenvolvimento nacional.

Agradecemos a todos os participantes, colaboradores e apoiadores que tornaram possível a realização deste importante evento.

Prof. Dr. André Luis de Jesus Pereira - Coordenador Geral do XVIII EFITA

Prof. Dr. César Henrique Lenzi - Vice-Coordenador do XVIII EFITA

Encontro de Física do ITA: Como Tudo Começou

Idealizador do Encontro de Física, marco anual que reúne estudantes, professores e pesquisadores, Manuel Malheiro não foi apenas mestre - verdadeiro mentor, inspirador e amigo - seu entusiasmo contagiante pela física acendeu em nós a curiosidade, nos levando a explorar o universo com novos olhos e mentes.

Paciência e dedicação infinitas e incansáveis, fez dos conceitos mais complexos acessíveis e fascinantes. Além de vasto conhecimento, o Professor se destacou por sua humanidade. Sempre disposto a ouvir, orientar e apoiar alunos, não apenas como acadêmicos, mas como pessoas. Legado que viverá em cada fórmula compreendida, em cada experimento realizado, e em cada aluno que ele inspirou a seguir uma carreira científica. O impacto de suas aulas e de sua personalidade reverberara através de gerações.



Prof. Manuel Máximo Bastos Malheiro de Oliveira

Agenda

Horário	Seg 14	Ter 15	Qua 16	Qui 17		
08:00	Credenciamento					
08:30		Minicurso 1	Visita Técnica (LPP/CCM/CEI)	Workshop 2 / Minicurso 2		
09:00						
09:30						
10:00		Coffee-Break			Coffee-Break	Coffee-Break
10:30		Palestra 1 + Abertura			Palestra 3	Palestra 5
11:00						
11:30						
12:00	Almoço	Almoço	Almoço	Almoço		
13:00	PG - Fis. Nuclear	PG - Fis. Plasma	PG - Fis. Caos	PG - Fis. Atômica		
13:30	Minicurso 1	Workshop 1 e 2 / Minicurso 2	Workshop 1 e 2 / Minicurso 2	Palestra 6		
14:00						
14:30						
15:00	Sessão Pôsters + Coffee	Sessão Pôsters + Coffee-Break	Sessão Pôsters + Coffee-Break	Sessão Pôsters + Coffee-Break		
15:30						
16:00				Premiação + Encerramento		
16:30	Palestra 2	Palestra 4	Workshop 1 e 2 / Minicurso 2			
17:00						
17:30						
18:00						

Seg - 14 de Julho de 2025

08h00 - 10h00: Credenciamento

10h00 - 10h30: Coffee break

10h30 - 12h00: Palestra de abertura do XVIII EFITA

Prof. Dr. Vanderlei Salvador Bagnato (IFSC - USP)

Título: Óptica fazendo a diferença nas ciências da vida

12h00 - 13h00: Almoço

13h00 - 13h30: Apres. PG/FIS-C (Dinâmica Não-Linear e Sistemas Complexos)

Prof. Dr. Érico Luiz Rempel (ITA)

13h30 - 15h00: Minicurso

Ms. Bruno Jardim (PoDAcademy)

Título: Ciência de Dados e Inteligência Artificial

15h00 - 16h30: Coffee break + Sessão de Pôsteres

16h30 - 18h00: Palestra

Dr. Érico Luiz Rempel (ITA)

Título: Sistemas Dinâmicos e a Física Solar

Ter - 15 de Julho de 2025

08h30 - 10h00: Minicurso

Luiz Augusto (Venturus)

Prof. Dr. Ivan Guilhon Mito Rocha (ITA)

Título: Tecnologias e Computação Quântica

10h00 - 10h30: Coffee break

10h30 - 12h00: Palestra

Dr. Gustavo M. Dalpian (IFUSP)

Título: Informática de Materiais

12h00 - 13h00: Almoço

13h00 - 13h30: Apresentação PG/FIS-N (Nuclear)

Prof. Dr. Franciole da Cunha Marinho (ITA)

13h30 - 15h00:

Minicurso

Ms. Bruno Jardim (PoDAcademy)

Título: Ciência de Dados e Inteligência Artificial

Workshop

Dr. Leonardo Boiadeiro Ayres Negrão

Técnicas Avançadas de Caracterização por Difração de Raios X

15h00 - 16h30: Coffee break + Sessão de Pôsteres

16h30 - 18h00: Palestra

Dr. Márcio Eduardo da Silva Alves (UNESP)

Título: Ondas Gravitacionais e a Era da Astrofísica Multimessageira

Qua - 16 de Julho de 2025

08h30 - 12h00: Visita Técnica - LPP e CCM

12h00 - 13h00: Almoço

13h00 - 13h30: Apresentação PG/FIS-P (Plasma)

Prof. Dr. Rodrigo Sávio Pessoa (ITA)

13h30 - 15h00:

Workshop

Dr. Igor Carvalho

Título: Microscopia Correlativa Avançada para Caracterização Físico-Química de Materiais:
Técnicas Multimodais e micro e nano escala

Workshop

Dr. Leonardo Boiadeiro Ayres Negrão

Técnicas Avançadas de Caracterização por Difração de Raios X

Minicurso

Luiz Augusto (Venturus)

Prof. Dr. Ivan Guilhon Mito Rocha (ITA)

Título: Tecnologias e Computação Quântica

15h30 - 16h30: Coffee break + Sessão de Pôsteres

16h30 - 18h00:

Workshop

Dr. Igor Carvalho

Título: Microscopia Correlativa Avançada para Caracterização Físico-Química de Materiais:
Técnicas Multimodais e micro e nano escala

Workshop

Dr. Leonardo Boiadeiro Ayres Negrão

Técnicas Avançadas de Caracterização por Difração de Raios X

Minicurso

Luiz Augusto (Venturus)

Prof. Dr. Ivan Guilhon Mito Rocha (ITA)

Título: Tecnologias e Computação Quântica

Qui - 17 de Julho de 2025

08h30 - 10h00:

Workshop

Dr. Leonardo Boiadeiro Ayres Negrão

Técnicas Avançadas de Caracterização por Difração de Raios X

Minicurso

Luiz Augusto (Venturus)

Prof. Dr. Ivan Guilhon Mito Rocha (ITA)

Título: Tecnologias e Computação Quântica

10h00 - 10h30: Coffee break

10h30 - 12h00: Palestra

Dr. Gustavo Paganini Canal (USP)

Título: O tokamak TCABR no estudo da física 3D em plasmas

12h00 - 13h00: Almoço

13h00 - 13h30: Apresentação PG/FIS-A (Atômica, Molecular e Matéria Condensada)

Prof. Dr. Rene Felipe Keidel Spada (ITA)

13h30 - 15h00: Palestra

Prof. Dr. Gustavo Corrêa Mirapalheta (FGV)

Prof. Dr. Rodrigo Togneri (FGV)

Título: Impacto nos Negócios: Radar de Aplicações de Computação Quântica

15h00 - 16h30: Coffee break

16h30 - 18h00: Premiação, Homenagens e Encerramento

Palestras convidadas

Palestra 1

Óptica fazendo a diferença nas ciências da vida

Prof. Dr. Vanderlei Salvador Bagnato

IFSC-USP

A apresentação aborda o uso da ação fotodinâmica como estratégia inovadora para quebrar a resistência bacteriana a antibióticos e no tratamento do câncer. Diante da crescente ineficácia dos antibióticos tradicionais, a técnica em subdose se mostra promissora ao tornar bactérias resistentes novamente vulneráveis. Serão também discutidas outras aplicações ópticas no controle microbiológico, incluindo casos de faringoamigdalite associada à pneumonia resistente, além de usos clínicos emergentes no combate ao câncer e outras doenças. Novos experimentos serão apresentados como alternativas aos desafios atuais da saúde.

Palestra 2

Sistemas Dinâmicos e a Física Solar

Prof. Dr. Érico Luiz Rempel

ITA

Os plasmas espaciais podem ser descritos como fluidos condutores turbulentos, cuja dinâmica é influenciada por estruturas coerentes. Identificar e acompanhar essas estruturas é essencial para compreender e prever o comportamento do plasma. A teoria das Estruturas Coerentes Lagrangianas, desenvolvida para descrever o transporte em fluidos, permite detectar barreiras que controlam esse movimento. Revisamos sua aplicação a plasmas espaciais, destacando seu potencial para entender fenômenos na atmosfera solar.

Palestra 3

Informática de Materiais

Prof. Dr. Gustavo M. Dalpian

IFUSP

Os métodos de aprendizado de máquina (ML) tornaram-se essenciais na pesquisa de materiais, impulsionados pela disponibilidade de conjuntos de dados estruturais e eletrônicos derivados da mecânica quântica. Além de prever propriedades de materiais, ML pode ser usado para interpretações mais profundas. Neste trabalho, apresentamos exemplos de ML interpretável para entender a natureza do gap de semicondutores e aplicações de processamento de linguagem natural para recuperar conhecimento latente sobre a redução de CO₂ a partir da literatura científica.

Palestra 4

Ondas Gravitacionais e a Era da Astrofísica Multimessageira

Prof. Dr. Márcio Eduardo da Silva Alves
UNESP

As ondas gravitacionais, previstas por Einstein, revolucionaram a astrofísica ao permitir a observação de fenômenos antes inacessíveis. Nesta palestra, exploraremos seus fundamentos, principais fontes, avanços tecnológicos na detecção e o papel de observatórios como LIGO, Virgo e KAGRA. Também discutiremos como sua combinação com outros mensageiros cósmicos pode transformar nosso entendimento do universo.

Palestra 5

O tokamak TCABR no estudo da física 3D em plasmas

Prof. Dr. Gustavo Paganini Canal
USP

O Tokamak TCABR está sendo atualizado para investigar perturbações magnéticas nos ELMs, com um novo conjunto de 108 bobinas, controle digital, plasma guns para prolongar descargas e diagnósticos avançados, além de um sistema de condicionamento de parede para manter a estabilidade dos experimentos a até 200 °C.

Palestra 6

Impacto nos Negócios: Radar de Aplicações de Computação Quântica

Prof. Dr. Gustavo Corrêa Mirapalheta, Prof. Dr. Rodrigo Togneri
FGV

A computação quântica promete revolucionar os negócios, acelerando a solução de problemas complexos em áreas como logística, finanças e segurança cibernética. Empresas que explorarem essa tecnologia desde já podem ganhar vantagem competitiva no futuro.

Minicursos e Workshops

Mini-curso 1

Ciência de Dados e Inteligência Artificial

Ms. Bruno Jardim

PoDAcademy

1. Carreiras em Dados

Principais papéis: Analista de Dados, Engenheiro de Dados, Cientista de Dados, Engenheiro de Machine Learning.

Skills essenciais e trilhas de aprendizado; Salários e demanda no mercado atual (Brasil e global).

2. Negócios

Visão geral sobre Negócios; A importância do entendimento do problema: “Tudo começa no negócio”; Segmentos de Negócio

3. Cloud Computing

História; Conceitos: IaaS, PaaS, SaaS; Principais players: AWS, Azure, GCP; Principais Features Cloud AWS; Instanciando um Cluster EMR; Acessando ambiente JupyterHub.

Período 2: Engenharia de Dados

4. Engenharia de Dados

Visão Geral; ETL vs ELT; Pipelines de dados: ingestão, tratamento, armazenamento; Data Lake vs Data Warehouse vs Lakehouse; Arquiteturas Online, Batch e Streaming; Feature Store; Contexto do problema de negócio real que será resolvido no Workshop; Criando variáveis preditivas para algoritmos de Machine Learning.

Período 3: Ciência de Dados

5. Ciência de Dados

Visão Geral; O papel da Ciência de Dados na jornada analítica; CRISP-DM; Algoritmos de Machine Learning: árvore de decisão, random forest, XGBoost, logistic regression, SVM, CatBoost, Redes Neurais, entre outros; Seleção de Variáveis; Avaliação de Modelos: KS, Gini, Curva ROC, entre outras; AutoML; Implantação de Modelos.

Tecnologias e Computação Quântica

Luiz Augusto¹, Prof. Dr. Ivan Guilhon Mitoso Rocha²

¹Venturus, ²ITA

A COMPUTAÇÃO QUÂNTICA é a ciência que estuda as aplicações das teorias e propriedades da MECÂNICA QUÂNTICA na Ciência da Computação. Dessa forma seu principal foco é o desenvolvimento do computador quântico.

Na computação clássica o computador é baseado na arquitetura de Von Neumann que faz uma distinção clara entre elementos de processamento e armazenamento de dados, isto é, possui processador e memória destacados por um barramento de comunicação, sendo o seu processamento sequencial.

Entretanto os computadores atuais possuem limitações, como por exemplo na área de Inteligência Artificial (IA), onde não existem computadores com potência ou velocidade de processamento suficiente para suportar uma IA avançada. Dessa forma surgiu a necessidade da criação de um computador alternativo dos usuais que resolvesse problemas de IA, ou outros como a fatoração em primos de números muito grandes, logaritmos discretos e simulação de problemas da Física Quântica.

A Lei de Moore afirma que a velocidade de um computador é dobrada a cada 12 meses. Assim sempre houve um crescimento constante na velocidade de processamento dos computadores. Entretanto essa evolução tem um certo limite, um ponto onde não será possível aumentar essa velocidade e então se fez necessária uma revolução significativa na computação para que este obstáculo fosse quebrado. E assim os estudos em Computação Quântica se tornaram muito importantes e a necessidade do desenvolvimento de uma máquina extremamente eficiente se torna maior a cada dia.

Sobre o MINICURSO:

O minicurso terá uma duração de 5 horas, tratando dos seguintes temas:

- Classical bits vs Quantum bits;
 - A esfera de Bloch;
 - Interferência, Paralelismo e Emaranhamento Quântico;
 - Gates Quânticos de um e dois qubits;
 - Circuitos Quânticos;
 - Algoritmos Quânticos.
-

Microscopia Correlativa Avançada para Caracterização Físico-Química de Materiais: Técnicas Multimodais e micro e nano escala

Dr. Igor Carvalho

Horiba

Análise óptica refere-se ao processo amplo e geral pelo qual a estrutura e as propriedades de um material são investigadas e medidas. É um processo fundamental no campo da física e ciência dos materiais, sem o qual nenhuma compreensão científica dos materiais de engenharia poderia ser estabelecida. Embora muitas técnicas de caracterização sejam praticadas há séculos, como a microscopia óptica básica, novas técnicas e metodologias surgem constantemente. Em particular, o avanço de algumas técnicas de caracterizações microscópicas, como espectroscopias Raman e de fluorescência, fotoluminescência, eletroluminescência, micro XRF e espectrometria de emissão óptica por descarga luminescente, revolucionou o campo. As técnicas de espectroscopia fornecem informações valiosas sobre a amostra estudada, como composição físico-química e estrutural. Com base na interação luz-matéria, obtemos informações relevantes, como distribuição de partículas, homogeneidade, tamanho de grão, mudanças de fase e diversas outras características da amostra por meio da avaliação físico-química do material. A HORIBA apresentará soluções de caracterização multimodal que possibilitam medições colocalizadas de propriedades físicas e químicas. Essas técnicas permitem a obtenção de imagens e a análise de estruturas e composições em escalas muito menores do que era possível anteriormente, levando a um enorme aumento no nível de compreensão do porquê diferentes materiais apresentam propriedades e comportamentos distintos. Essa abordagem colocalizada facilita a identificação e a caracterização de vários compostos, fornecendo dados essenciais sobre suas estruturas e composições moleculares, incluindo potenciais contaminantes em micro e nanoescala. Também discutiremos a combinação de imagens de fotoluminescência excitada por laser e espalhamento Raman de cristais bidimensionais (2D) para revelar a estrutura do estado sólido. Atualmente, muitos estudos estão migrando para pesquisas em nanoescala, a fim de obter uma melhor compreensão de muitos nanoprocessos, que só podem ser determinados em nanoescala e não são reproduzíveis em microescala. Técnicas de caracterização nanométricas estão se tornando mais populares, como AFM-Raman, que combina as capacidades de AFM para caracterizar a morfologia e a estrutura, e as capacidades de Raman para caracterizar a composição química da amostra em nanoescala. Aplicações envolvendo tais técnicas têm crescido rapidamente nos últimos anos. A demanda vem principalmente de diversas áreas da ciência dos materiais, como telecomunicações por fibra óptica, conversão de energia solar, meios lasers, tecnologias LED e OLED, farmacêuticas, fotovoltaicas, grafeno, células, nanopartículas, microplásticos, entre outras, e desenvolvimento de nanopartículas de upconversion para análises biomédicas e bioimagem.

Técnicas Avançadas de Caracterização por Difração de Raios X

Dr. Leonardo Boiadeiro Ayres Negrão

Malvern Panalytical

A difração de raios X é uma das técnicas mais consagradas para a caracterização estrutural de materiais, sendo amplamente utilizada na determinação de fases cristalinas, parâmetros de rede, tamanho de cristalito, microdeformações e análises quantitativas. Com o avanço das fontes de radiação, dos detectores e dos métodos de análise, a técnica evoluiu significativamente, permitindo investigações em escalas micro e nanométricas com alto grau de precisão. Neste workshop, serão abordadas técnicas avançadas de caracterização por difração de raios X, incluindo refinamento de estrutura cristalina por método de Rietveld, análise de tensão residual, texturização, estudos in situ e operando, além da integração da difração com outras técnicas analíticas, como fluorescência de raios X (XRF) e tomografia. A caracterização estrutural em sistemas complexos, como filmes finos, materiais nanoestruturados, cerâmicas funcionais, metais, ligas e materiais híbridos, será discutida com enfoque na resolução de desafios experimentais e na interpretação crítica dos dados. Serão apresentados também exemplos de aplicações em diferentes áreas, como ciência dos materiais, engenharia, química, geociências e física do estado sólido, demonstrando como a difração de raios X contribui para o desenvolvimento de novos materiais e para a compreensão aprofundada de seus comportamentos estruturais. A proposta do workshop é oferecer uma visão atualizada e aplicada das técnicas modernas de DRX, destacando sua relevância para investigações em materiais avançados e sua integração com abordagens multimodais de caracterização.

Seção de Painéis

Área: Física Atômica e Molecular

P1

Polaritons em Cavidades Híbridas: Conectando Éxcitons de Frenkel e de Wannier - Mott

V. G. M. Duarte^{1,2}, A. J. Chaves², N. M. R. Peres^{1,2}

¹Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ²Laboratório Ibérico Internacional de Nanotecnologia

e-mail: vgmduarte@gmail.com

Controlar a interação entre luz e matéria é um dos objetivos centrais da fotônica moderna, com aplicações que vão de sensores ultrasensíveis a tecnologias quânticas emergentes [1]. Materiais 2D e moléculas orgânicas, por sua forte resposta óptica, têm se destacado como plataformas promissoras para alcançar esse controle [2,3]. Neste trabalho, mostramos que, ao combinar esses dois sistemas dentro de uma cavidade óptica, é possível formar uma nova partícula híbrida – o polariton – que reúne as vantagens de ambos [4,5]. Usando um modelo microscópico, demonstramos que esse acoplamento híbrido pode intensificar significativamente a interação com a luz. Como exemplo, mostramos que um sistema composto por um dissulfeto de tungstênio (WS₂) e moléculas corantes pode atingir um aumento de até 5% na força de acoplamento. Além disso, o modelo permite controlar esse efeito de forma precisa, oferecendo uma nova rota para o design de dispositivos optoeletrônicos e plataformas para física quântica em estado sólido.

Palavras-chave: éxciton; polariton; cavidade óptica.

Agradecimentos: V. G. M. D. agradece à Capes (Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de doutorado-sanduíche.

Referências Bibliográficas:

- [1] Krasnok A. E. et al., ACS Photonics 5, 24 - 42 (2017).
 - [2] Liu X. et al., Nature Photonics 9, 30 - 34 (2015).
 - [3] Flick J. et al., Nanophotonics 7, 1479 - 1501 (2018).
 - [4] Duarte V. G. M. et al., arXiv:2504.09631 (2025).
 - [5] Duarte V. G. M. et al., Physical Review B (in press) (2025).
-

Explorando o imperceptível: Ensino da Mecânica Quântica através de Simulações Interativas

Matheus Augusto Santos Antoniazzi^{1,2}, Lara Kühl Teles²

¹Universidade Cruzeiro do Sul Virtual, ²Grupo de Materiais Semicondutores e Nanotecnologia, Departamento de Física, Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)

e-mail: augustoantoniazzi04@gmail.com

Em 1925, um artigo publicado por Werner Heisenberg mudou completamente a visão dos físicos sobre a mecânica quântica, que já era conhecida devido ao trabalho de Max Planck sobre o corpo negro [1]. Devido ao foco dessa área ser a escala atômica, se torna complexo e abstrato lecionar muitos de seus fundamentos e conteúdo [2]. Sendo assim, os autores propuseram uma abordagem computacional para esse problema, visando uma melhor compreensão através da visualização [3]. Destarte, foram realizadas simulações de tópicos indispensáveis de mecânica quântica [4], como os poços quânticos, com a linguagem de programação Python e o ambiente Google Colab. Através dos widgets criados nesse trabalho, foi possível modificar parâmetros e observar prontamente os efeitos nas simulações. Os códigos referenciados foram disponibilizados gratuitamente em um repositório no GitHub. Dessa forma, os autores acreditam ter contribuído para o ensino interativo da mecânica quântica aos mais diversos estudantes.

Palavras-chave: Ensino; Interatividade; Mecânica Quântica; Python; Simulações.

Referências Bibliográficas:

- [1] Quantum mechanics 100 years on: an unfinished revolution. *Nature*, v. 637, n. 8045, p. 251 - 252, 8 jan. 2025.
 - [2] SOUZA, S. et al. Contributos ao ensino de mecânica quântica a partir da análise da complexidade de questões presentes no ENADE à luz da Taxonomia de Bloom revisada. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 42, 2 nov. 2019.
 - [3] JAIME, D. M.; LEONEL, A. A. Uso de simulações: Um estudo sobre potencialidades e desafios apresentados pelas pesquisas da área de ensino de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 46, 2024.
 - [4] GRIFFITHS, David J. *Mecânica quântica*. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2011.
-

Estudo Teórico da Formação de HOCO^+ em Ambientes Astrofísicos

Caetano D. Z. Fermino¹, Rene F. K. Spada²

¹Centro Universitário do Sagrado Coração - UNISAGRADO, ²Instituto Tecnológico de Aeronautica

e-mail: ferminocaetano867@gmail.com

Ao longo do ciclo de vida estelar, a composição das estrelas varia devido às reações de fusão nuclear responsáveis pela geração de energia [1]. Estrelas do ramo assintótico das gigantes (RAG) possuem núcleos ricos em ^{12}C e ^{16}O , com camadas onde ocorre a fusão de hélio em carbono e de hidrogênio em hélio. Estrelas com mais de 8 massas solares sintetizam elementos mais pesados, como neônio, magnésio, silício e enxofre [2], que podem formar moléculas nos invólucros estelares ou serem ejetados ao meio interestelar. Estima-se que cerca de 80% da matéria interestelar tenha essa origem [3]. Este trabalho estuda a formação de moléculas nesses ambientes, com foco no dióxido de carbono (CO_2), que, por ser apolar, não pode ser detectado por espectro rotacional [4]. Sua forma protonada (HOCO^+) permite uma detecção indireta [5]. Apresentam-se resultados computacionais preliminares sobre a termoquímica das reações envolvidas na formação do íon HOCO^+ .

Palavras-chave: estrutura eletrônica, meio interestelar, formação de moléculas

Agradecimentos: Agradeço ao CNPq pelo apoio financeiro concedido

Referências Bibliográficas:

1. Siess, L. *Astron. Astrophys.* 2006, 448, 717 - 729.
 2. Ziurys, L. M. P. *Natl A. Sci.* 2006, 103, 12274 - 12279.
 3. Marvel, K. B. *The Astron. J.* 2005, 130, 261 - 268.
 4. Herbst, E.; Green, S.; Thaddeus, P.; Klemperer, W. *The Astrophys. J.* 1977, 215,503.
 5. Buhl, D.; Snyder, L. *Nature* 1970, 228, 267 - 269.
-

Helicenos como novos materiais semicondutores: um estudo computacional

Guilherme A. Salles, Francisco B. C. Machado,
Instituto Tecnológico da Aeronáutica,

e-mail: guilhermegas@ita.br

Helicenos são hidrocarbonetos policíclicos aromáticos de formato helicoidal e espécies dessa classe com substituições já foram aplicadas em dispositivos eletrônicos orgânicos [1]. Nesse sentido, é interessante entender como as propriedades de helicenos variam conforme o tamanho molecular, para servir como base para futuros estudos de moléculas com potencial semicondutor. Nesse estudo, utilizou-se a teoria do funcional da densidade (DFT) nas aproximações M06-2X, M06-2X-D3 e ω B97XD com o conjunto base def2-SVP para otimizar as estruturas de helicenos prístinos com quatro a dezesseis anéis fundidos, e obter os gaps de energia singleto-triplete, estimar a aromaticidade, pelo método HOMA, e calcular a entalpia de atomização. Os resultados mostraram pouca variação na reatividade e estabilidade com o crescimento da molécula, com gap de 3,0 eV, indicando a necessidade de diminuição do gap para aplicações como semicondutores orgânicos [2], que podem ser obtidas por modificações nas estruturas[3].

Palavras-chave: heliceno; eletrônicos; química computacional; Agradecimentos: Agradeço ao ITA pela infraestrutura concedida. Referências Bibliográficas:

[1] Y. Shen, C. Chen, Chemical Reviews, vol. 112, p. 1463 - 1535.

[2] S. M. Sze, K. K. Ng, Physics and Properties of Semiconductor - A Review. In: Physics of Semiconductor Devices (eds S.M. Sze and K.K. Ng), 2006.

[3] J. V. M. Pimentel et al, Journal of Physical Chemistry A, vol. 129, p. 470-480 (2025).

Estudo teórico de modelos representativos do h-BN para aplicação em fotocatalise

Adryha M. F. Costa; Letícia C. S. Faria, Luiz F. A. Ferrão, Leonardo T. Ueno

Departamento de Química, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, São Paulo, Brasil

Nos últimos anos, devido a preocupações ambientais crescentes, muitos estudos têm sido realizados visando a produção de combustíveis a partir de processos fotocatalíticos. [1-3] Neste trabalho propomos o estudo teórico/computacional de sistemas representativos do nitreto de boro (h-BN) e a sua viabilidade de utilização em processos fotocatalíticos a partir do conhecimento da estrutura eletrônica e da utilização de critérios termodinâmicos. O h-BN pristina é um isolante com elevado bandgap e uma das formas mais efetivas para aumentar a sua eficiência catalítica é por meio da dopagem com outros elementos.[4] Neste trabalho apresentamos resultados relacionados às propriedades do sistema não dopado e dopado através da incorporação de elementos como carbono, boro e oxigênio.

Palavras-chave: nitreto de boro; DFT; estabilidade termodinâmica; fotocatalise.

Agradecimentos: CAPES

Referências Bibliográficas:

- [1] H. Zhou et al., Chem. Eur. J. 22, 9870 (2016).
 - [2] C. Peng et al., J. Chem. Phys. 147, 030901 (2017).
 - [3] M. Laghaei et al., J. Mater. Chem. A. 11, 11925 (2023).
 - [4] D. Liu et al., Chem. Rec. 24, 202300334 (2024).
-

Uso de Machine Learning para o aumento de precisão em simulações quânticas de ligas semicondutoras

Carolina Geronimo de Campos¹, Filipe Matusalém², Claudio Ribeiro da Silva², Marcelo Marques²

¹Universidade de São Paulo, ²Instituto Tecnológico de Aeronáutica

e-mail: carolina.geronimo@usp.br Ligas são materiais constituídos a partir da mistura de espécies químicas já conhecidas, o que permite a obtenção de propriedades intermediárias ajustáveis e favorece o desenvolvimento de novos dispositivos. No entanto, devido à distribuição atômica desordenada das ligas, o número de combinações possíveis cresce exponencialmente conforme o tamanho da célula, tornando inviável, do ponto de vista computacional, a simulação direta por métodos quânticos convencionais. Neste contexto, o presente trabalho propõe o uso de aprendizado de máquina como alternativa para contornar tais limitações[[[1]]. A metodologia baseia-se no treinamento de redes neurais mediante ferramentas do DeePMD[[2]], com dados de simulações quânticas de células menores da liga $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{O}_3$, obtidas via VASP. Com a rede treinada, objetiva-se obter um modelo capaz de prever a energia de configurações em sistemas maiores, otimizando o custo computacional e aumentando a precisão de simulações quânticas de ligas semicondutoras[[[2][3]].

Palavras-chave: Machine Learning; Redes neurais; Ligas semicondutoras.

Agradecimentos: CNPq

Referências Bibliográficas:

- [1] SCHMIDT, J. et al. Recent advances and applications of machine learning in solid-state materials science. *npj Computational Materials*, v. 5, n. 1, 8 ago. 2019.
 - [2] ZHANG, L. et al. Deep Potential Molecular Dynamics: A Scalable Model with the Accuracy of Quantum Mechanics. *Physical Review Letters*, v. 120, n. 14, 4 abr. 2018.
 - [3] WANG, H. et al. DeePMD-kit: A deep learning package for many-body potential energy representation and molecular dynamics. *Computer Physics Communications*, v. 228, p. 178 - 184, jul. 2018.
-

Propriedades Termofísicas dos Metais Alcalinos: Uma Abordagem da Teoria da Função de Partição com Inclusão de Estados Eletrônicos de Baixa Energia

Carlos D. da Silva¹, Marcos D. S. Alves¹, Maikel Y. Ballester¹, Ramon S. da Silva^{1,2}

¹Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), ²Universidade Federal Fluminense (UFF)

e-mail: carlos.daniel@estudante.ufjf.br

Este trabalho apresenta uma abordagem computacional para o cálculo de propriedades termofísicas de sistemas gasosos, como entropia, capacidade térmica, entalpia e energia livre de Gibbs, utilizando a teoria de função de partição [1,2]. As propriedades são derivadas a partir de curvas de energia potencial obtidas com o modelo Extended Hartree-Fock Approximate Correlation Energy, baseado em cálculos ab initio [2,3]. A metodologia leva em consideração a contribuição de estados eletrônicos de baixa energia em moléculas diatômicas e permite a determinação de coeficientes do Virial por representações analíticas desenvolvidas para "dímeros" de metais alcalinos. As propriedades calculadas são aplicadas a gases diatômicos, e são derivadas equações de estado para gases monoatômicos, cujos resultados são validados por comparação com dados experimentais [4]. A abordagem destaca a importância das interações intermoleculares e dos estados excitados na modelagem termodinâmica de gases reais.

Palavras-chave: Curvas de Energia Potencial; Gás de Metais alcalinos; Propriedades Termofísicas ;

Agradecimentos: O apoio financeiro da CAPES, do CNPq e da FAPEMIG (Ref.: BPD-00115-22) é reconhecido. Ramon S. da Silva agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ, E-26/205.639/2022) pelo apoio.

Referências Bibliográficas:

- [1] Mario Capitelli et al, Atomic, Optical, and Plasma Physics (2012).
 - [2] Herzberg, G. et al., Molecular Spectra and Molecular Structure, II infrared and Raman Spectra of Polyatomic Molecules, 2nd ed., (1945).
 - [3] Varandas, A. J. et al, J. Chem. Soc., Faraday Trans., 88. 941 - 954 (1992).
 - [4] Chase et al, Journal of Physical and Chemical (1998).
-

Efeitos da Implantação de Nitrogênio nos precipitados imersos numa matriz austenítica

Guilherme Almeida das Neves¹, Rafael Fillus Chuproski², Willian Rafael de Oliveira¹, Gelson Biscaia de Souza¹, Giuseppe Pintaúde³

¹Universidade Estadual de Ponta Grossa, ²Universidade de Oulu, ³Universidade Tecnológica do Paraná

e-mail: guilhermebuds@gmail.com

A liga Inconel 718 é uma superliga de níquel com estrutura austenítica. Para melhorar suas propriedades mecânicas, controla-se a formação de precipitados γ' - ($\text{Ni}_3(\text{Ti}, \text{Al})$) e γ'' -($\text{Ni}_3(\text{Nb})$) por envelhecimento térmico. No material estudado, identificaram-se precipitados do tipo TiN e Nb_2O_5 . Buscou-se avaliar os efeitos da inserção de nitrogênio na composição desses compostos. Por espectroscopia micro-Raman, observaram-se precipitados ricos em Ti e N com estrutura tipo NaCl, semelhante ao δ -TiN, mas com composição não estequiométrica (M_xN_y , onde M = Ti ou Nb) [1,2]. Também foram observadas bandas associadas ao Nb_2O_5 amorfo ou parcialmente cristalino. Após nitretação por implantação iônica por imersão em plasma, análises adicionais (MEV, EDS e Raman) indicaram que a composição dos precipitados não se altera significativamente. Supõe-se que a difusão de nitrogênio para a matriz austenítica ocorra por gradientes de potencial químico [3].

Palavras-chave: Precipitados, Nitretos, Raman

Agradecimentos: Capes (código 001), C-LABMU/UEPG pelas diversas medidas experimentais.

Referências Bibliográficas:

- [1] G. Biava et al. Surface e Coatings Technology vol.438, página 128398 (2022).
 - [2] G.B. de Souza et al. Surface e Coatings Technology vol.256, página 30-36 (2014).
 - [3] S. Chollet et al, Surface e Coatings Technology vol.235, página 318-325 (2013).
-

Influência da Temperatura na Estrutura Eletrônica, Estabilidade e Reatividade do Trimetilalumínio (TMA) por DFT: Implicações para a Deposição ALD de Al₂O₃

Claudio Andrés Téllez Zepeda, Letícia Carolaine Silva Faria, Filipe Matusalém, Rodrigo Sávio Pessoa, Luiz Fernando de Araújo Ferrão
Instituto Tecnológico de Aeronáutica

A deposição por camadas atômicas (ALD) permite fabricar filmes finos com precisão subnanométrica e ótima conformidade em substratos de geometria complexa. Na deposição de Al₂O₃ por ALD, o trimetilalumínio (TMA) é um precursor largamente utilizado devido à sua alta volatilidade, estabilidade térmica, reatividade controlada, ampla disponibilidade comercial e baixo custo. Considerando sua relevância no processo de ALD, é pertinente investigar as propriedades estruturais, eletrônicas e reacionais do TMA. Em condições ambientes, o TMA existe predominantemente na forma de dímero Al₂(CH₃)₆ (na fase líquida e de vapor), enquanto sob baixa pressão ou temperaturas elevadas ocorre majoritariamente na forma monomérica Al(CH₃)₃. Neste trabalho, analisamos as formas dimérica e monomérica do TMA em diversas temperaturas (de 0 K a 473 K), empregando métodos de química quântica molecular com base na Teoria do Funcional da Densidade (DFT) e utilizando descritores de estabilidade e reatividade.

Palavras-chave: Deposição de Camada Atômica (ALD), Trimetilalumínio (TMA), Teoria do Funcional de Densidade (DFT), Função de Estabilidade de Classificação, Função de Fukui.

Agradecimentos: Ao CNPq (processo no. 141620/2023-4).

Referências Bibliográficas:

- [1] OVIROH, P. O.; AKBARZADEH, R.; PAN, D.; COETZEE, R. A. M.; JEN, T.-C. New development of atomic layer deposition: processes, methods and applications. *Science and Technology of Advanced Materials*, v. 20, n. 1, p. 465-496, 2019.
 - [2] FERNANDES, G. F. S.; MACHADO, F. B. C.; FERRÃO, L. F. A. Identification of Magic Numbers in Homonuclear Clusters: The ϵ_3 Stability Ranking Function. *The Journal of Physical Chemistry A*, v. 124, p. 454-463, 2020.
 - [3] PUCCI, R.; ANGILELLA, G. G. N. Density functional theory, chemical reactivity, and the Fukui functions. *Foundations of Chemistry*, v. 24, p. 59-71, 2022.
 - [4] WIDJAJA, Y.; MUSGRAVE, C. B. Quantum chemical study of the mechanism of aluminium oxide atomic layer deposition. *Applied Physics Letters*, v. 80, n. 18, p. 3304-3306, 2002.
 - [5] BERTHOMIEU, D.; BACQUET, Y.; PEDOCCHI, L.; GOURSOT, A. Trimethylaluminum Dimer Structure and Its Monomer Radical Cation: A Density Functional Study. *The Journal of Physical Chemistry A*, v. 102, p. 7821-7827, 1998.
-

Espalhamento de Pósitrons por Piridina, Pirimidina e Furano

João Gabriel Benetti, Francisco Frighetto, Sergio Sanchez, Alessandra Barbosa

Universidade Federal do Paraná

e-mail: benetticostagabriel@gmail.com O interesse na física de pósitrons cresce devido às suas aplicações tecnológicas e biológicas, como na Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET) [1]. A probabilidade de aniquilação do pósitron com a molécula alvo pode ser descrita pelas seções de choque. Muitos métodos para esse cálculo demandam alto custo computacional, inviabilizando o estudo de moléculas maiores. Para contornar isso, implementamos no Método Multicanal de Schwinger (SMC) o Potencial Modelo [3], que descreve polarização e correlação da molécula com um único parâmetro. Apresentamos resultados das seções de choque diferencial e integral para furano, piridina e pirimidina, moléculas de interesse biológico. Os resultados são satisfatórios, superando até métodos mais sofisticados. Assim, essa abordagem se mostra uma alternativa viável para o estudo de espalhamento em moléculas maiores, unindo eficiência e baixo custo computacional.

Palavras-chave: pósitrons; espalhamento; potencial-modelo;

Referências Bibliográficas:

- [1] S. I. Ziegler et al, Nucl. Phys. A 752, 679 (2005)
 - [2] A. R. Swann et al, J. Chem. Phys. 149, 244305 (2018)
 - [3] F. F. Frighetto et al, Phys. Rev. A 108, 012818 (2023)
-

Investigação Teórica do Complexo Trifluorometil-Hidrazina como Alternativa a Propelente

Pietra Sautchuk Puppi, Rene F. K. Spada

Instituto Tecnológico de Aeronáutica

e-mail: puppi@ita.br

O estudo de propelentes alternativos à Hidrazina (N_2H_4) é crucial para a indústria espacial e para o meio ambiente, visto que esta apresenta problemas de toxicidade e estabilidade [1]. Com isso, surge a possibilidade de se estudarem moléculas derivadas da Hidrazina, como por exemplo a Trifluorometil-Hidrazina ($N_2H_3CF_3$), visto que o grupo CF_3 estabiliza compostos com ligações N-N [2]. Neste trabalho, buscou-se investigar as possíveis reações de desidrogenação da molécula $N_2H_3CF_3$ na presença de Hidrogênio atômico e as suas propriedades termoquímicas. Este estudo computacional foi realizado utilizando o pacote ORCA 5 [3] para simular cálculos de Teoria do Funcional da Densidade (DFT) com o funcional $\omega B97X$, e os métodos MP2, CCSD e DLPNO-CCSD(T). Para estes cálculos, foram utilizadas as bases def2-TZVP, def2-SVP, aug-cc-pVDZ, aug-cc-pVTZ e aug-cc-pVQZ.

Palavras-chave: Trifluorometil-Hidrazina; propelentes; propriedades termoquímicas

Agradecimentos: Agradeço a CAPES.

Referências Bibliográficas:

- [1] J. K. Niemeier et al, *Org. Process Res. Dev.* 17, 12, 1580 - 1590 (2013)
 - [2] B. Krumm et al, *Chemie International Edition in English* 34, 586-588 (1995)
 - [3] F. Neese, Software update: the orca program system, version 5.0, *WIRES Comput. Molec. Sci.* 12 (1) (2022)
-

Física Quântica Aplicada ao Estudo do Efeito de Transporte Eletrônico em Nanoestrutura de Grafeno

Alan Vieira de Souza; Sandra Cristina Ramos

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

A estrutura do grafeno possui três elétrons do tipo sp^2 hibridizados nos orbitais σ e π , sendo este último responsável pela mobilidade eletrônica do sistema [1]. O entendimento sobre esta mobilidade envolve aplicações de física quântica, que permitem compreender o comportamento de condutividade eletrônica do grafeno [2]. Neste, os elétrons próximos aos pontos de Dirac comportam-se como férmions de Dirac sem massa. Desta forma, analisamos o paradoxo de Klein, que envolve a interação de férmions de Dirac sem massa com barreiras de potencial, que devido à natureza relativística do sistema, permite que os elétrons sejam transmitidos como buracos. Os resultados foram obtidos por meio de simulações Kwant [3], que simulou a probabilidade de transmissão em função da energia do elétron. Identificamos o paradoxo de Klein para o grafeno, que mostra a manifestação direta da física relativística em materiais condensados e abre possibilidades para aplicações de efeito hall quântico relativístico.

Palavras-chave: grafeno, nanoestrutura, transporte eletrônico, simulação computacional. Agradecimentos: Agradeço a Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia pelo suporte concedido.

Referências Bibliográficas:

- [1] C. H. S. Silva, Propriedades do Transporte Eletrônico em Nanofitas de Grafeno. Niterói: Universidade Federal Fluminense, (2016).
 - [2] D. S. Costa, Propriedades de Transporte em Nanofitas de Grafeno. Parnaíba: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (2017).
 - [3] Groth, C. W. et al. Kwant: a software package for quantum transport. *New Journal of Physics* 16, 6 (2014).
-

Propriedades mecânicas de vitrocerâmicas de dissilicato de lítio

Abner V. O. De Mello¹, Roni A. Silva¹, Edgar D. Zanotto², Francisco C. Serbena¹

¹Universidade Estadual de Ponta Grossa, ²Universidade Federal de São Carlos

e-mail: abnervvx@gmail.com

Vidros são materiais com amplas aplicações ópticas e químicas, mas possuem comportamento frágil. Um dos métodos para sua tenacificação é através da cristalização. Nesse trabalho, a vitrocerâmica de dissilicato de lítio (LS2), com cristais de tamanho de $10\mu\text{m}$ e fração cristalizada volumétrica variando de 0 a 100%, foram caracterizadas através de medidas de resistência ao microtrincamento [1,2], tenacidade à fratura por indentação, e dureza Vickers. A compreensão dos mecanismos de nucleação e propagação de trincas nessa vitrocerâmica é fundamental para sua aplicação tecnológica, principalmente em materiais odontológicos [3]. Resultados preliminares indicam o decréscimo da resistência ao microtrincamento com o aumento da fração cristalizada. Por outro lado, ocorre o aumento da dureza com o aumento da fração cristalizada e da tenacidade a fratura por indentação.

Palavras-chave: Vidros; Vitrocerâmicas; Propriedades mecânicas; Dissilicato de lítio.

Agradecimentos: Agradeço a UEPG, Capes e ao C-Labmu.

Referências Bibliográficas:

- [1] E. D. Zanotto et al, *Cerâmica* vol. 37, página 247 (1991)
 - [2] Q. Zhang et al, *Applied Materials Today* vol. 34, página 101888 (2023)
 - [3] F. C. Serbena et al, *Acta Materialia* vol. 86, página 216-228 (2015)
-

Desenvolvimento de um potencial interatômico baseado em redes neurais para o fluoreto superiônico CaF_2

Davi Ramos; Filipe Matusalém

Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), 12228-900 São José dos Campos/SP

Compostos de fluoretos superiônicos têm sido objeto de extensa pesquisa na literatura. Esses compostos, também conhecidos como condutores superiônicos, incluem fluoretos de metais alcalino-terrosos (CaF_2), óxidos (CeO_2 dopados) e compostos ricos em lítio[1,2]. Esses materiais têm aplicações potenciais em diversos campos, incluindo conversão de energia, termoelétrica e desenvolvimento de materiais funcionais com alta condutividade iônica[2]. Neste trabalho é estudado o composto superiônico fluoreto de cálcio (CaF_2) através de simulações computacionais baseadas em mecânica quântica e o desenvolvimento de um potencial interatômico baseado em redes neurais. Foram realizadas simulações de dinâmica molecular ab initio, utilizando-se a teoria do funcional da densidade, em sistemas contendo 96 átomos em uma supercélula cúbica. A temperatura do sistema foi variada entre 1000 e 1600 K, mantidas por um termostato do tipo Nosé-Hoover, a fim de se verificar a transição isolante/superiônica. Foi analisada a variação da temperatura e energia do sistema ao longo do tempo de simulação (25 ps) além das curvas de deslocamento quadrático médio, utilizadas para verificar a superionicidade do sistema. Além disso, os dados de dinâmica contendo posições atômicas, forças entre os átomos e energia do sistema foram utilizados para o treinamento inicial de um potencial interatômico via redes neurais com o software DeePMD-kit[4]. O potencial interatômico em desenvolvimento tem como objetivo viabilizar o estudo do material em sistemas com grande número de átomos, mantendo a precisão de métodos ab initio, além de permitir a simulação das transições de fase superiônicas do CaF_2 .

Palavras-chave: superionicidade, CaF_2 , dinâmica molecular.

Agradecimentos: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico Referências Bibliográficas:

[1] CAZORLA, C. et al. High-pressure phase diagram and superionicity of alkaline earth metal diuorides. *The Journal of Physical Chemistry C*, v. 122, p. 12671279, 2018. [2] NELSON, Joseph R.; NEEDS, Richard J.; PICKARD, C. J. High-pressure CaF_2 revisited: A new high-temperature phase and the role of phonons in the search for superionic conductivity. *Physical Review B*, v. 98, p. 224105, 2018. [3] KAVUN, V. et al. Nmr and impedance spectroscopy data on the ionic mobility and conductivity in pbsnf4 doped with alkali metal fluoride. *Journal of Structural Chemistry*, v. 53, p. 290294, 2012. [4] WANG, H. et al. DeePMD-kit: A deep learning package for many-body potential energy representation and molecular dynamics. *Comput. Phys. Commun.*, v.228, p. 178-184, 2018.

Condições de existência de soluções do problema de Pauli da recuperação da fase na mecânica quântica

Karen Fernanda Pagnoni, Felipe Andrade Ferreira da Silva, Alexys Bruno-Alfonso
Faculdade de Ciências de Bauru, UNESP - Universidade Estadual Paulista

e-mail: karen.pagnoni@unesp.br

O problema de Pauli da mecânica quântica consiste em determinar se dois ou mais estados quânticos podem ter as mesmas densidades de probabilidade da posição e do momento [1, 2]. Dentre os métodos de recuperação da fase da função de onda se destaca o algoritmo iterativo de Gerchberg-Saxton [3]. Este pressupõe que as densidades de probabilidade são compatíveis, o que nem sempre acontece. O teste inicial de compatibilidade verifica se as relações de incerteza de Heisenberg são satisfeitas. Na mecânica quântica, essas relações expressam limites fundamentais à determinação simultânea de pares observáveis [4]. No presente trabalho, apresentamos duas condições adicionais de compatibilidade, mais restritivas do que a relação de Heisenberg. Também debatemos a existência de condições baseadas nos momentos estatísticos de ordem superior. Assim, aprimoramos a inicialização do algoritmo Gerchberg-Saxton, visando maior eficiência e aplicabilidade na mecânica quântica.

Palavras-chave: Mecânica Quântica; Relações de Incerteza de Heisenberg; Generalização; Problema de Pauli; Recuperação da Fase;

Agradecimentos: Apoio FAPESP (Processos 2023/15045-1 e 2024/04312-1).

Referências Bibliográficas:

- [1] PAULI, W. General principles of quantum mechanics, Springer-Verlag, Berlin, 1980.
 - [2] GALE, W.; GUTH, E.; TRAMMELL, G. T. Determination of the quantum state by measurements. *Physical Review*, v. 165, n. 5, p. 1434 - 1436, 1968.
 - [3] GERCHBERG, R. W.; SAXTON, W. Practical algorithm for determination of phase from image and diffraction plane pictures. *Optik*, v. 35, 1972.
 - [4] HEISENBERG, W. Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik. *Zeitschrift für Physik*. v. 43, n. 3, p. 172-198, 1927.
-

Estudo teórico dos efeitos do polimorfismo nas propriedades de ligas semicondutoras de perovskitas inorgânicas

Marcos Eduardo Gomes Vieira, Marcelo Marques

Instituto Tecnológico de Aeronáutica

e-mail: marcosegvv@gmail.com

Perovskitas inorgânicas AMX_3 , como $CsPbSnI_3$, têm forte apelo para células solares em razão da alta eficiência e do baixo custo, mas enfrentam rápida degradação e riscos toxicológicos associados ao Pb [1,2]. Além disso, as múltiplas transições polimórficas, como as fases cúbica, tetragonal e ortorrômbica (γ e δ), influenciam decisivamente as propriedades eletrônicas, dificultando a predição de desempenho e estabilidade [3]. Em ligas $CsPb_{1-x}Sn_xI_3$, a combinação de desordem atômica e variações de fase exige métodos estatísticos avançados. Neste trabalho, calcula-se a densidade de estados e bandas eletrônicas das fases cúbica, tetragonal e ortorrômbica (γ e δ) dos extremos $CsPbI_3$ e $CsSnI_3$, corrigindo o gap via DFT-1/2 [4]. Para as ligas $CsPb_{1-x}Sn_xI_3$, emprega-se a expansão GQCA [5] combinada com Monte Carlo e Machine Learning para aprimorar a estatística da desordem. Os resultados fornecerão tendências de variação do gap e da estabilidade relativa dos polimorfos.

Palavras-chave: perovskitas; polimorfismo; dft-1/2; gqca

Agradecimentos: Ao Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC) pelos recursos computacionais e ao grupo de pesquisa GMSN-ITA pelo apoio acadêmico.

Referências Bibliográficas:

- [1] Kim et al., Chem. Rev. 120, 7867 (2020)
 - [2] Boyd et al., Chem. Rev. 119, 3418 (2019)
 - [3] Alaei et al., Mater. Adv. 2, 47 (2021)
 - [4] Ferreira et al., Phys. Rev. B 78, 125116 (2008)
 - [5] Marques et al., Phys. Rev. B 73, 235205 (2006)
-

Energia do estado fundamental de um sistema

Lucas Xavier, Leandro Vinicius
IFSP- campus Birigui

e-mail: lucasx419@gmail.com

Neste projeto trataremos o método variacional, que permite obter resultados aproximados para a energia do estado fundamental de um sistema de partículas. O já conhecido resultado analítico obtido pelo modelo atômico de Bohr mostra que ao se utilizar este método, chega-se exata e perfeitamente ao mesmo resultado para a energia do estado fundamental para o átomo de hidrogênio. O resultado obtido pelo método variacional é mostrado na equação $\Omega = -\frac{Z^2 \epsilon^4 m}{2(4\pi\epsilon_0)^2 \hbar^2}$, e o resultado para a energia de átomos hidrogenóides obtido pelo modelo atômico de Bohr é mostrado na equação $E = -\frac{Z^2 \epsilon^4 m}{2(4\pi\epsilon_0)^2 \hbar^2} \frac{1}{n^2}$. Se considerarmos $n = 1$ na última equação (modelo de Bohr) obtemos a primeira equação (método variacional). Conclui-se que por este método pode-se obter os mesmos valores de energia do estado fundamental, quando suas soluções analíticas são difíceis de serem obtidas.

Palavras-chave: equação de Schroedinger; função de onda; mecânica quântica, método variacional.

Agradecimentos: Agradeço à Leandro Lopes pelo apoio e incentivo à pesquisa.

Referências Bibliográficas:

- [1] R. Eisberg, R. Resnick, Física Quântica, 1979.
 - [2] P. Tipler, Física Moderna, 2014.
 - [3] J. Marion, S. Thornton, Classical Dynamics, 2018.
-

Exploração Topológica de Alótropos do Carbono via Redes Neurais em Grafos

Israel Henrique Cruz

Universidade Federal do Paraná

e-mail: israelcruz@ufpr.br

O estudo de materiais evoluiu de abordagens empíricas para métodos de simulação computacional, permitindo a proposição teórica de novos materiais, como o pentagrafeno [1]. No entanto, muitos desses materiais não possuem métodos definidos para sua obtenção prática. Este trabalho desenvolve uma metodologia geral baseada em machine learning para identificar potenciais transformações estruturais entre materiais de diferentes dimensionalidades, aplicando-a especificamente aos alótropos do carbono. Estruturas tridimensionais do banco de dados SACADA [2] foram seccionadas, convertidas em grafos e analisadas por redes neurais convolucionais com aprendizado contrastivo. Essa abordagem foi inspirada em estudos recentes sobre mapeamento topológico, que transformam estruturas bidimensionais em tridimensionais [3]. Resultados preliminares validaram a metodologia com exemplos clássicos como a relação entre grafite e grafeno. As estruturas obtidas foram validadas por análises com cálculos DFT.

Palavras-chave: Machine Learning, Alótropos do Carbono, Transformações Estruturais, Simulações Computacionais.

Agradecimentos: Wolts - Grupo de Modelagem Computacional de Nanomateriais, CNPq, UFPR, Unicamp.

Referências Bibliográficas:

- [1] S. Zhang, J. Zhou, Q. Wang et al., Penta-graphene: A new carbon allotrope, PNAS, 112(8), 2372 - 2377 (2015).
 - [2] R. Hoffmann, A. A. Kabanov, A. A. Golov, D. M. Proserpio, Homo Citans and Carbon Allotropes: For an Ethics of Citation, Angew. Chem. Int. Ed., 55, 10962 - 10976 (2016).
 - [3] R. M. Tromer, L. C. Felix, R. H. Baughman, D. S. Galvão, C. F. Woellner, Transforming Two-Dimensional Carbon Allotropes into Three-Dimensional Ones through Topological Mapping: The Case of Biphenylene Carbon (Graphenylene), Adv. Mater. Interfaces, 9(24), 2201558 (2022).
-

Propriedades Supercondutoras e Dinâmica de Vórtices em Geometrias Core-Shell

Breno Justen de Castro Moreira, Lucas Veneziani de Toledo, Leonardo Rodrigues Cadorim e Edson Sardella

Departamento de Física, Faculdade de Ciências, UNESP, Caixa Postal 473, 17033-360, Bauru - SP, Brasil

e-mail: breno.justen@unesp.br

Supercondutores, abaixo da temperatura crítica T_c , exibem resistividade nula e diamagnetismo perfeito. No estado misto, o campo magnético penetra no material na forma de vórtices quantizados, caracterizados pelos comprimentos de penetração λ e de coerência ξ . Neste trabalho, resolvemos as equações de Ginzburg - Landau dependentes do tempo para o parâmetro de ordem $\psi(r, t)$ e os campos eletromagnéticos, utilizando o método de diferenças finitas em Fortran 90. Acoplamos também a equação de difusão de calor para avaliar a dissipação térmica W , e modelamos a geometria core-shell por meio de transições suaves nas propriedades do material. Os resultados revelam distintos regimes de distribuição de vórtices e dissipação, indicando que a estrutura core-shell pode ser utilizada para controlar o comportamento dos vórtices e otimizar a gestão térmica em dispositivos supercondutores.

Palavras-chave: Equações TDGL; Supercondutividade; Dinâmica de Vórtices.

Agradecimentos: À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo 23/14604-7 e a Unesp de Bauru.

Referências Bibliográficas:

- [1] E. C. S. Duarte, A. R. de C. Romaguera, M. M. Doria, "Dynamics and heat diffusion of Abrikosov's vortex-antivortex pairs during an annihilation process", *Journal of Physics: Condensed Matter* 29, 405605 (2017)
 - [2] A. Müller, A. R. de C. Romaguera, P. Sánchez-Lotero, D. Domínguez, F. M. Peeters, "Magnetization measurements and Ginzburg-Landau simulations of micron-size β -tin samples: evidence for an unusual critical behavior of mesoscopic type-I superconductors", *Physical Review Letters* 109, 197003 (2012)
 - [3] W. D. Gropp, D. E. Keyes, L. C. McInnes, M. D. Tidriri, "Numerical simulation of vortex dynamics in type-II superconductors", *Journal of Computational Physics* 123, 254 - 266 (1996)
-

Estabilidade de Anéis Aromáticos Com Substituição de Átomos de Oxigênio

Kássio Henrique Souza Silveira^{1,2}, Júlio César Verli Chagas¹, Luan G. F. dos Santos^{1,3}, Francisco Bolivar Correto Machado¹

¹Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Brasil, ²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Brasil, ³Texas Tech University, USA

e-mail: kassio@ita.br

Estudos apontam potencial de poliacenos para aplicação como semicondutores, a partir do desenvolvimento de dispositivos fotovoltaicos e transistores [1]. Sua estabilidade está associada à aromaticidade e têm como arquétipo estrutural o benzeno [2], sendo classificados como aromáticos, não-aromáticos e anti-aromáticos [3]. O presente estudo, focou em alguns acenos e derivados obtidos com a substituição de dois átomos de hidrogênio por oxigênio, por métodos computacionais. Com o método DFT obteve-se o gap singleto-tripletto. A aromaticidade foi obtida com o HOMA [4], e o caráter radical pelo método FOD [5]. Os cálculos se mostraram precisos quando comparados com dados experimentais [6]. Os resultados mostram que é possível modular para se obter maior ou menor estabilidade, como a aromaticidade e o caráter radicalar. Conclui-se portanto que a depender das posições das substituições é possível apontar quais podem ser direcionadas para material com características de semicondutor ou isolante.

Palavras-chave: aromaticidade, gap singleto-tripletto, poliacenos, semicondutor orgânico, FOD.

Agradecimentos: ITA, IFSP, FAPESP, CNPQ e CAPES.

Referências Bibliográficas:

- [1] BENDIKOV, M.; DUONG H. M.; STARKEY, K.; HOUK, K. N.; CARTER, E. A.; WUDL, F. Oligoacenes: theoretical prediction of open-shell singlet diradical ground states. *J Am Chem Soc.* v. 126 n. 24 p. 7416-7, 2004.
- [2] OLIVEIRA, K. T. Estudos sintéticos e teóricos sobre anulenos e baquenolidas. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Brasil, 2006.
- [3] PINHEIRO, M.; DAS, A.; AQUINO, A. J. A.; LISCHKA, H.; MACHADO, F. B. C. Interplay between aromaticity and radicaloid character in nitrogen-doped oligoacenes revealed by high-level multireference methods. *The Journal of Physical Chemistry A*, v. 122, n. 49, p. 9464-9473, 2018. [4] KRYGOWSKI, T. M.; CYRANSKY, M. K. Structural Aspects of Aromaticity. *Chem. Rev.* v. 101, n. 5, p. 1385-1420, 2001.
- [5] BAUER, C. A.; HANSEN, A.; GRIMME, S. The Fractional Occupation Number Weighted Density as a Versatile Analysis Tool for Molecules with a Complicated Electronic Structure. *Chem. Eur. J.* v. 23, n. 25, p. 6150-6164, 2017.
- [6] YANG, Yang; DAVIDSON, Ernest R.; YANG, Weitao. Nature of ground and electronic excited states of higher acenes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 113, n. 35, p. E5098-E5107, 2016.
-

Análise Comparativa das Propriedades Eletrônicas de Quinonas Policíclicas para Aplicação em Terapia Fotodinâmica

Paulo Ricardo de Carvalho Magalhães, Julio Cesar Verli Chagas, Francisco Bolivar Correto Machado

Instituto Tecnológico de Aeronáutica

e-mail: paulomagalhaes@ita.br

A terapia fotodinâmica (PDT) é um processo que emprega fotossensibilizadores (PS), os quais, após absorção de luz em um comprimento de onda específico (600 - 800 nm, janela terapêutica), atingem o estado tripleto via Intersystem Crossing (ISC), permitindo a geração de espécies reativas de oxigênio ou oxigênio singleto (1O_2) a partir do oxigênio molecular (3O_2). Essa reação fotodinâmica proporciona ação seletiva contra tecidos-alvo, sendo uma alternativa promissora no tratamento do câncer [1]. As quinonas policíclicas destacam-se por suas propriedades terapêuticas na PDT [2]. A hipericina (HYP), uma fenantroperilenoquinona, é um potente PS com atividade fotodinâmica comprovada [3]. Neste estudo, investigamos as propriedades eletrônicas da HYP e seus análogos em comparação com antraquinonas utilizando métodos de Teoria do Funcional da Densidade (DFT). Os resultados mostram a absorção dentro da janela terapêutica (600 - 800 nm) e uma pequena separação energética entre os estados singleto e tripleto, favorecendo o ISC. Essas características indicam que algumas antraquinonas são candidatas promissoras para aplicações em PDT.

Palavras-chave: terapia fotodinâmica; hipericina; química computacional; DFT; fotossensibilizadores.

Agradecimentos: CAPES, CNPq e FAPESP.

Referências Bibliográficas:

[1] Li, X.Y. et al. *Frontiers in Oncology*, 10, 597, (2020).

[2] Rocha, L.G.B. Ph.D. Thesis, University of Coimbra, (2015).

[3] Dong, X. et al. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 73, 425, (2021).

Investigation of Photocatalytic Properties of H- and BH-Doped Heptazine Structures

Letícia C. S. Faria, Leonardo T. Ueno, Luiz F. A. Ferrão

Department of Physics, Technological Institute of Aeronautics, São José dos Campos, São Paulo, Brasil

e-mail: leticiacarollaine@gmail.com

The search for renewable energy solutions has increased the interest in efficient photocatalytic materials [1]. Among them, graphitic carbon nitride (g-C₃N₄) is a promising candidate due to its modifiable electronic structure and intrinsic charge separation ability [2]. Despite its potential, limitations such as narrow absorption of visible light and rapid carrier recombination hinder its practical application [3]. In this work, we investigate the effects of hydrogen and borohydride doping on heptazine molecular units. By systematically combining differently doped fragments, we evaluate the synergistic effects on electronic transitions and charge mobility. Density functional theory (DFT) calculations were used to evaluate the ground and excited states [4]. The results suggest that these dopants can be incorporated into a structure with photocatalytic potential. Keywords: Photocatalysis, Heptazine, Doping, Density functional theory Acknowledgements: CAPES. References:

- [1] M. Santosh, D. I. et al., *Gondwana Research*, 130., 220-233 (2024).
 - [2] Song, Xin-Lian, et al., *Coordination Chemistry Reviews*, 507., 215752 (2024).
 - [3] Liu, J. et al., *Journal of Alloys and Compounds*, 672., 271-276 (2016).
 - [4] Chai, J. D. et al., *Physical Chemistry Chemical Physics*, 44., 6615-6620 (2008).
-

Procedimentos de segmentação na determinação de propriedades físicas do solo por microtomografia de raios X

Rogério Oliveira dos Santos, José Gaspareto, Luiz Fernando Pires
Universidade Estadual de Ponta Grossa

e-mail: rogeriooods00@gmail.com

Medidas de propriedades físicas do solo necessitam ser representativas [1]. Uma das formas de se obter parâmetros físicos do solo é por meio da análise de imagens de alta resolução 3D obtidas pela microtomografia de raios X [2]. No entanto, antes da medida de parâmetros físicos é necessário a segmentação das imagens [3]. Quando a segmentação é conduzida de forma adequada, as propriedades medidas são representativas do meio poroso em estudo. Por este motivo é importante testar diferentes métodos de segmentação para decidir o mais adequado para cada parâmetro físico medido. Em nosso estudo utilizamos o método Otsu como referência por ele se adequar melhor a segmentação. No geral observamos que o diâmetro da partícula influenciou os métodos de segmentação. Observamos também diferenças entre os métodos de segmentação para cada parâmetro calculado em comparação com o método Otsu. Desta forma, observamos que o método de segmentação afeta a medida dos parâmetros físicos pela tomografia.

Palavras-chave: microtomografia; segmentação; parâmetros;

Agradecimentos: CNPq, UEPG, Matheus Diniz, Gabriel de Oliveira, Luiz Pires.

Referências Bibliográficas:

[1] R. Al-Raoush et al, Powder technology, 200 (1-2). 69-77 (2010).

[2] J. de Oliveira et al, Soil and Tillage Research, 209. 104941 (2021).

[3] O. Santana et al, Universidade Federal do Espírito Santo, Dissertação. 92 (2017).

Espectroscopia de Azul de Metileno em Nanoescala: Um Estudo Comparativo entre Raman, SERS e TERS

Isabela Machado Horta; Rodrigo Sávio Pessoa

Laboratório de Plasmas e Processos - LPP, Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA, 12228-900 São José dos Campos, SP - Brazil

Este trabalho compara a eficiência das técnicas Raman, SERS e TERS na detecção de azul de metileno (MB) em diferentes concentrações molares ($1,5 \times 10^{-5}$ a $1,5 \times 10^{-16}$ M). O limite de detecção do Raman convencional foi $1,5 \times 10^{-6}$ M. Com substratos de AgNWs, a técnica de SERS permitiu detecção clara até $1,5 \times 10^{-7}$ M e identificação pontual do MB até $1,5 \times 10^{-16}$ M por mapeamento, embora com tempo de aquisição elevado (16 h). A técnica TERS, utilizando filme fino de ouro, permitiu a identificação do MB em $1,5 \times 10^{-10}$ M com mapeamento rápido (15 min), porém com menor reprodutibilidade e maior complexidade experimental. [1] Os resultados indicam que, embora o SERS apresente maior sensibilidade em concentrações ultrabaixas, o TERS oferece uma alternativa mais ágil para análises localizadas, destacando o potencial complementar das técnicas para estudos de detecção em nanoescala. [2,3]

Palavras-chave: Espectroscopia Raman, SERS, TERS

Agradecimentos: Os autores agradecem à FAPESP pelo apoio financeiro por meio dos Auxílios nº 2019/05856-7, 2022/11544-0, 2022/02994-2, 2023/02268-2 e 2024/15258-8.

Referências Bibliográficas:

- [1] Zrimsek, A.; Chiang, N.; Mattei, M.; Zaleski, S.; McAnally, M.; Chapman, C.; Henry, A.-I.; Schatz, G.; Van Duyne, R.; Single-Molecule Chemistry with Surface- and Tip-Enhanced Raman Spectroscopy. *Chemical Reviews* 2017 117 (11), 7583-7613 doi: 10.1021/acs.chemrev.6b00552.
- [2] Yi, J.; You, E.-M.; Hu, R.; Wu, D.-Y.; Liu, G.-K.; Yang, Z.-L.; Zhang, H.; Gu, Y.; Wang, Y.-H.; Wang, X.; et al. Surface-enhanced Raman spectroscopy: a half-century historical perspective. *Chem. Soc. Rev.* 2025, 54, 1453 - 1551. <https://doi.org/10.1039/D4CS00883A>.
- [3] Pang Y, Jin M. Self-Assembly of Silver Nanowire Films for Surface-Enhanced Raman Scattering Applications. *Nanomaterials* (Basel). 2023,13(8),1358. doi: 10.3390/nano13081358. PMID: 37110942; PMCID: PMC10146873.
-

Relaxação Geométrica De Complexo De Póstron

Ana Clara Ferreira Palmeira, Cristina Porto Gonçalves

Universidade Estadual Do Sudoeste da Bahia

O estudo do póstron [1] tem sido amplamente estudado na Física, e é possível analisar a interação do póstron com várias moléculas de interesse físico a partir de suas estruturas. Nesse trabalho, estudamos a interação da molécula de Glicose com o Póstron, em sua geometria de equilíbrio, formando assim, o complexo [2]. Nesse processo, o póstron faz ligação com o átomo mais eletronegativo da molécula, ocorrendo o rearranjo das posições dos átomos. Para tal estudo foi usado a Finite Nuclear Mass Correction (FNMC) [3], metodologia que corrige, simultaneamente, a superfície de energia potencial e funções de onda eletrônicas. Assim, ao aproximar a Glicose do Póstron, observa-se que ocorre uma relaxação em sua geometria. Esse estudo já obtido em outros complexos, ureia e acetona. A importância de estudar tal molécula é que a Glicose compõe o radioisótopo ^{18}F -FDG - comumente usado no processo de exame do PET (Positron Emission Tomography), para detecção de câncer.

Palavras-chave: Complexo de póstron; glicose; geometria.

Agradecimentos: Agradeço a UESB pelo apoio, e a Professora Doutora Cristina Porto Gonçalves pela brilhante orientação.

Referências Bibliográficas:

- [1] ANDERSON, Carl David. The Positive Electron. *Physical Review*, v. 43, p. 491, 1933
 - [2] GONÇALVES, Cristina Porto; MOHALLEM, José Rachid. A note on geometry relaxation of molecular positron complexes. *Journal Chemical Physics Letters*. v. 121, p. 5553, 2004.
 - [3] Gonçalves C. P.; Mohallem J. R.; A new algorithm to handle finite nuclear mass effects in electronic calculations: The ISOTOPE program, *J. Comp. Chem.* Vol. 25, pag 1736, 2004.
-

Evolução da estrutura de bandas de uma folha bidimensional de Nb_3Cl_8 sob aplicação de tensão

Bruno A. C. Silva¹, Lara K. Teles¹, Temerson F. O. Lara², Diego R. da Costa²

¹Grupo de Materiais Semicondutores e Nanotecnologia, Instituto Tecnológico de Aeronáutica,

²Universidade Federal do Ceará

Materiais bidimensionais apresentam grande potencial para impulsionar a criação de novas aplicações tecnológicas. Alterações em suas estruturas e no meio em que o material está inserido podem levar a mudanças significativas em suas propriedades ópticas e eletrônicas [1]. Recentemente, materiais do grupo Nb_3X_8 , ($\text{X} = \text{Cl}$, Br ou I) têm se apresentado como proeminentes materiais bidimensionais pois, assim como o grafeno, podem ser facilmente produzidos e estudados em laboratório por esfoliação mecânica [2]. Além disso, a estabilidade e biocompatibilidade desses materiais pode ser de interesse para tecnologias médicas [3]. Neste trabalho, investigamos as alterações nas propriedades eletrônicas do Nb_3Cl_8 conforme a aplicação de uma tensão uniaxial nos eixos de sua célula unitária. A tensão foi simulada a partir da alteração de sua célula unitária e a estrutura de bandas foi obtida por meio de cálculos ab initio utilizando o método DFT.

Palavras-chave: DFT, strain, Nb_3Cl_8 , Materiais 2D.

Agradecimentos: Agradeço à CNPq pelo financiamento desta pesquisa. Ao ITA e à minha orientadora, Lara, por ceder espaço e materiais para o desenvolvimento dos trabalhos.

Referências Bibliográficas:

- [1] WANG, M.; JIANG, W.; YAO, Y. Three-dimensional flat band evolution between pyrochlore and perovskite lattices with enhanced anomalous hall effect. *Phys. Rev. B*, American Physical Society, v. 109, p. 165147, 2024. [2] KIM, B. et al. Structural and electrical properties of Nb_3I_8 layered crystal. *physica status solidi (RRL) - Rapid Research Letters*, v. 13, 11 2018. [3] JIANG, Junke et al. Exploration of new ferromagnetic, semiconducting and biocompatible Nb_3X_8 ($\text{X} = \text{Cl}$, Br or I) monolayers with considerable visible and infrared light absorption. *Nanoscale*, v. 9, n. 9, p. 2992 - 3000, 2017.
-

Área: Física de Plasmas

P27

Água ativada por plasma nebulizada como agente antimicrobiano: uma análise físico-química e microbiológica utilizando sistemas gliding arc e surfatron

Marina Clara Ribeiro dos Santos, Eduardo Ferreira Martins, Rodrigo Sávio Pessoa
Instituto Tecnológico de Aeronáutica

e-mail: marina.santos.102042@ga.ita.br

Este estudo investigou o potencial antimicrobiano da água ativada por plasma (PAW) nebulizada (nPAW), gerada por dois tipos de descarga: Gliding Arc e Surfatron. A PAW foi produzida a partir de água deionizada ativada por plasma frio e posteriormente aplicada por nebulização em placas contendo biofilmes de *E. coli*, *S. aureus* e *C. albicans*. Os parâmetros físico-químicos da PAW, como pH, condutividade e concentração de H₂O₂, foram analisados. A descarga Gliding Arc resultou em PAW mais ácida e condutiva devido à geração de nitratos e nitritos, enquanto a descarga Surfatron favoreceu a formação de peróxidos, com menor impacto na acidez. Ensaio microbiológicos mostraram inibição total de crescimento para bactérias, e redução de até 98,6% para levedura, com maior eficácia associada à PAW gerada pelo Surfatron. Os resultados indicam que a nPAW apresenta alto potencial como agente antimicrobiano, podendo ser usada como método alternativo para aplicação em dispositivos médicos.

Palavras-chave: plasma frio; água ativada por plasma; inatividade microbiana.

Agradecimentos: Agradecimento à FAPESP (Processo: 2023/10438-5) e ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).

Referências Bibliográficas:

- [1] CHIAPPIM, W. et al. Plasma Processes and Polymers, 2021.
 - [2] CHIAPPIM, W. et al. Water, 13(11), 1480, 2021.
 - [3] ZHOU, R. et al. Journal of Physics D: Applied Physics, 53(30), 303001, 2020.
-

Obtenção da dinâmica de um circuito RLC a partir de um algoritmo de aprendizado de máquina

Marcelo Francisco Krol; Matheus Henrique Lemos de Oliveira; Julio César Sagás

Laboratório de Plasmas, Filmes e Superfícies, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville - SC, Brasil

O algoritmo de aprendizado de máquina Sparse Identification of Nonlinear Dynamics (SINDy) [2] é uma ferramenta para encontrar as equações diferenciais governantes de sistemas dinâmicos a partir de dados experimentais. Esta abordagem é útil ao tratar fenômenos complexos como plasmas frios [2][3]. No entanto, para avaliar a eficácia do algoritmo e definir uma metodologia de uso, é mais conveniente analisar um sistema com dinâmica conhecida. Neste trabalho, apresentamos os resultados obtidos com o algoritmo SINDy a partir das medidas elétricas de um circuito RLC. Os dados foram obtidos com uma fonte de excitação senoidal com amplitude de 2,0 V. As medidas foram realizadas variando a capacitância, de 1 nF a 0,1 μ F, resistência, 1,5 k Ω , até 560 k Ω , e frequência, 53 Hz até 5,3 MHz. As equações obtidas não correspondem à física esperada para um sistema RLC, pois apresentam termos extras e coeficientes muito maiores do que os preditos, no entanto, reproduzem matematicamente as formas de onda.

Palavras-chave: Aprendizado de Máquina, Circuitos elétricos, Plasma.

Agradecimentos: A FAPESC (2024TR000258) e CNPq (304053/2021-0 e PIBIC).

Referências Bibliográficas:

- [1] Brunton, S. L., Proctor, J. L., & Kutz, J. N. (2016). Discovering governing equations from data by sparse identification of nonlinear dynamical systems. *Proceedings of the national academy of sciences*, 113(15), 3932-3937.
 - [2] Bayón-Buján, B., & Merino, M. (2024). Data-driven sparse modeling of oscillations in plasma space propulsion. *Machine Learning: Science and Technology*.
 - [3] Thakur, B., Sen, A., & Chaubey, N. (2022). Data driven discovery of a model equation for anode-glow oscillations in a low pressure plasma discharge. *Physics of Plasmas*, 29 (4): 042112.
-

Influência do ângulo de deposição no crescimento de filmes de TiO₂

Bianca Sartori^{1,2}, André L. J. Pereira², Argemiro S. S. Sobrinho²

¹Instituto Federal de São Paulo, ²Instituto Tecnológico da Aeronáutica

Embora os combustíveis fósseis ainda dominem a matriz energética, a busca por alternativas renováveis, como o hidrogênio verde sendo gerado pela divisão fotoeletroquímica da água, é uma tecnologia promissora para essa geração [1]. No entanto, o desenvolvimento de fotocatalisadores eficientes e econômicos é um desafio [2]. Nesse contexto, a técnica de Deposição Oblíqua Angular (AOD) se destaca favorecendo a eficiência na divisão da água [3]. Neste estudo, foi investigado o crescimento de filmes de TiO₂ por pulverização catódica com Magnetron DC e AOD, analisando o impacto do ângulo de deposição no desempenho PEC. Quatro amostras foram preparadas com ângulos de 0°, 65°, 75° e 85°, seguidas de tratamento térmico. Foram feitas diversas caracterizações, incluindo elipsometria, que revelou uma diminuição do índice de refração com o aumento do ângulo de deposição, indicando uma menor densidade. Assim, conclui-se que a variação do ângulo influencia nas características dos filmes.

Palavras-chave: TiO₂; magnetron sputtering DC; deposição oblíqua angular; hidrogênio verde.

Agradecimentos: Gostaríamos de agradecer ao CNPq (155033/2024-7) pela bolsa e à FAPESP (2022/02994-2, 2023/07607-0) pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas:

- [1] O.M. Ali et al., *Clean Energy* 9, 124 (2025).
 - [2] T. Zhao et al., *Journal of Materials Chemistry A* 8, 3880 (2020).
 - [3] S. Sarkar et al., *Surface Engineering* 35, 982 (2019).
-

Filmes de WOX por OAD - Oblique Angle Deposition com Espessura Controlada: Influência do Ângulo na Geração de Hidrogênio

Lucas Diniz Araujo¹, Matheus Damião Machado Torres², Carlos Eduardo Gomes^{1,2}, Argemiro Soares da Silva Sobrinho¹, André Luis de Jesus Pereira¹

¹Laboratorio de Plasma e Processos - LPP, Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA, ²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - Campus São José dos Campos.

e-mail:dinizlucas.ita@gmail.com

O avanço de tecnologias sustentáveis para geração de energia tem impulsionado a pesquisa em materiais aplicados à produção de hidrogênio (H₂) por processos fotoeletroquímicos (PEC). O óxido de tungstênio (WO_x), particularmente na fase monoclinica, destaca-se como material promissor para fotoeletrodos devido à sua estabilidade e propriedades óptico-eletrônicas favoráveis [1,2]. A técnica de Oblique Angle Deposition (OAD), quando associada ao magnetron sputtering, permite o controle da morfologia dos filmes por meio da variação do ângulo de deposição, o que afeta diretamente o desempenho PEC [3]. Neste estudo, foram produzidos filmes de WO_x com espessura constante (400 nm) nos ângulos de 0°, 30°, 65° e 85°, permitindo investigar exclusivamente os efeitos da inclinação na estrutura e resposta eletroquímica dos materiais. As amostras foram tratadas termicamente a 450°C por 2 horas e caracterizadas por técnicas estruturais, ópticas e eletroquímicas. Resultados preliminares indicam que os filmes depositados a 65° apresentaram maior capacitância específica e resposta aprimorada sob iluminação, demonstrando o papel estratégico da engenharia angular na otimização de dispositivos para geração de H₂.

Palavras-chave: WO_x; OAD; Magnetron Sputtering; Filmes Finos.

Agradecimentos: CNPq (407805/2023-0) e FAPESP (2022/02994-2).

Referências Bibliográficas:

- [1] RYDOSZ, A. et al. Structure and optical properties of the WO₃ thin films deposited by the GLAD magnetron sputtering technique. *Vacuum*, v. 177, p. 109378, 2020.
 - [2] MONLLOR-SATOCA, Damián et al. Photoelectrocatalytic production of solar fuels with semiconductor oxides: materials, activity and modeling. *Chemical Communications*, v. 56, n. 82, p. 12272-12289, 2020.
 - [3] TASCHUK, Michael T.; HAWKEYE, Matthew M.; BRETT, Michael J. Glancing angle deposition. *Handbook of deposition technologies for films and coatings*, v. 10, 2010.
-

Líquidos Ativados por Plasma: Propriedades Físico-Químicas e Ação Antimicrobiana

Michaela Shiotani Marcondes¹, Luan Gonçalves de Lima¹, Lady Daiane Pereira Leite², Victória Kelly Fonseca Tavares², Felipe de Souza Miranda^{1,2}, Gilberto Petraconi Filho¹, Cristiane Yumi Koga Ito², Rodrigo Sávio Pessoa¹

¹Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ²Universidade Estadual Paulista

e-mail: marcondes.micaela5@gmail.com

Avanços no Plasma Frio Atmosférico (CAP) impulsionaram a pesquisa sobre Líquidos Ativados por Plasma (PALs), que adquirem propriedades antimicrobianas ao interagir com plasma e gerar espécies reativas (RONS) [1]. Este estudo investigou a ativação de água deionizada (PAW) e soluções salinas - 0,45%, 0,9%, 3,0% e 7,5% - (PAS) por um sistema SWD, avaliando suas propriedades físico-químicas e ação contra *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Candida albicans*. A PAW apresentou maior eficácia antimicrobiana, devido à acidez, alto ORP e maior concentração de RONS [2,3]. Já a PAS mostrou estabilidade química, mas eficácia reduzida pela ação tamponante de Na^+ e Cl^- . Soluções menos concentradas responderam mais rapidamente à ativação. Contra *C. albicans*, a eficácia foi limitada, indicando a necessidade de otimizações. Conclui-se que o plasma é uma tecnologia promissora, e a otimização dos parâmetros de ativação pode ampliar o uso dos PALs em contextos clínicos, sanitários e industriais.

Palavras-chave: PAW; PAS; eficácia antimicrobiana

Agradecimentos: FAPESP (Processo FAPESP n° 2022/13141-0; Processo FAPESP n° 2019/05856-7) e ao CNPq (Processo CNPq n° 385528/2024-8)

Referências Bibliográficas:

- [1] Sampaio A da G et al, Int. J. Mol. Sci. vol. 23., 13893 (2022)
 - [2] Thirumdas R et al, Trends in Food Science and Technology vol. 77, 21-31 (2018)
 - [3] Ma R et al, J Hazard Mater vol. 300, 643-651 (2015)
-

Investigação do potencial de vidros teluretos dopados com Tm^{3+} para aprimorar a eficiência de células solares

Gabriel Scheifer, Andressa Novatski, Aloisi Somer,
Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG

e-mail: gabrielscheifer2023@outlook.com

Este estudo visa desenvolver um material de baixo custo e alta eficiência para a produção de energia solar limpa e renovável, contribuindo para o avanço de tecnologias sustentáveis no setor energético. Para isso, investiga-se a melhoria da eficiência de conversão de energia solar utilizando a matriz vítrea TeO_2-Li_2O-ZnO dopada com Tm^{3+} , visando otimizar as propriedades ópticas e eletrônicas do material, potencializando a conversão de energia luminosa em energia elétrica. O sistema ternário TLZ ($65TeO_2 - 15Li_2O - 20ZnO$) se mostra promissor para células solares [1 - 2], pois os vidros dopados com Tm^{3+} apresentam uma banda de absorção óptica no visível e emissão no infravermelho [3 - 4], região de alta eficiência para fotodiodos. Por meio de análises espectroscópicas, como UV-vis e luminescência, observou-se bandas de absorção em 360, 465, 687 e 794 nm e emissão em 476, 652, 797 e 806 nm, respectivamente, além de medições de eficiência com coerência teórica e aumento na eficiência de conversão.

Palavras-chave: Vidros teluretos; energia solar; eficiência de células solares.

Agradecimentos: Os autores agradecem ao CNPq pelo fomento

Referências Bibliográficas:

- [1] A. Novatski et al, Materials Chemistry and Physics v.231, p.150 - 158 (2019).
 - [2] J. V. Gunha et al., Thermal, structural and optical properties of $TeO_2 - Na_2O - TiO_2$ glassy system, J. Mater. Sci. Mater. Electron. v. 30, p. 16695 - 16701 (2019).
 - [3] C. Martinez et al, Ufpe.br, Conversão ascendente de energia em vidros fluorindatos dopados com Túlio (2019)
 - [4] R. Souza et al, Ufal.br, Transferência de energia entre íons de Tm^{3+} e Er^{3+} em vidros telurito (2019)
-

Green Photocatalysts: TiO₂/MoS₂ Films for Dye Degradation

Jade Helena Campos Augstroze¹, Felipe de Souza Miranda^{1,2}, Pedro Henrique Campos de Souza^{1,3}, André Luis de Jesus Pereira¹, Rodrigo Sávio Pessoa¹, Argemiro Soares da Silva Sobrinho¹

¹Instituto Tecnológico de Aeronáutica (Laboratório de Plasmas e Processos), ²Universidade Estadual Paulista Campus de São José dos Campos, ³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo Campus de São José dos Campos

e-mail: jadeh.rede@gmail.com

The contamination of water bodies by synthetic dyes like rhodamine B has increased the demand for sustainable remediation technologies. This study presents hybrid thin films of titanium dioxide (TiO₂, anatase phase) modified with molybdenum disulfide (MoS₂, 2H phase) as efficient photocatalysts under UV-vis irradiation. TiO₂ was deposited via sputtering and annealed; MoS₂ was exfoliated using non-toxic solvents [1] and applied by drop-casting to form heterojunctions. Raman, Scanning Electron Microscopy, Ultraviolet - Visible Spectroscopy, and Photoluminescence Spectroscopy analyses confirmed enhanced structural and optoelectronic properties. Photocatalytic tests with rhodamine B (10 mg/L) showed improved degradation due to better charge separation and visible light response. The use of green solvents and scalable methods highlights the potential of TiO₂/MoS₂ films in sustainable wastewater treatment [2-3].

Acknowledgements: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) and Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)

References:

[1] Ramli et al., Journal of Sol-Gel Science and Technology, 2025.

[2] Zhao et al., RSC Advances, 8, 7252, 2018.

[3] Chen et al., Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 166, 105436, 2025.

Análise Da Ação Antimicrobiana Da Água Ativada Por Plasma Por Meio Da Neutralização Química Seletiva

Eduardo Ferreira Martins, Marina Clara dos Santos, Rodrigo Sávio Pessoa
Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)

e-mail: eduardomartins@ita.br

Este estudo investiga os mecanismos de ação antimicrobiana da água ativada por plasma (Plasma-Activated Water, PAW), enfatizando a contribuição individual das principais espécies reativas, por meio de neutralização química seletiva. Para isso, amostras de *E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa* e *C. albicans* foram expostas à PAW por tempos controlados, seguidos de neutralização com catalase, tiosulfato de sódio, ácido ascórbico e meio Dey-Engley. As análises de viabilidade celular foram realizadas por contagem de unidades formadoras de colônia (UFC) e por densidade óptica (OD_{600}/OD_{530}), permitindo a construção de curvas de crescimento. Os resultados revelaram diferenças significativas na atividade antimicrobiana residual conforme a espécie reativa neutralizada, evidenciando que a contribuição de cada composto é distinta e pode ser modulada. Estes achados contribuem para a compreensão dos mecanismos antimicrobianos da PAW e sua aplicabilidade em contextos clínicos e hospitalares.

Palavras-chave: Água ativada por plasma; Espécies reativas; Neutralização química; Atividade antimicrobiana.

Agradecimentos: Agradecimento ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).

Referências

- [1] CHIAPPIM, W. et al. Efeito antimicrobiano da água da torneira ativada por plasma em *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Candida albicans*. *Water*, v. 13, n. 11, p. 1480, 2021.
 - [2] CHEN, J. et al. Physicochemical properties and antimicrobial efficacy of plasma-activated water: Impact of exposure time and gas flow rate. *Scientific Reports*, v. 14, n. 1, 2024.
 - [3] LIU, Z. et al. The ROS/RNS ratio determines the type of bacterial cell death induced by plasma. *Redox Biology*, v. 66, 2024.
 - [4] STEWART, E. J. Robust estimation of bacterial cell counts from optical density. *Communications Biology*, v. 3, 2020. DOI: 10.1038/s42003-020-01127-5.
 - [5] BAI, Y. et al. Inactivation kinetics of *Bacillus cereus* spores by Plasma Activated Water (PAW). *Food Research International*, v. 131, p. 109041, 2020.
-

Twisted van der Waals Homo- and Heterobilayers

Augusto de Lelis Araújo; Felipe Crasto de Lima; Adalberto Fazzio
Ilum School of Science, CNPEM, 13083-970 Campinas, SP, Brazil

Since the discovery of graphene [1], the 2D materials has expanded to include metals, semiconductors, and topological insulators, impacting areas such as spintronics [2] and photonics [3]. While monolayers are well studied and homobilayers can be obtained via exfoliation or chemical methods, heterostructures remain complex due to intermaterial interactions [4], with low yield and high variability. In this work, we employ a high-throughput first-principles workflow to generate and analyze homo- and heterobilayers from 63 van der Waals monolayers extracted from the C2DB, all experimentally reported. For each pair, we explore structural configurations with in-plane displacements and twists, keeping commensurate lattices or $\leq 3\%$ mismatch. We identify 500 stable structures ($E_{\text{binding}} > 15$ meV/atom), with notable modulation of band gap and spin - orbit coupling, key for spintronic and optoelectronic applications. This study may guide synthesis by predicting favorable and functional materials. Keywords: Twisted bilayers, First-principles calculations, High-throughput simulation Acknowledgements: The authors acknowledge from FAPESP (Grant No. 2023/12336-5), CNPq, and LNCC (Laboratório Nacional de Computação Científica) for computer time. References:

- [1] K. S. Novoselov, A. K. Geim, S. V. Morozov, D.-e. Jiang, Y. Zhang, S. V. Dubonos, I. V. Grigorieva, and A. A. Firsov, *Science* 306, 666 (2004).
 - [2] J. F. Sierra, J. Fabian, R. K. Kawakami, S. Roche, and S. O. Valenzuela, *Nature Nanotechnology* 16, 856 (2021).
 - [3] T. T. Tran, K. Bray, M. J. Ford, M. Toth, and I. Aharonovich, *Nature nanotechnology* 11, 37 (2016).
 - [4] K. S. Novoselov, A. Mishchenko, A. Carvalho, and A. H. Castro Neto, *Science* 353, 6298, 2016.
-

Espectroscopia óptica de emissão de um jato de plasma remoto

Lais Bastos da Silva Lima, Marcelo Francisco Krol, Julio César Sagás

Laboratório de Plasmas, Filmes e Superfícies, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC),
Joinville, Brasil

O uso de jatos de plasma no tratamento de superfícies vem crescendo na última década. Para atender as especificidades de cada processo, diferentes geometrias são propostas, como o jato de plasma remoto [1]. Neste sistema, um plasma primário é gerado por descarga de barreira dielétrica. O gás flui por um tubo contendo um fio condutor, gerando o jato de plasma remoto na outra extremidade, reduzindo a tensão próximo à amostra e facilitando a movimentação do jato. Nos experimentos, foi utilizado argônio como gás de trabalho, variando a tensão e a frequência de excitação da descarga. É preciso uma frequência mínima de 5 kHz para formar o plasma remoto com tensões de pico nominal a partir de 14 kV. No espectro de emissão nota-se que, além do argônio, existe uma significativa presença de nitrogênio e hidroxila - que se origina da dissociação do vapor de água [2,3], sendo que a proporção de contaminantes é maior no jato de plasma remoto (devido ao ar circundante) do que no plasma primário.

Palavras-chave: jato de plasma, reator de descarga de barreira dielétrica, espectroscopia

Agradecimentos: FAPESC (2024TR000258) e CNPq (304053/2021-0 e PIBIC).

Referências Bibliográficas:

[1] KOSTOV, Konstantin G. et al. Transfer of a cold atmospheric pressure plasma jet through a long flexible plastic tube. *Plasma Sources Science and Technology*, v. 24, 025038, 2015. doi:10.1088/0963-0252/24/2/025038.

[2] BIBLIOTECA de espectro atômico. Disponível em: <https://www.nist.gov/pml/atomic-spectra-database>. Acesso em: 25 mar. 2025.

[3] GOMES JUNIOR, Fabiano Severino. DESENVOLVIMENTO DE UM JATO DE PLASMA EM PRESSÃO ATMOSFÉRICA A PARTIR DE UMA DESCARGA DE BARREIRA DIELETRICA. 2022. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Física, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2022.

Estudo Estrutural e Mecânico de Vidros à Base de PbO-Bi₂O₃ Dopado com Íons de Dy₂O₃

Gabriela Kobelnik Martins¹, Roni Alisson Silva¹, Gabrielli Fernandes Vazquez², Marcelo Nalin², Francisco Carlos Serbena¹

¹Universidade Estadual de Ponta Grossa, ²Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

e-mail: gabi.koeblnik@gmail.com

Materiais vítreos contendo óxidos de metais pesados têm demonstrado grande potencial para aplicações ópticas devido à sua transparência no infravermelho e à facilidade de dopagem com íons de terras raras, sendo adequados para lasers, sensores magneto-ópticos e fibras ópticas [1]. Neste trabalho, amostras com a composição 98(40PbO - 20GeO₂ - 25Bi₂O₃ - 15Ga₂O₃) - 2(Dy₂O₃) (mol%) foram preparadas por fusão [1] e caracterizadas por difração de raios x, espectroscopias Raman e FTIR, microindentação Vickers e nonindentação, além da obtenção de vitrocerâmica por processo de cristalização controlada. A presença de metais pesados resultou em uma densidade de 7,7 g/cm³, com faixa de transparência entre 1700-2600 cm⁻¹ e aproximadamente 3700 cm⁻¹ no infravermelho. O sistema mostrou-se frágil, com dureza inferior à dos vidros de soda-cal [2]. Na vitrocerâmica obtida, identificou-se a fase cristalina de óxido de disprósio de bismuto (BiDyO₃) [3].

Palavras-chave: Vidro, Vitrocerâmica, Metais pesados, Disprósio.

Agradecimentos: Os autores gostariam de agradecer ao C-LABMU/UEPG, ao CNPq e à CAPES

Referências Bibliográficas:

[1] G. F. Vazquez et al, Relatório Final, p. 1-30 (2023)

[2] T. Watanabe et al, Journal of Materials Science vol. 36, p. 2427-2433 (2001)

[3] Q. Chen et al, Journal of Non-Crystalline Solids vol. 507, p. 46-55 (2019)

Influência dos Parâmetros de Anodização no Crescimento de Nanotubos de TiO₂ Visando Sua Aplicação na Fotodegradação de Contaminantes Orgânicos

Gilney V. Lescano¹, André Luís de J. Pereira², Argemiro S. da S. Sobrinho²

¹UFMS - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, ²ITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Neste trabalho, nanotubos de titanato foram obtidos por anodização eletroquímica do titânio metálico, seguidos de caracterização estrutural via difração de raios X. Os resultados indicaram a formação da fase anatase, uma estrutura cristalina associada à elevada atividade fotocatalítica. A morfologia tubular foi confirmada por microscopia, evidenciando uma organização que amplia a área superficial e favorece reações fotoinduzidas. Essa fase se destaca por sua eficiência em processos de fotocatalise heterogênea, como no tratamento de contaminantes orgânicos em meio aquoso [1]. O TiO₂ atua como semicondutor sob irradiação luminosa, gerando pares elétron-lacuna que promovem reações redox capazes de mineralizar compostos tóxicos [2]. A literatura aponta desafios como a recombinação de cargas e a baixa eficiência quântica, sugerindo nanocompósitos como solução [3]. A síntese controlada de nanotubos com fase anatase mostra-se promissora para o aprimoramento de tecnologias aplicadas ao tratamento de efluentes.

Palavras-chave: Nanotubos de titanato; Anodização eletroquímica; Fotocatálise; Estrutura cristalina (anatase).

Agradecimentos: Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT). A Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), e ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).

Referências Bibliográficas:

- [1] I.V.L. Ferreira, Fotocatálise heterogênea com TiO₂ aplicado ao tratamento de esgoto sanitário, Tese de Doutorado, USP: São Carlos, 156 p. (2005)
 - [2] A. Stensvand, A. Christiansen, J. Agric. Food Chem. 48, 917 (2000)
 - [3] R. Saravanan, F. Gracia, A. Stephen, Nanocomposites for Visible Light-induced Photocatalysis, Springer Series on Polymer and Composite Materials, eds. M.M. Khan et al. (Springer) (2017)
-

Efeitos do tratamento térmico nas propriedades de filmes finos de Nb₂O₅: Potencial fotocatalítico para geração solar de H₂

Rodrigo Prado Medeiros Leite da Silva^{1,2}, Lucas Diniz Araujo², Filipe Caldato Dalan², André Luis de Jesus Pereira¹, Argemiro Soares da Silva Sobrinho²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, ²Instituto Tecnológico de Aeronáutica

A busca por fontes de energia livres de carbono é um desafio global. O hidrogênio molecular (H₂) é promissor por sua alta eficiência e baixo impacto ambiental, mas sua produção precisa ser limpa e viável. A produção fotoeletroquímica (PEC) de H₂ via oxidação da água pela luz solar é uma alternativa atrativa [1], embora enfrente desafios como ampliar a absorção de luz visível por semicondutores e reduzir a recombinação de elétron-buraco [2]. O Nb₂O₅ destaca-se por sua resistência à corrosão, estabilidade e propriedades eletrônicas similares ao TiO₂. Este estudo investiga o Nb₂O₅ como fotoeletrodo na produção de H₂, com filmes finos depositados por DC magnetron sputtering sobre Óxido de estanho do dopado com flúor (FTO), silício e vidro. Avaliou-se o efeito do tratamento térmico (300 - 550 °C, 10 mTorr a pressão ambiente). As amostras foram caracterizadas por Difração de Raios X (DRX), Raman, Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), fluorimetria e perfilometria. Nas análises iniciais, foi observado que as amostras a 500°C em pressão ambiente exibiram picos Raman mais intensos. Por outro lado, nas amostras submetidas ao vácuo, ocorreu uma redução na transmitância do material.

Agradecimentos

CNPq (407805/2023-0) e FAPESP (2022/02994-2)

Referências

- [1] D. Monllor-Satoca, M.I. Díez-García, T. Lana-Villarreal, R. Gómez, Chem. Commun. 56 (2020)
 - [2] P. Chatterjee, et al., Energy Convers. Manag. 261 (2022)
 - [3] PILLIS, M. F. et al. Corrosion of thin, magnetron sputtered Nb 2 O 5 films. Corrosion Science, v. 102, p. 317 - 325, jan. 2016.
-

Transição para Caos em oscilações do plasma em um experimento de descarga luminescente

PEREIRA, Ana Carolina^{1,2}; MIRANDA, Rodrigo^{1,2}; DANTAS, Ana Luisa^{1,2}; ALMEIDA, Júlio César²

¹Faculdade de Ciências e Tecnologias em Engenharia, Universidade de Brasília, Brasília-DF; ²Laboratório de Física dos Plasmas, Instituto de Física, Universidade de Brasília, Brasília-DF

e-mail: 221007770@aluno.unb.br

O experimento de descarga luminescente, ou tubo de Crookes, consiste em um tubo com eletrodos metálicos em vácuo parcial. Aplicando alta tensão, os elétrons colidem com átomos do gás, gerando ionizações e formando um plasma visível [1, 2]. Esse plasma interage com campos eletromagnéticos, gerando oscilações dinâmicas e imprevisíveis [3]. As interações não-lineares podem causar comportamentos caóticos, nos quais pequenas variações nas condições iniciais resultam em grandes mudanças no sistema. A teoria do caos fornece ferramentas para entender essas transições [4]. Neste trabalho, são apresentados resultados experimentais com um tubo de descarga luminescente construído na UnB, usando argônio com tensão constante de 5V e pressão variável. Observou-se a transição do comportamento estável para o caótico, evidenciando a sensibilidade do plasma às condições iniciais e contribuindo para o estudo da teoria do caos em plasmas.

Palavras-chave: Plasma, Tubo de Crookes, Teoria do Caos, Oscilações, Descarga luminescente.

Agradecimentos: RM agradece o auxílio financeiro da CNPq (projetos 407341/2022-6 e 407493/2022-0), da FAPDF (projeto 383/2023) e da Agência Espacial Brasileira (TED 000529/2024). ALD agradece o suporte financeiro da UnB (Edital PIBIC- AF 2024). JCA agradece suporte financeiro da CNPq (projeto 407341/2022-6).

Referências Bibliográficas:

- [1] WISSEL, S. A., Zwicker, A., Ross, J. Gershman, S. "The use of dc glow discharges as undergraduate educational tools", American Journal of Physics 81, 663-669 (2013); doi: 10.1119/1.4811435
- [2] YIP, C.-S., Severn, G. "Comment on 'The use of dc glow discharges as undergraduate educational tools'", American Journal of Physics 83, 654-655 (2015); doi:10.1119/1.4921393
- [3] LETELLIER, C. et al. "Experimental evidence for a torus breakdown in a glow discharge plasma". Physical Review E, v. 63, n. 4, p. 042702, 2001.
- [4] ALLIGOOD, K. T., Sauer, T. D., Yorke, J. A. "CHAOS: An Introduction to Dynamical Systems", Springer-Verlag, New York, 1996.

Atuadores aerodinâmicos por plasma dbd: uma análise elétrica, térmica e espectroscópica de eletrodos lineares e circulares

José Renato Vidigal Filho^{1,2}, Rodrigo Sávio Pessoa¹

¹Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ²Instituto Federal de Goiás

e-mail: jose.vidigal@ifg.edu.br

Este estudo analisa o comportamento elétrico de atuadores a plasma SDBD com eletrodos planos e circulares, relacionando os parâmetros elétricos, a potência consumida e a capacidade de controlar o fluxo por vento iônico. As características elétricas e mecânicas desse plasma dependem da largura e espaçamento dos eletrodos, espessura e natureza do dielétrico (MOREAU 2007). Os resultados revelaram aumento quadrático da potência com a tensão e quase linear com o comprimento dos eletrodos ou frequência, em conformidade com PORTUGAL (2022). A análise térmica mostrou temperaturas acima de 60 °C, associadas ao crescimento das microdescargas, fluxo de calor e vento iônico. A espectroscopia óptica confirmou plasma não térmico, com emissões de N₂ entre 300 e 400 nm, cuja intensidade crescia com a tensão, sem danificar os eletrodos, conforme TAŃSKI et al. (2024). Os resultados destacam o potencial dos atuadores DBD no controle de fluxos.

Palavras-chave: Atuadores aerodinâmicos; Plasma; Plasma DBD.

Agradecimentos: Agradecimento ao ITA

Referências Bibliográficas:

- [1] MOREAU, E. Airflow Control by Non-Thermal Plasma Actuators. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 40(3), 605-636, 2007.
 - [2] PORTUGAL et al. Advances on aerodynamic actuation induced by surface dielectric barrier discharges. *Frontiers in Physics*, 2022.
 - [3] TAŃSKI, Mateusz et al. Imaging and Optical Emission Spectroscopy of Surface Dielectric Barrier Discharge (SDBD) Plasma Generated Using Reactors with Planar and Cylindrical Electrodes. *Applied Sciences*, v. 14, n. 24, p. 11596, 2024.
-

Efeito da Cristalização nas Propriedades do Biosilicato(TM): Estudo por DRX, DSC e Densidade

Caroline dieslen magalhães¹, Rafaely de Fátima Perek¹, Edgar Dutra Zanotto² Francisco Carlos Serbena¹

¹Universidade Estadual de Ponta Grossa, ²Universidade Federal de São Carlos

e-mail:carolainedieslenm@gmail.com

Materiais bioativos, desenvolvidos para interagir com tecidos biológicos e promover a sua regeneração, devem combinar propriedades mecânicas adequadas e biocompatibilidade. Este estudo tem por objetivo investigar o vitrocerâmico Biosilicato(TM) (1,5 Na₂O.1,5 CaO. 3 SiO₂ + 4 P₂O₅ (em peso %)), analisando o efeito da fração volumétrica cristalizada (0% a 100%) nas suas propriedades mecânicas. As amostras preparadas por fusão no LaMaV/UFSCar foram caracterizadas por calorimetria exploratória diferencial (DSC) para determinar as temperaturas de transição vítrea (T_g) e de cristalização (T_x). Em seguida, passaram por corte, tratamentos térmicos de nucleação em 555°C e de crescimento em 662°C por tempos adequados para a obtenção das diferentes microestruturas. Foram estudadas amostras com cristais de 15 μm e 45μm, em frações cristalinas variadas (0%, 5%, 10%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%). A difração de raios X (DRX) confirmou a formação da fase Na₄Ca₄Si₆O₁₈ (JCPDS 77-2189). Ensaios de densidade revelaram um valor médio de 2,6973 g/cm³ para o vidro.A microestrutura, porosidade e propriedades mecânicas estão sendo caracterizadas eos resultados serão comparados com outros sistemas vitrocerâmicos. Os resultados contribuirão para a compreensão da relação entre processamento, microestrutura e propriedades mecânicas do Biosilicato(TM) visando sua aplicação como um importante biomaterial.

Palavras-chave: Biomaterial; Biosilicato; Cristalização; Tratamento térmico;

Propiedades mecânicas Agradecimentos: CAPES, CNPq, C-LABMU/UEPG, Fundação Araucária, UNIFAL, LMPS , Universidade Estadual de Ponta Grossa

Referências Bibliográficas:

- [1] CROVACE, Murilo C. et al Biosilicate(R) A Multipurpose, highly bioactive glass-ceramic. In vitro, in vivo and clinical trials. Journal of Non- Crystalline solids, [S.L.], v. 432, p. 90-110, jan.2016. Elsevier BV <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnoncrsol.2015.03.022>
 - [2] Renato Luiz Siqueira and Edgar Dutra Zanotto. "Biosilicato(R): Histórico de uma vitrocerâmica brasileira de elevada bioatividade".In: Química nova 34.7 (2011), pp. 1231-1241.
 - [3] Oscar Peitl, Edgar D. Zanotto, Francisco C. Serbena, Larry L. Hench. "Compositional and microstructural bioactive P₂O₅ - Na₂O - CaO - SiO₂ glass-ceramic". In Acta Biomaterialia (2012), 10.1016/j.actbio.2011.10.014.
-

Classificação de Cerâmicas Arqueológicas com Espectroscopia no Infravermelho e Aprendizado de Máquina

Sophia Pimenta Brück Varjão¹; Dayvison Felismindo Lima²; Roberto Weider de Assis Franco²; Anderson Rodrigues Lima Caires¹; Samuel Leite Oliveira¹.

¹Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. ²Universidade Estadual do Norte Fluminense.

e-mail: sophia.bruck@ufms.br, anderson.caires@ufms.br, samuel.oliveira@ufms, lima@pq.uenf.br, franco@uenf.br

O Brasil possui um rico patrimônio arqueológico e cerâmicas arqueológicas fornecem informações essenciais para compreender os povos originários. Este trabalho tem como objetivo avaliar se uma abordagem baseada em espectroscopia no infravermelho médio, análise de componentes principais (PCA) e aprendizagem de máquina é capaz de classificar cerâmicas arqueológicas. Foram realizadas medições com espectrômetro FT-IR PerkinElmer Spectrum 100, com acessório de refletância total atenuada (ATR). Com aplicação de PCA, Support Vector Machine (SVM) e K-Nearest Neighbors (KNN), foram analisadas 10 cerâmicas arqueológicas da tradição Tupi-Guarani, sendo 5 amostras coletadas de cada peça. A análise dos espectros, utilizando o classificador SVM com validação cruzada Leave-One-Out (LOOCV), apresentou acurácia de 94%. resultados demonstram o potencial da espectroscopia no infravermelho médio, em conjunto com PCA e SVM, para a classificação de cerâmicas arqueológicas.

Palavras-chave: Cerâmica arqueológica; FTIR; Análise de Componentes Principais; Aprendizagem de Máquina; SVM.

Agradecimentos: CAPES, CNPq.

Referências Bibliográficas:

- [1] D.F. Lima et al., Applied Clay Science 190, 105581 (2020).
 - [2] M. Ferreira, Quimiometria - Conceitos, Métodos e Aplicações, Editora da Unicamp, (2015).
 - [3] A. Anglisano et al., Sustainability 14(18), 11214, (2022).
-

Influência da Concentração de Nitrogênio nas Propriedades Estruturais de Revestimentos de TiNx

Josieli Honorato; Abel André Cândido Recco, Julio César Ságas

Laboratório de Plasmas, Filmes e Superfícies, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Joinville-SC, Brasil

e-mail: josielihonorato@gmail.com

Filmes de nitreto de titânio (TiN) são amplamente utilizados em ferramentas, aplicações decorativas e diversas outras finalidades devido às suas propriedades, como alta dureza e resistência ao desgaste [1 - 2]. Tem crescido o interesse sobre filmes gradados de TiN, ou seja, filmes com um gradiente de nitrogênio ao longo da espessura. Neste trabalho, filmes com diferentes concentrações de nitrogênio (TiNx) foram depositados por magnetron sputtering reativo [3] sobre alumínio para investigar o efeito da concentração de nitrogênio (N₂). Foram produzidas amostras desde $x = 0$ (Ti) até $x = 1$ (TiN) a partir do aumento da vazão de N₂ durante a deposição. Os filmes foram caracterizados por difração de raios-X (DRX) e por nanoindentação para avaliar suas propriedades mecânicas como dureza (H) e módulo de elasticidade (E). Os valores de H e E dos filmes de TiNx aumentam com o incremento de N₂. Os valores encontrados para H são de 4,26 GPa para o Ti, atingindo um máximo de 12,10 GPa para o TiN.

Palavras-chave: Nitreto de Titânio; Propriedades mecânicas; Revestimentos;

Agradecimentos: Os autores agradecem à infraestrutura da Central Multiusuária do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina, bem como ao apoio da FAPESC (processo 2024TR000258) e do CNPq (processo 304053/2021-0).

Referências Bibliográficas:

- [1] Y. Xi et al., Journal of Alloys and Compounds. vol. 496, p 695-698. 2010
 - [2] Z. Qiu et al., JP. Appl Phys A Mater Sci Process. vol. 122, 350. 2016
 - [3] F. Silva et al., Advanced Ceramic Coatings. p. 401-432 2023.
-

Estudo Comparativo de Feltros com Deposição de Polianilina e Feltros Calcinados para Aplicação em Deionização Capacitiva

Felipe D. C. R. Costa¹, Henrique Silva Pinto¹; Víctor Hugo Guedes Nântua¹; Washington Renato Teles Silva¹; Yuri Barros Mendes¹; Lenilson A. Santos¹; Natália C. Costa^{1,3}, Mateus G. Manfre^{1,2}; David A. Graves¹; Luciana S. Cividane¹; Elizabete Y. Kawachi¹

¹Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) - Departamento de Química - IEF-Q, ²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), ³Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) - Laboratório de Plasmas e Processos - LPP

e-mail: felipe.costa.9051@ga.ita.br Deionização capacitiva (CDI) é uma técnica de dessalinização de água salobra que envolve aplicação de potencial sobre um par de eletrodos que adsorvem íons, armazenando carga. Usualmente, utilizam-se feltros de fibra de carbono (CFF) [1]. Há outros materiais viáveis para CDI, especialmente polímeros condutores, como a polianilina (PANI), que incorporam os íons em sua estrutura ativada. Para comparar o armazenamento de carga de ambos os eletrodos, analisaram-se 4 CFFs com deposição de PANI (eletrossíntese em H₂SO₄ 1mol/L) [2] e 4 CFFs com prévia deposição de PANI (mesmo método de eletrossíntese) e posterior calcinação, i.e., com maior porosidade. Os eletrodos foram analisados por meio de voltametrias cíclicas e ensaios de carga e descarga em meio salobro (NaCl) e, posteriormente, em H₂SO₄. Ambos puderam sorver íons do meio. A PANI apresentou maior armazenamento de carga e, após recuperação em H₂SO₄, voltou a apresentar processos redox característicos de sua estrutura ativada [3].

Palavras-chave: CDI; CFF; PANI.

Agradecimentos: INPE, ITA e LPP.

Referências Bibliográficas:

- [1] Suss M. E. et al., Royal Society of Chemistry 8, 2015 (2015)
 - [2] Zhang M. et al., Elsevier dez. 2020, Auburn (2020)
 - [3] Hou L. et al., Journal of Electroanalytical Chemistry 863, 114064 (2020)
-

Caracterização de água ativada por plasma utilizando espectroscopia Raman amplificada por superfície

Nilton F. Azevedo Neto¹; Samuel A. Marques¹; Felipe S. Miranda^{1,2}; Pedro W. P. Moreira Junior¹; Rodrigo S. Pessoa¹

¹Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ²Universidade Estadual Paulista

A água ativada por plasma (PAW) possui potencial em diversas áreas devido às espécies reativas de oxigênio e nitrogênio (RONS) [1]. Este estudo investigou a espectroscopia Raman amplificada por superfície (SERS) para caracterização de PAW, utilizando substratos de filme de prata (Ag) depositados por sputtering. Observou-se aumento significativo nos sinais Raman da água deionizada com os substratos de Ag. A técnica SERS permitiu obter espectros Raman bem definidos de PAW e detectar íons nitrato (NO_3^-) gerados por descarga de barreira dielétrica. Os resultados Raman foram corroborados por alterações físico-químicas (pH e condutividade) e espectroscopia UV-Vis. Filmes finos de Ag depositados por sputtering demonstram ser uma ferramenta metodológica para a caracterização de PAW por espectroscopia Raman.

Palavras-chave: Água ativada por plasma, Filmes finos, Raman.

Agradecimentos: 2023/02268-2 e 2019/05856-7, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

Referências Bibliográficas:

- [1] KOGA-ITO, Cristiane Yumi et al. Cold atmospheric plasma as a therapeutic tool in medicine and dentistry. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, v. 44, n. 3, p. 1393- 1429, 2024.
 - [2] AZEVEDO NETO, Nilton F. et al. Physical and chemical characteristics of plasma- activated water generated by hybrid dielectric barrier discharge and gliding arc discharge. *Journal of Physics D: Applied Physics*, v. 57, n. 41, p. 415204, 2024.
 - [3] AZEVEDO NETO, Nilton F. et al. Sputter deposited silver film as an alternative tool for Raman signal enhancement in plasma-activated water. *Vibrational Spectroscopy*, v. 136, p. 103765, 2025.
-

Síntese e caracterização de materiais luminescentes de composição SrAl₁₂O₁₉:Mn[4+] pelo método de coprecipitação.

L.F.R. Golucci, T.A. Chaim, A.J.G. Otuka, A. Mesquita

Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro.

e-mail: a.mesquita@unesp.br

Materiais luminescentes são compostos que possuem grande interesse científico devido a aplicações tecnológicas [1-4]. Tais materiais são relevantes pois podem ser agregados em matrizes, como no caso de aluminatos, que não são nocivos como nitretos, podendo ser dopados [2]. Esse dopante por sua vez pode acarretar defeitos estruturais no material, podendo gerar a luminescência, sendo este o esperado [4]. Nesse estudo, foi tratado especificamente do material SrAl₁₂O₁₉ dopado com Mn[4+] por ter um mínimo de impacto na saúde humana [2,4]. O material foi sintetizado pelo método de coprecipitação[3] e utilizando alta taxa de aquecimento, possibilitando uma diminuição na temperatura de síntese. Os espectros de excitação e emissão mostram bandas correspondentes da transição eletrônica do íon Mn⁴⁺. A difração de raio X (DRX) mostra a formação da estrutura cristalina do SrAl_{11,995}Mn_{0,005}O₁₉. Por fim, a microscopia eletrônica de varredura (MEV) forneceu a ordem de dezenas de nanômetro da partícula.

Palavras-chave: aluminato de estrôncio; alta taxa de aquecimento; coprecipitação; materiais luminescentes.

Agradecimentos: CNPq (Projeto 164217/2024-0)

Referências Bibliográficas:

- [1] G.K. Ribeiro et al, Materials Science & Engineering B vol. 316, página 118125(2025).
 - [2] Y. Wu et al, Dalton Transactions, vol. 49, páginas 3606-3614 (2020).
 - [3] G.K. Ribeiro et al, Journal of Alloys and Compounds vol. 688, páginas 497-503 (2016)
 - [4] W. D. Callister Jr., Ciência e engenharia dos materiais: uma introdução, Rio de Janeiro: LTC (2021).
-

Desenvolvimento de Eletrodos de Polianilina sobre Feltro de Fibra de Carbono para Aplicações em Supercapacitores

David A. Graves¹, Felipe D. C. R. Costa¹, Maurício R. Baldan^{1,2}, André L. J. Pereira³, Dalva A. L. Almeida⁴, Elizabete Y. Kawachi¹

¹Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) - Departamento de Química - IEF-Q, ²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), ³Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) - Laboratório de Plasmas e Processos - LPP, ⁴Núcleo de Espectroscopia e Estrutura Molecular (NEEM) - Centro de Estudos de Materiais (CEM).

Supercapacitores têm ganhado destaque como sistemas de armazenamento de energia com alta densidade de carga, potência e longa vida útil, sendo promissores em aplicações exigentes, como no setor aeronáutico [1]. Polímeros condutores, como a polianilina (PANI) [2], destacam-se como materiais de eletrodo por sua elevada capacitância, condutividade e baixo custo. Neste estudo, eletrodos compósitos foram produzidos por eletrodeposição de PANI sobre feltro de fibra de carbono (CFF), em célula de três eletrodos. Avaliaram-se doze tempos de síntese (450 - 5400 s) em solução de H₂SO₄ na razão 2:1 (ácido:monômero) [3]. O desempenho eletroquímico foi analisado com suporte estatístico de Kruskal-Wallis. A amostra CFF Kynol 4050s apresentou os melhores resultados: 1820 F.g⁻¹, 88,72 Wh.kg⁻¹ e 8310 W.kg⁻¹ a 0,7 A.g⁻¹. Tempos superiores reduziram o desempenho (1448 F.g⁻¹, 82,99 Wh.kg⁻¹, 7773,9 W.kg⁻¹), indicando um limitante no tempo de síntese para benefícios energéticos.

Palavras-chave: Supercapacitor; CFF; PANI;

Agradecimentos: CNPq, FAPESP, CAPES, INPE, ITA, NEEM, UDESC, IAE e LPP.

Referências Bibliográficas:

- [1] AHIRRAO, D. J. et al. *Journal of Materials Science & Technology*, v. 88, p. 168 - 182, out. 2021.
 - [2] JAMADADE, V. S.; DHAWALE, D. S.; LOKHANDE, C. D. *Synthetic Metals*, v. 160, n. 9 - 10, p. 955 - 960, maio 2010.
 - [3] BAKER, C. O. et al. *Chemical Society Reviews*, v. 46, n. 5, p. 1510 - 1525, 2017.
-

Influência da Gramatura e das Dimensões dos Eletrodos em um Dispositivo de Plasma Atmosférico de Baixo Custo Impresso em 3D

Luan P.G. Filippo, Bruno H.S. Leal, Prof. Dr. William C. Junior
UNESP - Faculdade de Engenharia e Ciências (FEG)

e-mail: luan.filippo@unesp.br

Este trabalho desenvolve um Dispositivo de Plasma Acessível (DPA) usando um reator de descarga em barreira dielétrica de placas paralelas. O sistema possui um eletrodo de malha de aço inoxidável (aterrado) e um disco de alumínio (alta tensão), separados por uma barreira dielétrica de polietileno. Os componentes são impressos em 3D (PLA) reduzindo custos e permitindo geometrias personalizadas. A fonte elétrica fornece pulsos de até 15 kV a 60 Hz, permitindo operar em ar ambiente [1]. A região ativa da descarga abrange toda a malha, favorecendo difusão de espécies reativas [2]. O estudo avalia o impacto da gramatura da malha e do diâmetro do eletrodo no desempenho elétrico e químico do DPA, focando na produção de espécies reativas e eficiência energética [3]. Testes no tratamento d'água são favoráveis para geometria circular, eletrodos menores e malhas mais densas, com o custo aproximado de R\$700 do DPA, é comprovado a viabilidade técnica e econômica para ambientes com recursos limitados.

Palavras-chave: Baixo Custo; Descarga em Barreira Dielétrica (DBD); Plasma.

Agradecimentos: Agradeço à CAPES pela bolsa de estudos, e ao Laboratório de Plasma, todos os colaboradores e pessoas próximas cujo apoio e orientação tornaram possível fazer parte deste projeto.

Referências Bibliográficas:

- [1] Junior, W. C., Kodaira, F., Kodaira, P., Castro, G., Silva, D., Fernandes, T., Carla, A., Almeida, A., Henrique, B., Leal, B. S., Quade, A., Koga Ito, C., Kostov, K., *Molecules*. vol. 29 (17). página 4270 (2024)
 - [2] Cao, Y., Qu, G., Li, T., Jiang, N., Wang, T. et al, *Plasma Science and Technology*, vol. 20, página 103001 (2018)
 - [3] Noala, V. M. M., Junior, C. J., Sampaio, A. G., Vegian, M., Pessoa, R., Ito, C. I. et al, *International Journal of Molecular Sciences*. vol. 23. página 4131 (2022)
-

Desenvolvimento de um propulsor a plasma helicoidal de baixa potência para CubeSats

ALMEIDA, Júlio César¹ ; MIRANDA, Rodrigo^{1,2}; COSTA, Sarah G. S. P.^{1,3}; FERREIRA, José Leonardo¹

¹Laboratório de Física dos Plasmas, Instituto de Física, Universidade de Brasília, Brasília-DF; ²Faculdade de Ciências e Tecnologias em Engenharia, Universidade de Brasília, Brasília-DF; ³Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília-DF;

e-mail: julio.eletromec.if@gmail.com

O baixo custo de satélites miniaturizados, especialmente CubeSats, tornou missões espaciais acessíveis. A inclusão de sistemas de propulsão amplia a vida útil dessas missões, mas a baixa potência disponível dificulta seu desenvolvimento. Propulsores a plasma surgem como alternativa eficiente para manutenção de órbitas e transferências orbitais. Este trabalho apresenta resultados experimentais do desenvolvimento de um propulsor a plasma helicoidal no Laboratório de Física de Plasmas da UnB. Por não usar eletrodos e ter construção simples, esse propulsor é promissor para CubeSats. Também são apresentadas medidas de temperatura e densidade obtidas com diagnósticos adaptados. Os resultados visam contribuir com tecnologias inovadoras para futuras missões espaciais brasileiras.

Palavras-chave: Plasma, Propulsão elétrica, CubeSats, Ondas hélicon.

Agradecimentos: JCA agradece suporte financeiro da CNPq (projeto 407341/2022-6). RM agradece o auxílio financeiro da CNPq (projetos 407341/2022-6 e 407493/2022-0), da FAPDF (projeto 383/2023) e da Agência Espacial Brasileira (TED 000529/2024).

Referências Bibliográficas:

- [1] Goebel D M and Katz, I 2008 Fundamentals of Electric Propulsion: Ion and Hall Thrusters (JPL Space Sci. Tech. Series). [2] Charles, C. and Boswell, R. W. 2003 Appl. Phys. Lett. 82, 1356. [3] F. F. Chen, "A Compact Permanent-Magnet Helicon Thruster," in IEEE Transactions on Plasma Science, vol. 43, no. 1, pp. 195-197, Jan. 2015, doi: 10.1109/TPS.2014.2361476.
-

Anéis Inteligentes: Uma Abordagem Científica para a Tecnologia NFC

Gustavo França¹; Welington Mrad Joaquim²

¹Universidade de Uberaba ; ²Universidade de Uberaba

e-mail: xxgustavoguilherme113xx@gmail.com

Este trabalho teve como objetivo investigar a viabilidade do uso da tecnologia NFC em anéis inteligentes para pagamentos por aproximação, propondo uma alternativa prática e acessível para situações em que o uso do celular não é conveniente. A proposta consiste no desenvolvimento de um anel equipado com chip NFC, capaz de realizar pagamentos de forma rápida e segura. Estudos apontam que a tecnologia NFC possui elevado potencial de integração com sistemas inteligentes, promovendo novas formas de interação com o ambiente digital [1]. Esses estudos também discutem os desafios técnicos envolvidos, como a miniaturização dos componentes e o consumo eficiente de energia, considerados essenciais para a viabilidade desses dispositivos [2]. Por fim, destaca-se a relevância da tecnologia NFC na Internet das Coisas (IoT), especialmente por sua capacidade de substituir métodos tradicionais de autenticação e pagamento, fortalecendo sua aplicação em dispositivos vestíveis como anéis inteligentes [3].

Palavras-chave: NFC, anéis inteligentes; autenticação; pagamentos sem contato; tecnologia vestível.

Agradecimentos: Agradecemos à Universidade de Uberaba (Uniube) pelo suporte institucional e incentivo à pesquisa científica.

Referências Bibliográficas:

- [1] COSKUN, V.; OK, K.; OZDENIZCI, B. Near Field Communication (NFC): From Theory to Practice. Hoboken: Wiley, 2012. Disponível em: https://www.research-gate.net/publication/307567296_Near_Field_Communication. Acesso em: 20 maio 2025.
- [2] ZHANG, Y.; LIU, Y.; ZHANG, Y.; WANG, Y. An Overview of the Miniaturization and Endurance for Wearable Devices. Proceedings of the 2021 3rd International Conference on Computer Communication and the Internet, p. 1 - 6 (2021). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/350521667_An_Overview_of_the_Miniaturization_and_Endurance_for_Wearable_Devices. Acesso em: 20 maio 2025.
- [3] SILVA, João Paulo de Sousa; SILVA, Paulo Henrique Lopes. Um estudo dissertativo-expositivo sobre as tecnologias de comunicação sem fio NFC, LoRa e 5G no contexto de IoT. Revista Científica da FAMINAS, v. 17, n. 1, p. 23 - 38 (2021). Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/9JoaoPS_ART.pdf. Acesso em: 20 maio 2025.
-

Geração de plasma em sistema de gaiola catódica

Kauã Pioli da Rosa, Julio César Sagás

Laboratório de Plasmas, Filmes e Superfícies, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)

e-mail: kaua.rosa@edu.udesc.br

Plasmas gerados por descargas elétricas são largamente utilizados no processamento de materiais [1]. Um dos parâmetros fundamentais é a transferência de energia do plasma para a amostra. Gaiolas catódicas são estruturas que permitem tanto aumentar a transferência de energia (ao confinar o plasma dentro da gaiola) quanto diminuir (ao mantê-lo isolado fora da gaiola). Neste trabalho, investigou-se a geração de plasma de argônio em um sistema de gaiola catódica a fim de verificar as condições para geração do plasma em cada região (dentro e fora). Foi utilizada uma fonte pulsada bipolar assimétrica (100 kHz, 4,0 us de tempo reverso, - 200 V de tensão média) para diferentes pressões. Observou-se que, nas condições testadas, o plasma sempre se formou no interior da gaiola e a corrente da descarga aumentou com a pressão. A espectroscopia óptica identificou linhas de emissão do argônio (Ar I e Ar II) e contaminantes como hidrogênio e nitrogênio.

Palavras-chave: plasma; gaiola catódica; argônio; corrente; pressão;

Agradecimentos: Agradeço à FAPESC, ao CNPq e à UDESC.

Referências Bibliográficas:

- [1] Lieberman, M. A., & Lichtenberg, A. J. Principles of Plasma Discharges and materials Processing. Wiley, 2005.
 - [2] Chapman, B. N. Glow Discharge Processes: Sputtering and Plasma Etching. Wiley, 1980.
 - [3] Akkar, Rita. Atomic and molecular spectroscopy: basic concepts and applications. New York, NY: Cambridge University Press, 2015.
 - [4] Chen, Y.; Du, J.; Li, B.; Zhang, H. Investigation of hysteresis behaviors of plasma parameters in magnetron sputtering discharges. Surface and Coatings Technology, v. 471, p. 129035, 2023.
 - [5] Kramida, A., Ralchenko, Y., Reader, J., and NIST ASD Team. (2024). NIST Atomic Spectra Database (version 5.9). <https://physics.nist.gov/asd>
-

Área: Física Nuclear

P53

Dinâmica do modelo Jaynes-Cummings

Matheus Diniz Moro, Fabiano Manoel de Andrade

Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)

e-mail: matheusdinizmr01@gmail.com

Este trabalho investiga a dinâmica do Modelo de Jaynes-Cummings (JC) [1] e suas diferenças em relação ao Modelo de Rabi, contrastando a descrição quântica (JC) com a abordagem semi-clássica (Rabi) na interação átomo-campo [2]. O campo eletromagnético foi quantizado e derivou-se o Hamiltoniano de Interação usando a aproximação de dipolo, aplicando a RWA [3] no caso JC. Analisou-se, então, como ambos os modelos descrevem a Inversão de População no modelo de Rabi e no modelo JC e como o fato do campo ser quantizado em um e não em outro dá origem a novos fenômenos. O estudo esclarece diferenças entre os modelos e como a escolha da base no modelo quântico muda os resultados quando analisamos o fenômeno da Inversão de População [1,3].

Palavras-chave: Modelo Jaynes-Cummings, Modelo de Rabi, Segunda Quantização

Agradecimentos: Agradeço a UEPG e ao meu grupo de pesquisa, o QPQI (Quantum Physics and Quantum Information).

Referências Bibliográficas:

- [1] E. T. Jaynes et al, Proc. IEEE 51, 89 (1963)
 - [2] M. O. Scully et al, Quantum Optics (1997)
 - [3] P. Knight et al, Introductory Quantum Optics (2005)
-

Simulação computacional de dois universos interagindo gravitacionalmente

Odair Oliveira de Sá, Luiz Alberto Vieira Dias

Instituto Tecnológico de Aeronáutica

e-mail: odair@ita.br, vdias@ita.br

O objetivo deste artigo é demonstrar experimentos computacionais de simulação de dois universos para investigar como seria a interação entre eles, considerando a possibilidade da existência de múltiplos universos. A partir da equação de campo de Einstein, e considerando as métricas de Schwarzschild e a métrica Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker (FLRW), simulamos usando a linguagem python, como seria a interação de dois universos. Depois, introduzimos o efeito da entropia e das flutuações quânticas na evolução dos universos, baseado na hipótese de que a gravidade pode emergir da entropia quântica (como proposto na teoria de entropia gravitacional de Erik Verlinde) onde a gravidade não seria uma força fundamental, mas um efeito entrópico decorrente da informação quântica armazenada nos "bits" do espaço-tempo. Finalmente, de acordo com Bianconi de que a gravidade emerge fundamentalmente da entropia, simulamos a termodinâmica de rede complexa.

Palavras-chaves: Simulação computacional, universos, interação gravitacional

Agradecimentos: Agradecimento ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Referências Bibliográficas:

- [1] BIANCONI, Ginestra. Gravity from entropy. Phys. Rev. D 111, 066001 (2025) <https://arxiv.org/abs/2408.11103> <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.111.066001>
 - [2] CARROL, Bradley W; OSTIIE. Dale A. An Introduction to Modern Astrophysics. Cambridge University Press. 2017
 - [3] LINDE, Andrei. A brief history of the multiverse. <https://doi.org/10.1063/PT.3.4657>
 - [4] Peebles, P. J. E., & Ratra, B. (2003). "The cosmological constant and dark energy". Reviews of Modern Physics, 75(2), 559 - 606. arXiv:astro-ph/0207347. <https://doi.org/10.48550/arXiv.astro-ph/0207347>
 - [5] VERLINDE, Erik. On the origin of gravity and the laws of Newton. J. High Energ. Phys. 2011, 29 (2011). [https://doi.org/10.1007/JHEP04\(2011\)029](https://doi.org/10.1007/JHEP04(2011)029)
-

Classificação de estrelas Early-Type do survey LAMOST

Aline Bento Teixeira, Ronaldo Savarino Levenhagen
Universidade Federal de São Paulo

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento inicial de uma pesquisa voltada à análise espectral de estrelas early-type a partir dos dados do survey LAMOST DR7. A investigação tem como foco as estrelas do tipo Be, conhecidas por exibirem linhas de Balmer em emissão associados a envelopes circunstelares. Foram aplicadas técnicas de inspeção visual e triagem espectral com base nas características da linha $H\alpha$, seguidas por ajustes com modelos atmosféricos em regime não-LTE. Os resultados preliminares de uma pequena amostra de estrelas Be indicam que esses objetos se encontram na sequência principal. A metodologia adotada envolve o uso de ferramentas computacionais desenvolvidas para o tratamento dos espectros e aplicação de modelos sintéticos para estimativa de parâmetros físicos estelares, fornecendo subsídios para estudos populacionais mais abrangentes em levantamentos espectroscópicos. [1 - 5].

Palavras-chave: Estrelas Be; LAMOST; espectroscopia estelar; classificação espectral; NLTE.

Agradecimentos: Esta pesquisa conta com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Universidade Federal de São Paulo.

Referências Bibliográficas:

- [1] Levenhagen R. S. & Leister N. V., MNRAS 371, 252 - 262 (2006)
 - [2] Levenhagen R. S. & Leister N. V., AJ 127, 1176 - 1180 (2004)
 - [3] Levenhagen R. S. et al., A&A 400, 599 - 612 (2003)
 - [4] Vinicius M. M. F. et al., A&A 446, 643 - 660 (2006)
 - [5] Rivinius T. et al., A&A Rev. 21, 69 (2013)
-

Dinâmica de Emissão de Ondas Gravitacionais por Estrelas Compactas e suas Aplicações na Física Nuclear

Gabriel O. Cavalheiro^{1,2}, Lucas S. Lara¹, César H. Lenzi²

¹Universidade Estadual de Ponta Grossa, ²Instituto Tecnológico de Aeronáutica

e-mail: gabrieloliveira8551@gmail.com

A primeira detecção de ondas gravitacionais pelo interferômetro LIGO em 2015 configurou mais uma previsão bem-sucedida da relatividade geral, o que possibilitou mais uma janela de observação de fenômenos astrofísicos além do espectro eletromagnético [1]. Neste contexto, é importante destacar as estrelas compactas como fontes de ondas gravitacionais. Os principais mecanismos através dos quais estrelas compactas podem emitir ondas gravitacionais são a coalescência e oscilações estelares. Em ambos os casos, as propriedades das ondas gravitacionais são impactadas pela matéria que compõe essas estrelas [2 - 4]. Nossa proposta é demonstrar como a equação de estado da matéria estelar de alta densidade impacta nas propriedades das ondas gravitacionais. Foi possível verificar que o modelo NJL prevê estrelas híbridas estáveis com núcleo de quarks dentro de certos valores do acoplamento vetorial, e que esse acoplamento interfere nas propriedades da massa e modo-f da estrela.

Palavras-chave: ondas gravitacionais; estrelas compactas; coalescência; oscilações estelares; equação de estado.

Agradecimentos: Os autores agradecem ao Prof. Dr. César Vasquez Flores pelo auxílio no trabalho.

Referências Bibliográficas:

- [1] B. P. Abbott et al., "Observation of gravitational waves from binary black hole merger", *Phys. Rev. Lett.* 116, 061102 (2016).
 - [2] B. P. Abbott et al. "GW170818: Measurements of neutron star radii and equation of state", *Phys. Lett.* 121, 161101 (2018).
 - [3] K. S. Thorne and A. Campolattaro, "Non-radial pulsation of general-relativistic stellar models I. Analytic analysis for $l \geq 2$ ", *Astrophys. J.* 149, 591 (1967).
 - [4] S. Detweiler and L. Lindblom, "The quadrupole oscillations of neutron stars", *Astrophys. J. Suppl.* 53, 73 (1983).
-

Estudo de ondas gravitacionais: aprendizado, codificação e detecção

Tiago Amadei Raffaelli^{1,2}, Cesar Henrique Lenzi²

¹Universidade de São Paulo (USP), ²Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)

e-mail: tiagoaraffaelli@usp.br

Este projeto de iniciação científica visa explorar o fenômeno das ondas gravitacionais, abordando suas características, detecção e codificação. Previstas por Albert Einstein em 1916, no contexto da Teoria da Relatividade Geral, essas ondas são ondulações no espaço-tempo causadas por eventos astrofísicos extremos, como colisões de buracos negros e fusões de estrelas de nêutrons. O estudo insere-se em um cenário científico recente, impulsionado pela detecção direta dessas ondas, realizada por observatórios como o Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO), que confirmou previsões teóricas e inaugurou uma nova era na astrofísica. A pesquisa envolve o estudo teórico, a análise dos avanços tecnológicos na detecção e o aprofundamento em métodos computacionais para captação e interpretação dos sinais. Espera-se que os resultados contribuam para a compreensão do papel das ondas gravitacionais na astrofísica e ampliem o conhecimento sobre a estrutura e dinâmica do universo.

Palavras-chave: onda;detector;programação

Agradecimentos: Agradeço à USP e ao ITA pelo suporte institucional e incentivo à pesquisa, fundamentais para a realização deste estudo.

Referências Bibliográficas:

C.H. Lenzi, Relatividade Geral & Tópicos de Cosmologia, YouTube, (2024).

G. Collaboration, Open Data Workshop 2025, GWOSC, (2025), <https://www.gw-openscience.org/>

Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory, <https://www.ligo.caltech.edu/news>

Utilização de funções de ativação quânticas em redes neurais aplicada à classificação de dados genômicos: uma revisão sistemática.

Petterson Pina dos Santos, Adonney Allan de Oliveira Veras, Monica Silva de Oliveira
Universidade Federal do Pará

e-mail: pettersonpina@hotmail.com; allanverasce@gmail.com; monicasilva@ufpa.br

Esta revisão sistemática investiga o uso de funções de ativação quânticas em redes neurais [2], com foco na classificação de dados genômicos [1]. Foram analisados artigos com propostas teóricas, simulações e implementações práticas [2], considerando impactos no desempenho dos modelos [2], benefícios frente a métodos clássicos [3] e limitações atuais [1]. A pesquisa inclui estudos revisados por pares, extraídos de bases científicas reconhecidas, com critérios de elegibilidade definidos [1]. Os resultados indicam que tais funções oferecem vantagens computacionais [2] e melhor generalização em problemas complexos, como a análise de sequências genéticas [1]. Contudo, desafios como hardware quântico limitado [1], estabilidade dos algoritmos [2] e integração com dados biomédicos reais [1] persistem. Conclui-se que, apesar dos obstáculos, essas funções apresentam grande potencial para aplicações em bioinformática [1].

Palavras-chave: Funções de Ativação Quânticas; Redes Neurais; Bioinformática

Agradecimentos: Agradeço à UFPA e ao professor Allan Veras pela orientação e apoio.

Referências Bibliográficas:

[1] CHAKRABORTY, Simantini; DASY, Tamal; SUTRADHARZ, Saurav; DASX, Mrinmoy; DEB, Suman. An Analytical Review of Quantum Neural Network Models and Relevant Research. IEEE, 2020. DOI: 10.1109/ICCES48766.2020.9137960.

[2] MARONESE, Marco; DESTRI, Claudio; PRATI, Enrico. Quantum activation functions for quantum neural networks. Quantum Information Processing, v. 21, n. 128, 2022. DOI: 10.1007/s11128-022-03466-0.

[3] SILVA, Ivan Nunes da. Redes neurais artificiais: para engenharia e ciências aplicadas / Ivan Nunes da Silva; Danilo Hernane Spatti; Rogério Andrade Flauzino. - São Paulo: Artliber, 2010.

Identificação de pares próton-próton em interações de neutrinos com núcleos de argônio

Tatiana Clarindo de Melo¹; Gustavo do Amaral Valdivieso¹; Minerva Betancour Vega²

¹Universidade Federal de Alfenas, ²Fermi National Accelerator Laboratory, Batavia, Illinois, USA

A geração atual de feixes de neutrinos e detectores de linha de base curta tem a capacidade de gerar milhares de interações por dia. Essas altas taxas permitem que os neutrinos sejam usados como sondas para física nuclear. Em particular, o estudo de correlações nucleon-nucleon de curto alcance já se mostrou viável em detectores menores. Em núcleos grandes, os nucleons tendem a formar pares, particularmente prótons pareando com nêutrons devido às suas diferentes cargas elétricas. Esse pareamento é energeticamente favorável porque reduz a energia total do núcleo. Usando um feixe de neutrinos de múons, resultando em um múon e dois prótons no estado final, ejetados consecutivamente, onde um dos prótons resulta de uma interação quase elástica de corrente carregada. A tecnologia LArTPC permite a identificação desses eventos. Neste trabalho, revisamos a literatura para a metodologia, os últimos resultados e as implicações de tais estudos em preparação para experimentos futuros.

Palavras-chave: Neutrinos, LarTPC, Interação Neutrino-Núcleo

Agradecimentos: Os autores gostariam de agradecer às seguintes entidades pelo seu apoio e financiamento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) para a bolsa de estudos e a organização EFITA e suas agências de financiamento por proporcionarem este evento.

Referências Bibliográficas:

- [1] R. Acciarri et al. [ArgoNeuT], Phys. Rev. D 90, no.1, 012008 (2014) [arXiv:1405.4261 [nucl-ex]].
 - [2] L. Alvarez-Ruso et al., arXiv:1403.2673 [hep-ph] (2014), J. G. Morfin et al., Adv.High En. Phys. 2012, 934597 (2012).
 - [3] ArgoNeuT Coll. (C. Anderson et al.), 2012 JINST 7 P10019
-

Estudo de estrelas compactas: estrutura interna e detecção de ondas gravitacionais

Messias Celestrino dos Santos^{1,2}, Cesar Henrique Lenzi²

¹Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ²Universidade de São Paulo

e-mail: celestrinomessias@gmail.com

Este projeto busca explorar a microestrutura das estrelas de nêutrons sob o contexto da astronomia multimessageira. Utilizando equações de estado derivadas da física nuclear e da relatividade geral, pretende-se analisar a composição interna dessas estrelas e estudar as características de ondas gravitacionais geradas por oscilações estelares. O projeto inclui programação em Python das equações de Tolman-Oppenheimer-Volkoff (TOV), análise de partículas exóticas e investigação sobre os métodos de detecção de ondas gravitacionais. O projeto também prevê, em etapa posterior, a implementação da energia escura no modelo astrofísico. Utilizando extensões das equações de campo e ajustes nas equações de Tolman-Oppenheimer-Volkoff, busca-se analisar seus possíveis efeitos na estrutura das estrelas de nêutrons e nas ondas gravitacionais geradas.

Palavras-chave: estrela; onda; energia; programação

Agradecimentos: Agradeço à Universidade de São Paulo (USP) e ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) pelo conhecimento, estrutura e oportunidades que têm contribuído significativamente para meu desenvolvimento acadêmico e científico. Estendo meus agradecimentos ao professor Cesar Henrique Lenzi pelo apoio, orientações e incentivo durante as etapas deste projeto.

Referências Bibliográficas:

B. P. Abbott et al. (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration), *Phys. Rev. Lett.* 121, 161101 (2018). NASA, Neutron Star Interior Composition Explorer, <https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/nicer/> (accessed Oct. 28, 2024). A. Utor1 et al., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 495, 789 - 796 (2020).

Quantização do Vácuo no Referencial Girante

Sidney Natzuka Junior¹, Carlos Augusto Domingues Zarro², Matheus dos Santos Soares³

¹IFT - Unesp, ²UFRJ, ³CBPF

e-mail: sidney.natzuka@unesp.br

É sabido que o vácuo não é absoluto: referenciais não inerciais experienciam-no de modo contraintuitivo, como no efeito Unruh para aceleração constante. O caso de rotação, embora análogo, contém sutilezas que dificultam a análise. Em [1], defende-se que o vácuo girante é idêntico ao inercial; em [2 - 4], demonstra-se que a resposta de um detector girante difere fundamentalmente do caso inercial; em [5], obtém-se conclusão similar analisando-se o problema no referencial inercial. Neste trabalho, quantizamos um campo escalar em acoplamento mínimo à métrica girante para esclarecer essas discrepâncias e caracterizar o vácuo do observador em rotação. Construimos explicitamente a função de correlação, revelando a dinâmica de partículas em rotação no vácuo. Este resultado tem o potencial de tornar a interação de sistemas não inerciais (e por consequência efeitos de gravitação) com o vácuo realizável experimentalmente por meio de sistemas com altas velocidades de rotação.

Palavras-chave: quantização em espaços curvos; coeficientes de Bogoliubov; função de Wightman.

Agradecimentos: Gostaríamos de expressar nosso sincero agradecimento à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código 001, pelo apoio financeiro que tornou este projeto possível.

Referências Bibliográficas:

- [1] G. Denardo et al., Nuovo Cim. B, 81 - 89 (1978)
 - [2] S. Takagi, Prog. Theor. Phys., 1270 - 1272 (1984)
 - [3] O. Levin et al., J. Phys. A: Math. Gen., 3001 (1993)
 - [4] J. R. Letaw et al., Phys. Rev. D, 1345 (1980)
 - [5] S. Biermann et al., Phys. Rev. D, 085006 (2020)
-

Nova Fenomenologia de Ondas Gravitacionais Descrita por Teorias Teleparalelas Simétricas de Gravitação (STG)

Vinicius Bonavides de Castro Campos Pedro José Pompeia
Instituto Tecnológico de Aeronáutica

e-mail: vinicius.campos@ga.ita.br

Este trabalho investiga como ondas gravitacionais se comportam em teorias de gravitação alternativas à Relatividade Geral, mais especificamente nas teorias teleparalelas simétricas de gravitação (STG). Partindo da formulação lagrangiana quadrática mais geral possível para STG, realizou-se a aproximação de campo fraco e aplicou-se a solução padrão de ondas gravitacionais no regime perturbativo. A análise revelou uma nova fenomenologia: a presença de modos de polarização adicionais não previstos pela Relatividade Geral. Assim, mostrou-se como a atribuição da gravitação exclusivamente à não-metricidade pode ampliar a descrição de fenômenos gravitacionais e abrir novos caminhos de investigação para a física fundamental.

Palavras-chave: ondas gravitacionais; gravitação; não-metricidade; teleparalelismo simétrico

Agradecimentos: O autor agradece ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica por todo o apoio e pela formação oferecida e em especial ao seu professor orientador, Pedro José Pompeia, por todos os ensinamentos, motivação, parceria e paciência.

Referências Bibliográficas:

- [1] L. Heisenberg et al, Physics Reports vol. 1066, 1-78 (2024)
 - [2] M. Hohmann et al, Physical Review D vol. 99, 024009 (2019)
 - [3] H. Rao et al, Physics Letter B vol. 850, 138497 (2024)
-

Vorticidade do Gás em Simulações de Galáxias Jellyfish

Mathias Bez¹, Rubens Machado²

¹Universidade Federal do Paraná, ²Universidade Tecnológica Federal do Paraná

e-mail: mathiasbez@gmail.com

Galáxias jellyfish são sistemas que se movem por aglomerados de galáxias e sofrem remoção de gás por pressão de arraste (ram pressure), formando caudas gasosas [1]. Esse fenômeno é observado [2] e simulado em contextos ideais e cosmológicos [3]. Neste trabalho, analisamos como se comportam as velocidades do gás removido de uma galáxia. Isso é feito por meio de simulações de túnel de vento com o código Gadget-4. A galáxia inicial foi evoluída isoladamente por 1 Gyr, inserida em uma caixa de gás onde recebe o vento perpendicularmente ao disco. A galáxia perde uma fração expressiva de gás na escala de 0.2 Gyr. A simulação permite estudar a formação da cauda e a vorticidade do gás analisando a velocidade do gás interestelar e do gás intra-aglomerado. Observam-se padrões de vorticidade associados a instabilidades no escoamento [4], indicando turbulência e impacto no meio intra-aglomerado. Resultados futuros incluirão análise quantitativa da vorticidade e comparação com dados observacionais.

Palavras-chave: galáxias; vorticidade; jellyfish; ram pressure; simulação

Agradecimentos: CNPq, Fundação Araucária

Referências Bibliográficas:

[1] J.E. Gunn & J.R. Gott, *Astrophysical Journal* 176, 1 (1972)

[2] B.M. Poggianti et al., *Astrophysical Journal* 846, 14 (2017)

[3] K. Yun et al., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 483, 1042 (2019)

[4] E. Roediger et al., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 371, 609 (2006)

Modelos de Caminhadas Quânticas: Teoria, Dinâmica e Aplicações

Maria Eduarda Oshiro Paixão, Fabiano Manoel de Andrade, Thiago Takaji Tsutsui
Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG

e-mail: mariaeduardaoshiro@gmail.com

As caminhadas quânticas (CQ) são extensões das caminhadas aleatórias clássicas, destacando-se pelo uso de propriedades quânticas como interferência e emaranhamento, fundamentais na computação e informação quântica [1]. Este projeto investiga as características essenciais das CQ, com foco em sua aplicação como ferramenta na teoria da informação. Dois modelos principais são considerados: a caminhada quântica com moeda (CQM) e a de espalhamento (CQE). Ambos utilizam moedas quânticas, como a de Hadamard, e operam em espaços de Hilbert de posição e de moeda. A dinâmica das CQ é analisada em grafos homogêneos e não homogêneos, conforme discutido por Aharonov et al. [2]. As distribuições de probabilidade mostram que as CQM apresentam padrões de interferência e espalhamento mais rápidos que as versões clássicas. O projeto busca aprofundar a compreensão das CQ e explorar suas possíveis aplicações em tecnologias quânticas.

Palavras-chave: Caminhadas quânticas; emaranhamento; grafo; difusão;

Agradecimentos: Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas:

[1] Kempe, J., Quantum random walks: an introductory overview. *Contemporary Physics*, v. 44, p. 307 (2003).

[2] Aharonov, D., Ambainis, A., Kempe, J., e Vazirani, U., Quantum walks on graphs. In: *STOC '01: Proceedings of the thirty-third annual ACM symposium on Theory of computing*, p. 50, New York, NY, USA (2001).

Detecção e Classificação de Objetos Estelares Jovens com Métodos de Aprendizado de Máquina

Pedro Medeiros Merino, Phillip Andreas Brenner Galli

Universidade de São Paulo, Instituto de Astronomia, Geociências e Ciências Atmosféricas

e-mail: merinopedrom@usp.br

Os diagramas cor-cor[1] são frequentemente utilizados em astronomia para detecção e classificação de objetos estelares jovens baseado no seu excesso de emissão no infravermelho. Em geral, isso é feito aplicando-se critérios fotométricos de seleção manual[1] para definir a região de cada classe de objetos em diagramas específicos. Este projeto tem como objetivo desenvolver uma ferramenta de detecção e classificação de objetos estelares jovens usando métodos de aprendizado de máquina, como redes neurais, para implementar essa tarefa de forma mais objetiva e eficiente. Foi feito um levantamento desses objetos catalogados em regiões de formação estelar próximas [2-4] e dados fotométricos disponíveis para formar um conjunto de treinamento para ser implementado em modelos de classificação de aprendizado de máquina. A ferramenta desenvolvida neste trabalho poderá ser utilizada futuramente na busca por objetos estelares jovens em regiões de formação estelar e aglomerados estelares jovens.

Palavras-chave: fotometria; estrelas jovens; métodos de aprendizado de

máquina; diagramas cor-cor. Agradecimentos: Agradecimentos à FAPESP pelo financiamento do projeto e ao Instituto de Astronomia, Geociências e Ciências Atmosféricas (IAG) da Universidade de São Paulo (USP).

Referências Bibliográficas:

- [1] KOENIG, X. P et al. The Astrophysical Journal, v. 791, p. 131 (2014).
 - [2] P.A.B. Galli et al., Astronomy & Astrophysics, Volume 630, 23 pp (2019).
 - [3] P.A.B. Galli et al., Astronomy & Astrophysics, Volume 646, 19 pp (2021).
 - [4] P.A.B. Galli et al., Astronomy & Astrophysics, Volume 643, 18 pp (2020).
-

Radiação e Cotidiano: Da Física Nuclear à Prática Educacional no Ensino Médio

Lais Rosa Ferreira^{1,2}, Maria Luiza da Silva Oliveira^{1,2}, Jade Helena Campos Augstroze², Rodrigo Sávio Pessoa²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo Campus de São José dos Campos,
²Instituto Tecnológico de Aeronáutica (Laboratório de Plasmas e Processos)

e-mail: laisrosa619@gmail.com

A radiação, comumente associada a riscos, está presente tanto de forma natural quanto tecnológica no cotidiano. O Sol, por exemplo, emite radiação eletromagnética, composta por ondas do espectro eletromagnético solar [1], essenciais à vida. Além disso, equipamentos como fornos de micro-ondas e detectores de fumaça também a utilizam de forma segura. Assim, esse trabalho apresenta uma proposta de aula interdisciplinar de Física e Química no Ensino Médio, abordando radiação e física nuclear com ênfase na radiação ultravioleta (UV) e seus efeitos biológicos. Ademais, considerando que o ensino de Física muitas vezes se restringe ao formalismo matemático [2], adota-se a sala de aula invertida com o uso de mídias digitais, aula expositiva e jogos educacionais acerca da temática. Neste contexto, a proposta visa reforçar a importância do uso de tecnologias digitais para promover a construção ativa e crítica do conhecimento por parte dos alunos e professores [3].

Palavras-chave: radiação, física nuclear, interdisciplinaridade

Agradecimentos: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)

Referências Bibliográficas:

- [1] P.V. Alves et al., Revista Brasileira de Ensino de Física 43, e20210150 (2021).
 - [2] R.C. Silva, Ensino de radiações ionizantes por meio de produção de vídeos por alunos da 3^a série do ensino médio, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, Brasil (2012).
 - [3] A.L. Rodrigues, A formação ativa de professores com integração pedagógica das tecnologias digitais, ResearchGate (2017).
-

Estudo das Interações entre Estrelas de Nêutrons e Matéria Escura: Implicações para a Física de Alta Energia e Ondas Gravitacionais

Luana da Silva Martins Cuconato, orientador Prof. Dr. César Henrique Lenzi
Universidade de São Paulo, Instituto Tecnológico de Aeronáutica

e-mail: luanacuconato@usp.br

Observações de movimento de galáxias e aglomerados de galáxias [1], análises da radiação cósmica de fundo em micro-ondas [2], utilização de telescópios de raios gama, como o Fermi Gamma-ray Space Telescope [3], de detectores altamente sensíveis, como o LUX-ZEPLIN e o XENON, localizados em minas subterrâneas [4], e missões como a missão Gaia da Agência Espacial Europeia (ESA) [5] são alguns dos principais métodos utilizados na busca por evidências da matéria escura. Cada um deles compartilha o objetivo de detectar indiretamente esse componente invisível do universo, utilizando técnicas como análise gravitacional, lentes gravitacionais e dispersão de partículas. A matéria escura, embora ainda não detectada diretamente, revela-se por meio de sua influência em fenômenos físicos bem estabelecidos, como a gravidade e a curvatura da luz. Neste contexto, o presente projeto busca investigar as interações entre estrelas de nêutrons e matéria escura, analisando suas possíveis implicações na estrutura estelar, na emissão de ondas gravitacionais e na física de altas energias [6]. Durante o desenvolvimento da Iniciação Científica, espera-se que o estudante adquira conhecimentos sobre modelos físicos e simulações numéricas que descrevem objetos astrofísicos compactos e explore dados observacionais para compreender como tais interações podem revelar propriedades fundamentais da matéria escura.

Palavras-chave: matéria escura; estrelas de nêutrons; ondas gravitacionais; astrofísica; física de partículas.

Agradecimentos: Agradeço ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e Universidade de São Paulo (USP) pela oportunidade de desenvolver esta pesquisa e ao Prof. Dr. César Henrique Lenzi pela orientação, incentivo e dedicação ao longo do projeto. Agradeço também aos meus amigos pelo apoio, pelas trocas e pela parceria durante toda a jornada científica.

Referências Bibliográficas:

- [1] V. C. Rubin, W. K. Ford Jr., *Astrophys. J.* 159, 379 (1970).
- [2] G. F. Smoot et al., *Astrophys. J. Lett.* 396, L1 (1992).
- [3] M. Ackermann et al. (Fermi LAT Collaboration), *Astrophys. J. Suppl.* 203, 4 (2012).
- [4] D. S. Akerib et al. (LUX Collaboration), *Phys. Rev. Lett.* 118, 021303 (2017).
- [5] Gaia Collaboration, *Astronomy & Astrophysics* 616, A1 (2018).
- [6] R. R. Silbar, S. Reddy, "Neutron Stars for Undergraduates," arXiv:nucl-th/0309041v2 (2003).

influência do ambiente sobre as propriedades não- clássicas de alguns estados quânticos da luz

João Pedro Gonzalez de Oliveira; Prof. Dr. Antonio Vidiella Barranco
Universidade Estadual de Campinas - Instituto de Física Gleb Wataghin

Foi investigado como a interação com o ambiente afeta propriedades não-clássicas de estados quânticos da luz, como coerência, propriedades estatísticas e compressão de quadraturas. Foram analisados estados de Fock, coerentes, comprimidos, do tipo Gato de Schrödinger, truncados e com componentes filtradas. Através do formalismo de operadores densidade e simulações com a biblioteca QuTiP, modelou-se a evolução desses estados em contato com banhos térmicos. A degradação da coerência foi estudada via entropia linear e parâmetro de Mandel, revelando transições entre comportamentos clássicos e quânticos. Verificou-se que a interação com o ambiente tende a aumentar a mistura dos estados, reduzindo sua não-classicalidade. Os resultados obtidos reforçam a importância de compreender essas dinâmicas para o desenvolvimento de tecnologias quânticas robustas, como em computação e comunicação quântica.

Palavras-chaves: Estados Quânticos. Interação com o ambiente. Coerência Quântica.

Referências Bibliográficas:

- [1] ZETTILI, Nouredine. Quantum Mechanics: Concepts and Applications.
 - [2] GERRY, C. C.; KNIGHT, P. L. Introductory Quantum Optics.
 - [3] MEHER, N.; SIVAKUMAR, S. Filtered coherent states and their nonclassical properties.
-

Ondas gravitacionais de sistemas binários de objetos compactos na teoria de Brans-Dicke

Djalma Humberto Silva Guterres¹, Márcio Eduardo da Silva Alves^{1,2}, José Carlos Neves De Araújo¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, ²Faculdade de Engenharia e Ciências - Unesp

e-mail: djalma.guterres@inpe.br

A análise dos modos de polarização presentes no sinal de ondas gravitacionais permite testar extensões da RG. Este trabalho investiga ondas gravitacionais emitidas por sistemas binários de objetos compactos no contexto da teoria de Brans-Dicke (BD). Por meio da decomposição por helicidade da perturbação métrica, podemos obter três tipos de quantidades invariantes de calibre: escalares, vetoriais e tensoriais [1,2]. Na teoria de BD, as componentes escalares também geram ondas, adicionando dois estados de polarização às tensoriais [3]. Verificamos que as polarizações escalares apresentam termos de dipolo e quadrupolo, proporcionais aos parâmetros S e Γ [4]. Binárias de buracos negros não emitem radiação escalar [5], portanto sistemas com ao menos uma estrela de nêutrons permitem investigar tais contribuições. A partir da forma de onda simulada para GW170817, estimamos que o modo escalar tem amplitude cerca de 6 ordens de grandeza inferior aos modos tensoriais na banda dos detectores atuais.

Palavras-chave: Ondas gravitacionais; Teoria de Brans-Dicke; Sistema Binário;

Agradecimentos: Agradeço à CAPES pelo financiamento da bolsa de estudos.

Referências Bibliográficas:

- [1] M. Maggiore, *Gravitational Waves: Volume 1 - Theory and Experiments*, Oxford University Press, Vol. 1 (2007).
 - [2] M. Maggiore, *Gravitational Waves: Volume 2 - Astrophysics and Cosmology*, Oxford University Press, Vol. 2 (2018).
 - [3] E. Flanagan and S. A. Hughes, *New J. Phys.* 7, 204 (2005).
 - [4] J. Alsing, E. Berti, C. M. Will, and H. Zaslauer, *Phys. Rev. D* 85, 064041 (2012).
 - [5] T. Liu, W. Zhao, and Y. Wang, *Phys. Rev. D* 102, 124035 (2020).
-

Hipertermia Magnética: O Estado da Arte e as Aplicações Biomédicas das Nanopartículas Superparamagnéticas

Matheus Fernandes Muniz de Almeida; Luizdarcy de Matos Castro; Simara Santos Campos
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

E-mail: matheus.fern1337@gmail.com

A hipertermia magnética (HM) consiste no aumento da temperatura de uma região do corpo afetada por uma neoplasia com o objetivo de causar a lise das células cancerosas. O funcionamento da técnica baseia-se no fato de que temperaturas acima de 41°C causam danos ao câncer [1]. A técnica consiste na injeção de nanopartículas superparamagnéticas no interior do tumor para posterior aplicação de um campo magnético alternado. A HM também é usada em adição com os tratamentos tradicionais, como a quimio e a radioterapia [2]. Ao ser associada à quimioterapia, a HM foi capaz de aumentar o efeito anticâncer de agentes quimioterápicos de 10 a 100 vezes [3]. Dessa forma, temos como objetivo revisar a bibliografia disponível para: entender o estado da arte; as perspectivas futuras e as diversas aplicações biomédicas das nanopartículas. Conclui-se que a técnica é promissora pois destrói as células do câncer sem grandes efeitos colaterais mas ainda é um tratamento novo e com muito a ser explorado.

Palavras-chave: hipertermia magnética; ressonância magnética nuclear; terapia oncológica

Agradecimentos: Agradecemos a UESB pelo apoio e aos Professores Doutores Simara Santos Campos e Luizdarcy de Matos Castro pela orientação.

Referências Bibliográficas:

- [1] J. Falleiros et al, Nucleus vol.8, 163 (2001)
 - [2] J. Felipe Junior, Associação Brasileira de Medicina Biomolecular e Nutrigenômica, 1 (2007)
 - [3] Z. Behrouzka et al, Oman Medical Journal vol.31, 94 (2016)
-

Nonequilibrium boundary-driven spin chains

Eduardo K. Soares, Fabiano Manoel de Andrade
State University of Ponta Grossa

e-mail: edukso2002@gmail.com

We study a 7-spin chain coupled to boundary baths, reaching a nonequilibrium steady state (NESS) with constant energy current. The XXZ Hamiltonian and Lindblad master equation model the system, with Lindblad operators acting on the edge spins to inject/absorb energy. Site-resolved analysis shows faster boundary stabilization and uniform energy current in the NESS. Results highlight the role of Hamiltonian parameters and bath couplings in quantum transport [1 - 3].

Palavras-chave: spin chains; open quantum systems; NESS; quantum transport; boundary-driven systems

Agradecimentos: CAPES, CNPq, INCT-IQ, QPQI-UEPG.

Referências Bibliográficas:

- [1] G.T. Landi et al., Rev. Mod. Phys. 94, 045006 (2022)
 - [2] G. Lindblad, Commun. Math. Phys. 48, 119 (1976)
 - [3] T. Heitmann et al., Phys. Rev. B 108, L201119 (2023)
-

Simulações e Investigações Sísmicas de Sítios Científicos para o South American Gravitational-WAVE observatory (SAGO)

Denisson Guimarães do Carmo^{1,2}, Mayara Hilgert Pacheco², Márcio Eduardo da Silva Alves^{1,2}
Odylio Denys de Aguiar²

¹Faculdade de Engenharia e Ciências - Unesp, ²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

e-mail: dg.carmo@unesp.br

Este trabalho apresenta simulações e investigações sísmicas voltadas à avaliação de possíveis sítios científicos para a implementação do South American Gravitational-wave Observatory (SAGO) [1]. As simulações foram realizadas utilizando as funções de resposta de detectores interferométricos de segunda e terceira geração distribuídos globalmente [2]. Com isso, foi possível identificar pontos cegos na rede atual de detectores e avaliar locais geográficos estratégicos que contribuam para uma melhor cobertura do céu e aumento da sensibilidade de detecção [3]. Além disso, foram conduzidas investigações sísmicas em sítios candidatos com baixa atividade sísmica, a fim de analisar as condições geofísicas locais que possam impactar a estabilidade e o desempenho do observatório. Os resultados obtidos contribuem para a seleção estratégica de locais favoráveis à construção futura do SAGO, fortalecendo o papel da América do Sul no esforço global de detecção e estudo de ondas gravitacionais.

Palavras-chave: Ondas gravitacionais; Simulações; Investigações sísmicas;

Agradecimentos: Agradeço à CAPES e CNPq pelo financiamento, à UNESP - FEG e Divisão de Astrofísica do INPE pelo apoio e infraestrutura.

Referências Bibliográficas:

- [1] Aguiar, O. D., Alves, M. E. da S., Costa, C. F. da S., Lenzi, C. H., & Sturani, R. (Year). The South American Gravitational Wave Observatory (SAGO) White Paper. Latin American Strategy Forum for Research Infrastructure (LASF4RI) initiative.
 - [2] Souza, J. M. S. Late-time cosmology with third generation gravitational waves observatories. Doctoral thesis - 2023. 162 f.: il.
 - [3] SAULSON, P. R. Fundamentals of interferometric gravitational wave detectors. 1. ed. Singapore: World Scientific Publishers, 1994. 299 p. ISBN 9810218206.
-

Área: Dinâmica

P73

Classificação de Sinais de Qualidade de Energia através de Redes Neurais

João Marcos da Cruz Madruga Dutka, Arthur Martins de Abreu

Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

e-mail: joao_dutka@ufms.br

A crescente complexidade dos sistemas elétricos modernos exige abordagens mais eficazes para o monitoramento da qualidade de energia. Este estudo investiga o uso de redes neurais convolucionais (CNNs) para classificar distúrbios elétricos, superando limitações de métodos tradicionais, como árvores de decisão e máquinas de vetores de suporte [1,2]. Utilizando um conjunto de dados amplamente validado, foi desenvolvido um modelo de CNN capaz de identificar oscilações, harmônicos e interrupções, mesmo sob condições não lineares. Os resultados demonstram maior precisão e eficiência computacional, indicando o potencial do aprendizado profundo para aplicações em tempo real e sistemas de monitoramento inteligente [3 - 5]. Este trabalho contribui com novas estratégias para a análise automatizada de sinais elétricos e reforça a viabilidade de soluções baseadas em inteligência artificial na engenharia elétrica.

Palavras-chave: sistemas complexos; redes neurais convolucionais; distúrbios elétricos; aprendizado profundo; classificação de sinais.

Agradecimentos: Agradecemos à instituição de fomento e aos orientadores envolvidos no projeto.

Referencial teórico: [1] SAMANTA, Indu Sekhar et al. A comprehensive review of deep-learning applications to power quality analysis. *Energies*, v. 16, n. 11, p. 4406, 2023.

[2] MOHAN, Neethu; SOMAN, K. P.; VINAYAKUMAR, R. Deep power: Deep learning architectures for power quality disturbances classification. *TAP Energy*, 2017.

[3] OZCANLI, Asiye K.; YAPRAKDAL, Fatma; BAYSAL, Mustafa. Deep learning methods and applications for electrical power systems: A comprehensive review. *IJER*, v. 44, n. 9, p. 7136 - 7157, 2020.

[4] KHETARPAL, Poras et al. Power quality disturbances detection and classification based on deep convolution auto-encoder networks. *IEEE Access*, v. 11, 2023.

[5] AZIZ, Sumair et al. Pattern analysis for classification of power quality disturbances. *ICETST*, 2020.

Dinâmica e sincronização de dois pêndulos acoplados

Laura Troiano Hayek¹; Marcel Novaes²

¹Universidade Federal de Uberlândia, ²INFIS - Universidade Federal de Uberlândia

No século XVII, o cientista Christiaan Huygens observou a sincronização de dois relógios de pêndulo pendurados em uma parede, um ao lado do outro. Ele notou que, depois de algum tempo, os relógios passavam a oscilar com a mesma frequência, mas defasados em 180° , ou seja, em anti-fase. Esse fenômeno deu início a muitos estudos sobre sincronização na física. O objetivo deste trabalho é investigar a dinâmica de movimento e a sincronização de dois pêndulos acoplados de maneiras distintas. No primeiro sistema, os pêndulos estão presos em uma barra móvel, submetida a uma força de atrito. No segundo sistema, os pêndulos estão presos em uma barra rígida e há uma mola que conecta suas massas. A principal motivação deste estudo é entender se algum desses sistemas apresenta sincronização em fase, ou seja, se podem oscilar em harmonia, e quais os mecanismos físicos responsáveis por esse fenômeno. Para isso, utilizamos de análises e aproximações dentro dos formalismos teóricos newtoniano e lagrangiano, e também simulações computacionais onde acompanhamos a dissipação da energia ao longo do tempo para uma variedade de parâmetros (constante de mola, coeficiente de atrito, entre outros) e de condições iniciais, observando a convergência da dinâmica para estados sincronizados, seja em fase ou em anti-fase, dependendo do contexto.

Palavras-chave: dinâmica, sincronização, pêndulo.

Agradecimentos:

Referências Bibliográficas::

- [1] WEI, Bin. Synchronization Analysis of Christiaan Huygens' Coupled Pendulums. *Axioms*, v. 12, n. 869, p. 1-13, 2023. DOI: 10.3390/axioms12090869
 - [2] DILÃO, Rui. On the Problem of Synchronization of Identical Dynamical Systems: The Huygens's Clocks. 2008. Disponível em: arXiv:0804.3162
 - [3] EROGLU, D.; LAMB, J. S. W.; PEREIRA, T. Synchronisation of chaos and its applications. *Contemporary Physics* 58 (3), 207-243 (2017).
-

The Triggering of Neoclassical Tearing Modes by Sawteeth in the TCABR Tokamak

G.A.P. Vaccani^{1,2}, F.M. Salvador², M.A. Ridenti¹, N.M. Ferraro³, A. Kleiner³, J. Chen³, E.S. Seol⁴,
G.P. Canal²

¹Technological Institute of Aeronautics, ²University of São Paulo, ³Princeton Plasma Physics Laboratory,
⁴Rensselaer Polytechnic Institute

e-mail: gstv.vaccani@gmail.com

This work addresses a pending issue in developing thermonuclear fusion research: the triggering of neoclassical tearing modes (NTMs) by sawteeth (ST) in tokamak plasmas [1]. Despite extensive investigations of ST and NTMs, a quantitatively validated theory for ST-triggered NTMs has not yet been established [2,3]. Reliable prediction of NTM onset remains particularly challenging in ITER operational scenarios involving high plasma current and sustained operation at a power gain factor of $Q=10$. We present a combined theoretical and computational investigation aimed at elucidating the underlying mechanisms of ST-NTM interactions. The study utilizes the TCABR tokamak, operated by the Plasma Physics Laboratory at the Institute of Physics, University of São Paulo. Plasma evolution is modeled using the advanced M3D-C1 simulation code developed at Princeton Plasma Physics Laboratory (USA) [3,4]. The insights gained are expected to inform strategies for mitigating or preventing ST-NTM coupling. Ultimately, this research aims to enable the predictive identification of safer operational regimes with higher plasma pressures, enhancing tokamak performance and stability. Moreover, the feasibility of targeted mitigation techniques, specifically Electron Cyclotron Current Drive (ECCD) and Electron Cyclotron Resonance Heating (ECRH) [3], will be investigated for potential implementation in the TCABR tokamak.

Keywords: Thermonuclear fusion, neoclassical tearing modes, sawteeth oscillations, tokamaks, plasma physics.

Acknowledgments: CNEN and the TCABR team
References:

[1] G.P. Canal. Sawtooth Generated Magnetic Islands and the Properties of the Snowflake Divertor, PhD thesis N6272. EPFL, 2014.

[2] H. Zohm. Magnetohydrodynamic Stability of Tokamaks. Wiley-VCH, 1st edition, 2015.

[3] V. Igochine. Active Control of Magneto-hydrodynamic Instabilities in Hot Plasmas, Vol 83. Springer, 2015.

[4] N. M. Ferraro, S. C. Jardin, and P. B. Snyder. Ideal and resistive edge stability calculations with M3D-C1. Physics of Plasmas, 17(10):102508, October 2010.

[5] N.M. Ferraro. Fluid Modeling of Fusion Plasmas with M3D-C1. SciDAC 2011, Denver, CO, 2011.

Transição de fase magnética no modelo de Ising em sistemas de spin-1 a campo externo nulo pelo método de Monte Carlo

Leonardo Barbosa Francisco^{1,2}, André Luiz Malvezzi^{1,2}

¹Unesp - Campus Bauru, ²Departamento de Física - Unesp Bauru

e-mail: leonardo.barbosa-francisco@unesp.br

O estudo de fenômenos críticos [2] nos revela insights sobre as propriedades físicas e críticas de sistemas fortemente interagentes. Com o foco do estudo em sistemas magnéticos, o interesse é apresentar a transição de fase em um sistema magnético bosônico por meio de simulações de Monte Carlo [1] aplicadas ao modelo de Ising de spin-1 e spin-1/2. Neste trabalho, serão apresentados os resultados da robustez da ordem magnética em função da dimensionalidade do sistema de spin-1/2 e, contudo, observar também como a desordem afeta na física do modelo, incluindo o estado $s = 0$ (para a simulação do sistema de spin-1), associado a sítios não-magnetizados, introduzindo assim uma vacância magnética no sistema. O estudo utiliza o algoritmo de Metropolis [1] e o método de Monte Carlo como ferramentas de aproximação estatística que conferem resultado preciso.

Palavras-chave: Magnetismo; Monte Carlo; Criticalidade; Transição de Fase;

Agradecimentos: Agradecimento a Unesp, instituições, pessoas, etc.

Referências Bibliográficas:

- [1] K.BINDER, Monte Carlo Simulation in Statistical Physics. [S.l.]: Springer-Verlag, (1992).
 - [2] H.STANLEY, Phase transitions and critical phenomena. [S.l.]: Clarendon Press, Oxford, vol.7, (1971).
 - [3] A. Utsumi et al, Phys. Rev. E 102, 062128 (2020).
-

Cálculo fracionário aplicado a fenômenos difusivos

Rodrigo Júnior Jaronski, Dr. Ervin Kaminski Lenzi
Universidade Estadual de Ponta Grossa

e-mail: 20005805@uepg.br

Neste trabalho estudamos o cálculo fracionário e o fenômeno de difusão anômala de forma introdutória se atendo as principais propriedades de cada um e como o cálculo fracionário naturalmente emerge em um processo difusivo por meio de considerações sob o processo estocástico subjacente ao mesmo [1]. Buscou-se demonstrar alguns resultados interessantes do cálculo fracionário e aplicá-los à solução de equações de difusão fracionárias [2]. Nosso trabalho focou na obtenção das soluções analíticas para a equação de difusão fracionária no tempo [2]. Para tal, foram deduzidos alguns resultados importantes do cálculo fracionário, bem como resultados no contexto de algumas funções especiais da Física-Matemática [3], como as funções de Mittag-Leffler e generalizações destas [2]. Das soluções analíticas deduzidas foram classificados diferentes regimes do processo difusivo variando a ordem fracionária das equações de difusão.

Palavras-chave: cálculo fracionário; difusão anômala; processo estocástico. Agradecimentos: Agradeço ao meu orientador, à minha família e à UEPG. Referências Bibliográficas:

- [1] EVANGELISTA, L. R.; LENZI, E. K. Fractional diffusion equations and anomalous diffusion. [S.l.]: Cambridge University Press, 2018. [2] POVSTENKO, Y. Linear Fractional Diffusion-Wave Equations for Scientists and Engineers. New York: Springer, 2015. [3] BUTKOV, E. Física Matemática. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.
-

Área: Educação

P78

Plasma e Poluição Hídrica: Uma Proposta Interdisciplinar para o Ensino Médio

Maria Luiza da Silva Oliveira^{1,2}, Lais Rosa Ferreira^{1,2}, Jade Helena Campos Augstroze², Rodrigo Sávio Pessoa²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo Campus de São José dos Campos,

²Instituto Tecnológico de Aeronáutica (Laboratório de Plasma e Processos)

e-mail: dasilvaoliveiramaria luiza@gmail.com

O Azul de Metileno é um corante orgânico utilizado principalmente na indústria têxtil, e seu descarte incorreto em águas efluentes representa um enorme problema ambiental, uma vez que reduz a absorção da luz [1]. Assim, há vários métodos para a remoção desse poluente, dentre eles pode-se incluir o plasma que tem se destacado como uma tecnologia limpa e viável para a degradação desses compostos, em especial por meio da água ativada por plasma (PAW) [2]. Nesse contexto, esse trabalho apresenta uma proposta de aula interdisciplinar de Física e Química para o Ensino Médio, relacionando a geração do plasma aos processos redox envolvidos na degradação de corantes. Para isso, utiliza-se a Abordagem Baseada em Problemas (ABP) sobre poluição hídrica, integrando experimentação e uma atividade gamificada em que os alunos atuam como cientistas em um "Laboratório de Emergência Ambiental", visando aproximar ciência e realidade, e promover o protagonismo, pensamento crítico e consciência ambiental [3].

Palavras-chave: plasma; corante; ensino; degradação.

Agradecimentos: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

Referências Bibliográficas:

[1] Routoula, E., Patwardhan S. V. Degradation of Anthraquinone Dyes from Effluents: A Review Focusing on Enzymatic Dye Degradation with Industrial Potential. *Environmental Science & Technology*, Vol. 54, página 647-664 (2020).

[2] Nascimento, L. S., et al. A Produção de Água Ativada por Plasma por Meio de Plasma Não-Térmico do Tipo Descarga de Arco Deslizante (Gliding Arc). *Revista Vida: Ciência da Vida (VICV)*, Vol. 2, página 01-09 (2024).

[3] Anderson, G., Herr, K. O Docente-Pesquisador: A Investigação-Ação como uma Forma Válida de Geração de Conhecimentos. *Revista Interinstitucional Artes de Educar*, Vol. 2, página 04-24 (2016).

B.E.T.A - Bexiga Expandida Termicamente na Água

Letícia Gasiglia Serradas, Jonathan Campos Souza, Carlos Henrique M. F. da Silva, José Walter S. Santana, Alex Lino

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia

e-mail: leticia.gasiglia@aluno.ifsp.edu.br

O experimento B.E.T.A - bexiga expandida termicamente na água teve como objetivo verificar empiricamente a lei de Charles, que estabelece a relação direta entre o volume de um gás e sua temperatura, sob pressão constante [2]. Foram utilizados materiais simples, como aquário, bexiga, termômetros e aquecedor. Inicialmente, submergiu-se uma bexiga em água à temperatura ambiente e observou-se seu volume pelo deslocamento da água. Em seguida, a água foi substituída por água quente, e o experimento foi repetido. Notou-se que o volume da bexiga aumentou com a temperatura. Apesar de pequenas variações causadas pela ausência de isolamento térmico, os dados confirmaram a proporcionalidade entre volume e temperatura [1]. Dessa forma, conclui-se que o experimento é eficaz na demonstração prática da lei de Charles, permitindo aos estudantes não apenas verificarem a teoria por meio de cálculos e dados experimentais, mas também visualizarem a expansão de um gás ao ser submetido a uma variação térmica [3]. Palavras-Chave: Transformação Isobárica; Termodinâmica; Temperatura; Volume; Ensino de Física. Agradecimentos: Agradecemos ao IFSP-Campus Caraguatatuba pelo apoio técnico e institucional.

Referências Bibliográficas:

- [1] CALLEN, H. B. Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics. 2. ed. New York: Wiley, 1985.
 - [2] LIMA, L. S. Lei de Charles. Revista Ciência Elementar, v. 2, n. 2, p. 179, 2014.
 - [3] TIPLER, P. A.; MOSCA, G. Física para Cientistas e Engenheiros. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
-

Uma proposta de protótipo 3D e Arduino para realizar o experimento da Braquistócrona

Maria Júlia Costa de Godoy; Alex Lino
IFSP, Câmpus Caraguatatuba.

email:godoy.julia@aluno.ifsp.edu.br

A prototipagem rápida é uma ferramenta que facilita o desenvolvimento de aparatos experimentais, possibilitando a aplicação de tecnologia em conteúdos abstratos. Ela aproxima teorias da realidade por meio de experimentos que atendem a necessidades específicas [1]. No processo de ensino-aprendizagem, no ensino de Física, a atividade experimental é um objeto de ação que, manipulado pelo professor, visa ao ensino de saberes, podendo ser aprimorada com o uso do Arduino, integrando mais tecnologia ao aparato experimental [2]. A proposta apresentada envolveu a impressão 3D de três curvas distintas: uma hipérbole, um plano inclinado e a braquistócrona. O objetivo era determinar qual trajetória permite que uma partícula se desloque de um ponto a outro no menor tempo possível [3]. Sensores conectados a placas Arduino foram desenvolvidos para garantir precisão na coleta de dados [2]. Além disso, os suportes para os sensores, acoplados às curvas, também foram produzidos pela Impressora 3D.

Palavras-Chave: Impressão 3D ; Arduino; Experimentação; Braquistócrona. Agradecimentos: Ao CNPq pelo fomento da bolsa para a pesquisa, ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica pela oportunidade de submissão do resumo. Referências Bibliográficas

- [1] CAPELATO, Otávio Augusto et al; "Aplicação de modelos de impressão 3D como ferramentas para atividades práticas experimentais no ensino de Física." *Revista Insignare Scientia* vol. 6, n. 6. Set/ Dez. 2023. Disponível em < <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/13194>>
- [2] EVANGELISTA, Fábio Lombardo et al. "De aluno para aluno: O ensino de Física, Arduino e Impressão 3D". *Revista Experiências em Ensino de Ciências* v.18, n.1. Disponível em: < <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/1121>>
- [3] VIEIRA, Clóvis Güerim; ROSA, Junio Gonçalves; FREITAS, Wellington Damaceno. "O Problema da Braquistócrona: uma proposta para ensino". *Abakós*, Belo Horizonte, v. 4, n. 2, p. 94-104, maio 2016. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/index.php/abakos/article/view/P.2316-9451.2016v4n2p94>
-

Construção de câmara de nuvens para detecção de raios ionizantes

Thaís Souza da Silva; Gustavo do Amaral Valdivieso; Renata Piacentini Rodriguez

Universidade Federal de Alfenas

Este projeto, vinculado ao programa Ciência, Coisa de Menina e financiado pela FAPEMIG, propõe a construção de uma câmara de nuvens [1] didática baseada em resfriamento termoelétrico por pastilha de Peltier, para visualização de trilhas deixadas por partículas ionizantes emitidas por minerais de terras raras.[2] Objetiva-se democratizar o acesso a conceitos da física moderna, abordar aspectos da radioatividade e divulgar temas relacionados à mineração. A metodologia contempla o desenvolvimento do dispositivo, ensaios com amostras radioativas e produção de recursos didáticos multimídia. Será elaborado um manual interativo para uso em atividades de extensão em escolas públicas e ações de divulgação científica na região de Poços de Caldas. Com uma proposta interdisciplinar, o projeto alia experimentação científica, comunicação pública da ciência, desmitificação sobre a radiação e estímulo à participação feminina nas áreas STEM.[3]

Palavras-chave: Câmara de nuvens; ensino de física; divulgação científica.

Agradecimentos: Agradeço a FAPEMIG pelo apoio ao projeto e aos meus orientadores Renata Piacentini Rodriguez e Gustavo Amaral Valdivieso pelo incentivo.

Referências Bibliográficas:

[1] CHALONER, C. The most wonderful experiment in the world a history of the cloud chamber. *The British Journal for the History of Science*, v. 30, n. 3, p. 357 - 374, 1997.

[2] SANTOS, Luciano da Costa; TRICHÊS, Daniela Menegon. Exploração e prospecção de terras raras no Brasil: história e desafios. *Lumen et Virtus*, v. 40, p. 4150 - 4162, 2024.

[3] TONINI, A. M.; ARAÚJO, M. T. de. A participação das mulheres nas áreas de STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). *Revista de Ensino de Engenharia*, v. 38, n. 3, p. 118-125, 2019.

Uma abordagem interdisciplinar no ensino de Física: Astronomia Cultural e Indígena

Bruna Souza de Medeiros Nunes¹, Jurandi Leão²

¹IFSP Campus Caraguatatuba, ²IFSP Campus Caraguatatuba

e-mail: bruna.nunes@aluno.ifsp.edu.br, jurandi.leao@gmail.com

Este trabalho propõe uma aula interdisciplinar para o ensino de Física, com foco na Astronomia Cultural. A abordagem busca afastar o etnocentrismo, reconhecendo que diferentes culturas possuem concepções próprias do céu que orientam práticas sociais e culturais [1]. A ciência demanda diversidade, e discutir como essas culturas, ao longo da História, associaram os fenômenos do céu ao seu cotidiano, interpretando-os por meio de narrativas ligadas à cultura de cada povo, é essencial para uma prática científica mais inclusiva [2]. Com base na Lei 11.645/08, pretende-se integrar os saberes astronômicos indígenas, visando à descolonização dos currículos de Ciências da Natureza. A metodologia explora a Astronomia como tema transversal [3], combinando Física, História e Cultura com atividades lúdicas, como projeção de constelações e o jogo "Bingo das Constelações". Como resultados, espera-se criar materiais didáticos para formação docente e ampliar a aplicação em escolas da região.

Palavras-chave: Astronomia Cultural; constelações indígenas; ensino de Astronomia; interdisciplinaridade.

Agradecimentos: Agradecimento ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do IFSP (PIBIFSP) pelo apoio financeiro para esta pesquisa ocorrer.

Referências Bibliográficas:

- [1] F. C. Mello et al., I Simpósio Nacional de Educação em Astronomia, p.1-12 (2011)
 - [2] P. Silva et al., *Ciência & Educação*, v. 30, p. e24034 (2024)
 - [3] A. Alves-Brito et al., *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 35, p.917-955 (2018)
-

Ficção científica no ensino de ciências: Análise de percepções em uma webconferência

Patricia Rodrigues Silva; Ricardo Roberto Plaza Teixeira; Alex Lino
Instituto Federal de Caraguatatuba

E-mail: patriciarodriguessilva19@gmail.com; rteixeira@ifsp.edu.br; alex.lino@ifsp.edu.br

O presente trabalho refletiu sobre o uso da ficção científica no ensino de ciências, propondo-a como alternativa ao modelo tradicional, junto de ferramentas como experimentação e gamificação. A webconferência com bolsistas do PIBID mostrou que os graduandos percebem a ficção científica como um meio eficiente para estimular o interesse e o aprendizado científico, destacando a necessidade de domínio de conteúdo pelo docente [3]. A discussão ressaltou a importância da interdisciplinaridade e da aproximação entre ciência e arte, além de reforçar o papel da divulgação científica para a democratização do conhecimento no país [1,2].

Palavras-chave: Ficção científica, ensino interdisciplinar, webconferência.

Agradecimentos: Agradeço ao EFITA pela oportunidade, a bolsa fomentada pela CAPES, ao IFSP, ao professor Ricardo Plaza e Luís Paulo Piassi por promoveram a webconferência e ao professor Alex Lino pelo apoio.

Referências Bibliográficas:

- [1]FOUREZ, Gérard. A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências. Tradução de Luiz Paulo Rouanet. São Paulo, p. 220-223. 1995. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/fis2008/Fourez.p>. Acesso em: 18 de abr. 2025.
- [2]GERMANO, Marcelo Gomes. Uma nova ciência para um novo senso comum. Campina Grande, p. 118. 2011. Disponível em: <http://books.scielo.org/>. Acesso em: 18 abr. 2025.
- [3]PIASSI, Luís Paulo et al. Clube do livro científico: aproximações entre ciência e literatura na escola. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., 2015, Águas de Lindóia. 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/341993532>. Acesso em: 18 abr. 2025.
-

Kits De Robótica, A Serem Utilizados Por Alunos Do Ensino Fundamental/Médio, Construídos Com Peças Confeccionadas Empregando-Se Impressão 3D

Guilherme Soares Ribeiro; Welington Mrad Joaquim
Universidade de Uberaba

e-mail: gsoaresrb@edu.uniube.br

A impressão 3D vem revolucionando a área da educação, desde a produção de objetos em três dimensões. Além disso, a tecnologia de impressão 3D permite que as peças venham a ser confeccionadas de acordo com as necessidades de cada projeto, o que a torna ideal para a fabricação de peças para kits educacionais personalizados para atividades de aprendizagem [1]. Com a personalização de peças, torna-se possível desenvolver kits adaptados aos propósitos do projeto pedagógico, além de permitir a customização de robôs pelos alunos, tornando o processo de aprendizagem mais leve e tranquilo [2]. A pesquisa desenvolvida na Universidade de Uberaba para a construção de protótipos irá contribuir para o avanço do conhecimento científico e tecnológico na área educacional e impressão 3D, incentivando também a adoção de tecnologias inovadoras em escolas de ensino fundamental e médio, como corrobora alguns autores para poder contribuir para a formação de uma sociedade crítica, criativa e tecnológica [3].

Palavras-chave

Impressão 3D; Robótica educacional; Cultura maker; Ensino de ciências; Educação tecnológica. Agradecimentos

Agradeço à Universidade de Uberaba, ao laboratório Maker Uniube e aos professores e colegas pelo suporte técnico e acadêmico oferecido durante o desenvolvimento do projeto. Referências Bibliográficas

[1] KUHLMANN, D. et al. Impressão 3D na educação: potencialidades e desafios. Revista Brasileira de Informática na Educação, (2018).

[2] OLIVEIRA, E. et al. Robótica Educacional: práticas de ensino e aprendizagem. Revista Tecnologias na Educação, (2020).

[3] ALBUQUERQUE, R.; FERREIRA, V. Educação e tecnologias: perspectivas para o ensino médio. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, (2021).

Oficinas didáticas como ferramenta para o ensino de física

Gabrielle Vasconcelos de Mendonça Penha, Elis Helena de Campos Pinto Sinnecker, Thereza Cristina de Lacerda Paiva

Universidade Federal do Rio de Janeiro

e-mail: gabriellemendoncanasa@gmail.com

As oficinas didáticas têm se mostrado uma ferramenta eficaz para promover a aprendizagem ativa e contextualizada no ensino de Física [1]. A partir da experiência no projeto de extensão da UFRJ "Tem Menina no Circuito", este trabalho discute o potencial dessas oficinas para tornar o conteúdo mais acessível, significativo e atrativo aos estudantes, especialmente em contextos escolares com baixa representatividade feminina na ciência. As atividades desenvolvidas estimulam o protagonismo estudantil, o trabalho colaborativo e o letramento científico, promovendo um ambiente de aprendizagem mais inclusivo e participativo [2]. A análise parte da experiência em sala de aula e fundamentos teóricos sobre metodologias ativas, ensino por investigação e popularização da ciência no espaço escolar [3].

Palavras-chave: ensino de física; oficinas didáticas; letramento científico; metodologias ativas.

Agradecimentos: A autora agradece à Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e às professoras Elis Sinnecker e Thereza Paiva pelo incentivo, apoio e oportunidade de integrar o projeto Tem Menina no Circuito, cuja participação tem sido fundamental para a vivência de experiências enriquecedoras nas atividades para o ensino de Física e para o desenvolvimento deste trabalho.

Referências Bibliográficas:

- [1] M.Mourão et al, Experiências em Ensino de Ciências vol.15, n. 1 (2020)
 - [2] C.Cruz et al, Revista Prática Docente vol. 6, p. e082 (2021)
 - [3] D.Freire et al, Congresso Nacional de Educação (CONEDU) (2024)
-

Supercondutividade como tema para o Ensino da Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica

Marcelo Augusto Pereira dos Santos; Rennan Pereira de Souza; João Eduardo de Magalhães Salvador; Fábio Teixeira Dias; Valdemar das Neves Vieira

Universidade Federal de Pelotas

e-mail: augustomarclo061@gmail.com

A supercondutividade é um tema importante da Física Moderna e Contemporânea e destaca-se principalmente pelo seu potencial em aplicações tecnológicas [1]. Seu uso sobressai em transportes de alta velocidade e baixo custo ecológico como o trem Maglev [2]. Fatores que incluem o tema na Base Nacional Comum Curricular, a qual, em suas competências, evidencia a avaliação de soluções para demandas sociais, como geração, transporte e consumo de energia [3]. Este trabalho visa apresentar os resultados obtidos com a realização de uma atividade experimental de levitação magnética [4] de um ímã, a partir do uso de um supercondutor, apresentada a alunos do 3º ano do Ensino Médio da rede estadual de Pelotas. Essa iniciativa, a qual teve como objetivo a promover a interação entre teoria e prática no ensino de ciências, ocorreu graças à parceria entre o Laboratório de Materiais Supercondutores, e o curso de Licenciatura em Física, ambos da UFPel com a Escola Estadual de Ensino Médio Dr. Edmar Fetter.

Palavras-chave: Educação; Supercondutividade; Base Comum Curricular

Agradecimentos: CAPES, UFPel, IFM e E.E.E.M. Dr Edmar Fetter.

Referências Bibliográficas:

- [1] F. S. Rocha et al., Rev. Bras. Ens. Fís. 26, 11 - 18 (2004)
 - [2] A. Pastori, BNDES Setorial 31, 321 - 352 (2010)
 - [3] Brasil, MEC, BNCC, <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/> (2018)
 - [4] O. Fernanda et al., Textos de Apoio ao Professor de Física 8, 51-53 (1998)
-

Divulgação Científica Através De Oficinas De Óptica: Aprendizagem Interativa E Conexões Interdisciplinares

Monique Aparecida Roscamp, Camille Vitória Unger, Emerson Cristiano Barbano
Departamento de Física da Universidade Federal do Paraná

e-mail: monique.roscomp@ufpr.br

Com o baixo interesse dos alunos pelas ciências exatas, especialmente física, e a percepção de que a área é difícil e desinteressante, cria-se uma barreira entre o público e o conhecimento científico. Este estudo apresenta uma iniciativa de divulgação científica do OPTICA Student Chapter da UFPR: oficinas de física em óptica para crianças, jovens e público em geral, realizadas em feiras de ciência. Por meio de experiências práticas e interativas, são explorados conceitos como reflexão, refração, difração, filtros de luz e ilusões ópticas. No último ano, as oficinas alcançaram cerca de 1.020 participantes em escolas, na UFPR e eventos como o "Paraná Faz Ciência", despertando curiosidade e interesse pela ciência.

Palavras-chave: oficinas; divulgação científica; óptica; fotônica; ensino;

Agradecimentos: Agradeço a UFPR, escolas e instituições que realizam e permitem a realização de oficinas para o público jovem, agradeço também aos membros do projeto UFPR OPTICA student chapter que tornam as oficinas possíveis, e aos orientadores e professores que sempre nos auxiliam.

Referências Bibliográficas:

- [1] PAVIANI, Neires Maria Soldatelli; FONTANA, Niura Maria. Oficinas pedagógicas: relato de uma experiência. *Conjectura, Caxias do Sul*, v. 14, n. 2, p. 77-88, maio/ago. 2009.
 - [2] MONTEIRO, Heloíza Ribeiro de Sena; SOUSA, Andressa Ingrid da Silva Ramos de; MARTINS, Hellen Neves Fontineles; FARIAS, Patrícia Pilar. A importância das oficinas pedagógicas no processo de ensino-aprendizagem. *Educação Pública em Debate*, [S.l.], v. 2, n. 2, p. 1-12, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.26694/epeduc.v2i2.8915>. Acesso em: 29 abr. 2025.
 - [3] SOUZA, Valdeci Alexandre de. Oficinas pedagógicas como estratégia de ensino: uma visão dos futuros professores de Ciências Naturais. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Naturais) - Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina, Planaltina, DF, 2016
-

Reflexões sobre as Percepções de Leigos e Universitários em Observações Astronômicas

Alicia de Andrade Freire; Renato Douglas G. L. Ribeiro
Instituto Federal de São Paulo (IFSP)

Com uma abordagem qualitativa, analisam-se percepções de públicos leigo e universitário durante observações astronômicas com telescópios, à luz da Teoria dos Obstáculos Epistemológicos de Bachelard [1], que propõe que o conhecimento avança por rupturas com saberes prévios. Assume-se que o telescópio, como instrumento mediador, amplia a percepção e favorece novas construções de sentido [2], promovendo rupturas cognitivas. A observação direta do céu estimula o questionamento e a formação do espírito científico, sendo essencial em ações de divulgação bem estruturadas [3]. Dentre outros achados, a análise permitiu identificar encantamento com a Lua e decepção com planetas pouco nítidos, indicando frustração pela discrepância entre imagens idealizadas e o que se vê na prática. Os resultados indicam que a prática observacional desperta o interesse e contribui para superar barreiras cognitivas, desde que acompanhada por estratégias educativas intencionais.

Palavras-chave: astronomia; telescópio; obstáculo epistemológico; divulgação científica; percepção pública da ciência

Agradecimentos: Os autores, discente e docente do IFSP, respectivamente à ordem de autoria, agradecem ao IFSP e ao CNPq pelo fomento.

Referências Bibliográficas:

[1] BACHELARD, G. A formação do espírito científico. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

[2] SANTIAGO, A.; MATTOS, C. A resignificação de conceitos astronômicos por meio da observação astronômica. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 30, e24060, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu>. Acesso em: 20 dez. 2024.

[3] BRETONES, P. S.; COMPIANI, M. A observação do céu como ponto de partida e eixo central em um curso de formação continuada de professores. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 12, n. 2, p. 173-188, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172010120211>. Acesso em: 20 dez. 2024.

Possibilidades para o uso da Lua para ensino de marés e gravitação

Matheus Andrade Santos, Jurandi Leão

Instituto Federal de São Paulo - Campus Caraguatatuba

e-mail: matheus.andrade590sm@gmail.com; jurandi.leao@ifsp.edu.br

A Lua, além de ser um dos astros mais fáceis de observar a olho nu, desempenha papel fundamental em fenômenos naturais e na história cultural da humanidade. Sua observação foi essencial para a navegação, a agricultura e o surgimento de mitos e lendas, muitos dos quais persistem até hoje, mesmo com o amplo acesso à informação [3,4]. Este trabalho propõe uma abordagem didática que utiliza a Lua como eixo temático para o ensino dos conceitos de maré e gravitação, com foco na educação básica [2]. Parte-se da constatação de que, mesmo em cidades litorâneas, há pouco conhecimento formal sobre a influência do campo gravitacional da Lua no comportamento das marés [1]. A metodologia envolve revisão bibliográfica e análise de propostas didáticas já consolidadas, com o objetivo de desenvolver estratégias de ensino que relacionem ciência, observação astronômica e cotidiano. A proposta visa não apenas promover o ensino de Física de forma contextualizada, mas também combater a desinformação.

Palavras-chave: Lua; gravitação; maré; ensino.

Agradecimentos: Agradecimento ao CNPq, edital nº 11/2024

Referências Bibliográficas:

- [1] DANTAS, João Henrique de Souza. Um material para professores de Física sobre o ensino de marés na Educação Básica. 2020. 146 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/32793>>. Acesso em: 02 mai. 2025
 - [2] OLIVEIRA FILHO, K.; SARAIVA M. F. Astronomia e Astrofísica. 4. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017
 - [3] NEWTON, I. Princípios Matemáticos de Filosofia Natural. Livro III. 1. ed. São Paulo: EdUSP, 2017
 - [4] FRENCH, A. P. Mecânica Newtoniana. Madrid: Reverté, 1974
-

Potencializando o ensino de Física no Ensino Médio com Experimentos Impressos em 3D

Vithor Humberto Santos Spirandeli, Welington Mrad Joaquim
Universidade de Uberaba

e-mail: vithorspirandeli@outlook.com

Este trabalho propõe o uso da impressão 3D no ensino de Física no ensino médio, com foco na superação das dificuldades de abstração conceitual da disciplina a partir do desenvolvimento de protótipos tridimensionais que possibilitem experimentos alinhados à aprendizagem significativa. Observa-se que metodologias desvinculadas da prática são pouco eficazes diante do perfil dos alunos atuais, tornando a teoria menos palpável à vida real [2]. Nesse cenário, o Design Thinking, cuja estrutura em cinco etapas favorece a aprendizagem ativa, conforme apontado por alguns autores, promove o engajamento e a investigação [3]. A prototipagem possibilita o estudo da Mecânica e integra teoria e prática de forma mais eficaz nas aulas. Essa abordagem amplia o acesso a recursos didáticos e fortalece a formação científica dos discentes [1]. Assim, espera-se que os protótipos de hidrostática desenvolvidos neste trabalho para professores e alunos facilitem a compreensão e despertem o interesse pela Física.

Palavras-chave: Ensino de Física; Impressão 3D; Aprendizagem significativa;

Agradecimentos: Agradecemos à Universidade de Uberaba (Uniube) pelo suporte institucional fornecido ao desenvolvimento deste projeto.

Referências Bibliográficas:[1] BARBOSA, A. B. F.; PEIXOTO, A. L.; FERREIRA, N. C. Impressora 3D como Ferramenta Didática para Professores e Discentes de Licenciatura em Matemática do IFPA, Campus Belém. Revista Engrenagem, Belém, n. 17, p. 103 - 120 (2019). Disponível em: <https://revistaengrenagem.ifpa.edu.br/revistas/revista-engrenagem-n-17/10-revista-engrenagem-n-17-artigo-07/file>. Acesso em: 22 maio 2025.

[2] MONTEIRO, R. M. Utilização da impressão 3D como ferramenta no ensino da mecânica no ensino médio. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2023. 42 p. Disponível em: <http://www.dfi.uem.br/fisica/wp-content/tcc/2022-2023/Licenciatura/Rodrigo%20de%20Melo%20Monteiro%20TCC%20Licenciatura%202022>. Acesso em: 22 maio 2025.

[3] SANTOS, J. T. G.; ANDRADE, A. F. Impressão 3D como recurso para o desenvolvimento de material didático: associando a cultura maker à resolução de problemas. Renote: Revista Novas Tecnologias na Educação, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 1 - 14 (2020). Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/106014>. Acesso em: 22 maio 2025

O paradoxo dos gêmeos revisitado: uma análise crítica das interpretações e soluções teóricas

Kamily da Silva Xavier; Jurandi Leão

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo campus Caraguatatuba

e-mail: k.xavier@aluno.ifsp.edu.br; jurandi.leao@ifsp.edu.br

O trabalho propõe uma análise crítica e aprofundada das interpretações do Paradoxo dos Gêmeos. Que evidencia os efeitos da dilatação temporal. Embora seja uma consequência prevista, ainda há controvérsias quanto ao papel da aceleração e dos referenciais não inerciais [1]. A metodologia adotada envolve revisão bibliográfica sistemática e análise comparativa entre abordagens clássicas e contemporâneas [3], complementadas por um questionário aplicado a discentes e docentes do ensino superior. Busca-se identificar concepções prévias, dificuldades interpretativas e representações sobre o tempo e o movimento [2]. Serão utilizadas simulações para ilustrar visualmente os efeitos relativísticos discutidos, análise dos dados obtidos, visando aprofundar a compreensão conceitual e implicações teóricas e pedagógicas. Esperando contribuir para o aprimoramento das abordagens didáticas relacionadas à Teoria da Relatividade Especial.

Palavras-chave: Paradoxo dos Gêmeos. Relatividade Especial. Dilatação temporal. Referenciais não inerciais. Aceleração.

Referências Bibliográficas:

[1] ALENCAR, G.; MACEDO, J.; MARANHÃO, L.; CARNEIRO, P. Paradoxos da relatividade. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 45, 2023.

[2] LUNETTA, A. de; GUERRA, R. Concepções acerca da velocidade e aceleração em uma análise epistemológica do tempo. *Revista Levv*, v. 15, n. 39, 2024.

[3] RENN, J. A física clássica de cabeça para baixo: como Einstein descobriu a teoria da relatividade especial. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 27, n. 1, p. 27 - 36, 2004.

Planeta Vênus como eixo temático para atividades de ensino e de divulgação científica.

João Pedro Gaia de Marcondes; Dalton Couto Silva;

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) - Campus Caraguatatuba

e-mail: jpgaia.marcondes@gmail.com

O planeta Vênus é o segundo planeta e terceiro corpo celeste mais brilhante do sistema solar. Sua atmosfera é densa, composta principalmente por dióxido de carbono, CO_2 , e nitrogênio, N_2 , fazendo com que a pressão na superfície do planeta chegue a ser 92 vezes a pressão atmosférica da Terra. A partir de observações feitas pelos telescópios JCMT e ALMA [1], foi descoberta a presença de fosfina, PH_3 , na atmosfera de Vênus, o que impulsionou novas investigações sobre a composição e dinâmica da atmosfera, com foco na busca por potenciais bioassinaturas. Neste trabalho, temos o objetivo de descrever uma oficina didática, realizada com alunos do ensino médio, que visou apresentar os seguintes conceitos: a posição de Vênus no sistema solar, simulação de eventos orbitais e composição da atmosfera de Vênus, através do Software WinStars. Essa abordagem procurou despertar o interesse científico dos alunos e conectar o aprendizado escolar a contextos reais da astronomia atual.

Palavras-chave: Vênus; Ensino de Física; Aprendizagem Significativa.

Referências Bibliográficas:

[1] GREAVES, J. S. et al. Phosphine gas in the cloud decks of Venus. *Nature Astronomy*, v. 5, p. 655 - 664, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41550-020-1174-4>. Acesso em: 23 maio 2025.

[2] FRÓES, A. L. D. Astronomia, astrofísica e cosmologia para o Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 3, 3504, 2014. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/363504.pdf>.

[3] MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa crítica. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/moreira/apsigcritport.pdf>. Acesso em: 23 maio 2025.

Experimento de Oscilador Harmônico Amortecido

Jonathan Campos Souza, Letícia Gasiglia Serradas, Carlos Henrique M. F. da Silva, José Walter Souza Santana, Alex Lino

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia

E-mail: jonathan.campos@aluno.ifsp.edu.br

O estudo da ondulatória pode ser enriquecido por abordagens experimentais que favorecem a visualização de fenômenos como a oscilação amortecida [1]. O objetivo do trabalho é criar um oscilador massa-mola amortecido para o ensino experimental de ondulatória, visando explorar as equações de amortecimento em oscilações mecânicas [2], e achar as constantes com auxílio do programa Tracker. O sistema foi feito com uma massa na extremidade da mola imersa em três tipos de fluido dentro de uma proveta, ao lado de uma régua para calibração do programa. Cada iteração foi gravada com um celular, e analisada no Tracker. Após a calibração e o rastreamento do movimento, foram obtidos os gráficos e suas respectivas equações a serem analisadas. Nos três fluidos o comportamento é característico de um sistema subcrítico, com diferentes períodos, cuja amplitude decresce exponencialmente com tempo [3]. O coeficiente e o fator de amortecimento de cada fluido foram calculados e comparados com o valor teórico.

Palavras-Chave: Ondulatória; Movimento Harmônico Amortecido; Massa-mola; Tracker; Ensino de Física. Agradecimentos: Agradecemos ao IFSP-Campus Caraguatatuba pelo apoio técnico e institucional.

Referências Bibliográficas:

- [1] HALLIDAY, D., Resnick, R., & Walker, J. (2018). Fundamentos de Física - Volume 2 (10^a edição). LTC Editora.
 - [2] SERWAY, R. A., & Jewett, J. W. (2013). Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics. Cengage Learning.
 - [3] DINIZ, E. M.. O oscilador linearmente amortecido revisitado. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 42, p. e20190195, 2020.
-

Índice de Autores

- A. J. Chaves, 15
A. Kleiner, 89
A. Mesquita, 61
A.J.G. Otuka, 61
Abner V. O. De Mello, 27
Adonney Allan de Oliveira Veras, 72
Adryha M. F. Costa; Leticia C. S. Faria, 19
Alan Vieira de Souza; Sandra Cristina Ramos,
26
Alessandra Barbosa, 24
Alex Lino, 93, 108
Alexys Bruno-Alfonso, 29
Aline Bento Teixeira, 69
ALMEIDA, 64
Aloisi Somer, 46
Alícia de Andrade Freire; Renato Douglas G.
L. Ribeiro , 103
Ana Carolina; MIRANDA, 54
Ana Clara Ferreira Palmeira, 39
Ana Luisa; ALMEIDA, 54
Andressa Novatski, 46
André L. J. Pereira, 43, 62
André Luis de Jesus Pereira, 44, 47, 53
André Luiz Malvezzi, 90
André Luís de J. Pereira, 52
Argemiro S. da S. Sobrinho, 52
Argemiro S. S. Sobrinho, 43
Argemiro Soares da Silva Sobrinho, 44, 47, 53
Arthur Martins de Abreu, 87
Augusto de Lelis Araújo; Felipe Crasto de
Lima; Adalberto Fazzio, 49
Bianca Sartori, 43
Breno Justen de Castro Moreira, 33
Bruna Souza de Medeiros Nunes, 96
Bruno A. C. Silva, 40
Bruno H.S. Leal, 63
Bruno Jardim, 11
Caetano D. Z. Fermino, 17
Camille Vitória Unger, 99, 102
Carlos Augusto Domingues Zarro, 75
Carlos D. da Silva, 21
Carlos Eduardo Gomes, 44
Carlos Henrique M. F. da Silva, 93, 108
Caroline dieslen magalhães, 56
Carolina Geronimo de Campos, 20
Cesar Henrique Lenzi, 71, 74
Claudio Andrés Téllez Zepeda, 23
Claudio Ribeiro da Silva, 20
Cristiane Yumi Koga Ito, 45
Cristina Porto Gonçalves, 39
César H. Lenzi, 70
Dalva A. L. Almeida, 62
Davi Ramos; Filipe Matusalém, 28
David A. Graves, 62
Denisson Guimarães do Carmo, 86
Diego R. da Costa , 40
Djalma Humberto Silva Guterres, 83
Dr. Ervin Kaminski Lenzi, 91
E.S. Seol, 89
Edgar D. Zanotto, 27
Edgar Dutra Zanotto Francisco Carlos
Serbena, 56
Eduardo Ferreira Martins, 41, 48
Eduardo K. Soares, 85
Elis Helena de Campos Pinto Sinnecker, 100
Elizabeth Y. Kawachi, 62
Emerson Cristiano Barbano, 99, 102
F.M. Salvador, 89
Fabiano Manoel de Andrade, 67, 78, 85
Felipe Andrade Ferreira da Silva, 29
Felipe D. C. R. Costa, 59, 62
Felipe de Souza Miranda, 45, 47
Filipe Caldatto Dalan, 53
Filipe Matusalém, 20, 23
Francisco B. C. Machado, 18
Francisco Bolivar Correto Machado, 34, 35
Francisco C. Serbena, 27
Francisco Carlos Serbena, 51
Francisco Frighetto, 24
G.A.P. Vaccani, 89
G.P. Canal, 89
Gabriel O. Cavalheiro, 70

Gabriel Scheifer, 46
 Gabriela Kobelnik Martins, 51
 Gabrielle Vasconcelos de Mendonça Penha, 100
 Gabrielli Fernandes Vazquez, 51
 Gelson Biscaia de Souza, 22
 Gilberto Petraconi Filho, 45
 Gilney V. Lescano, 52
 Giuseppe Pintaúde, 22
 Guilherme A. Salles, 18
 Guilherme Almeida das Neves, 22
 Guilherme Soares Ribeiro; Welington Mrad Joaquim, 98
 Gustavo Corrêa Mirapalheta, 10
 Gustavo França; Welington Mrad Joaquim, 65
 Gustavo M. Dalpian, 9
 Gustavo Paganini Canal, 10

 Henrique Silva Pinto; Víctor Hugo Guedes Nântua; Washington Renato Teles Silva; Yuri Barros Mendes; Lenilson A. Santos; Natália C. Costa, 59

 Igor Carvalho, 13
 Isabela Machado Horta; Rodrigo Sávio Pessoa, 38
 Israel Henrique Cruz, 32
 Ivan Guilhon Mitoso Rocha, 12

 J. Chen, 89
 Jade Helena Campos Augstroze, 47, 80, 92
 Jonathan Campos Souza, 93, 108
 Josieli Honorato; Abel André Cândido Recco, 58
 José Carlos Neves De Araújo, 83
 José Gaspareto, 37
 José Leonardo, 64
 José Renato Vidigal Filho, 55
 José Walter S. Santana, 93
 José Walter Souza Santana, 108
 José Walter Souza Santana; Jurandi Leão, 109
 João Gabriel Benetti, 24
 João Marcos da Cruz Madruga Dutka, 87
 João Pedro Gaia de Marcondes; Dalton Couto Silva, 107
 João Pedro Gonzalez de Oliveira; Prof. Dr. Antonio Vidiella Barranco, 82
 Julio Cesar Verli Chagas, 35
 Julio César Sagás, 50, 66
 Julio César Ságas, 58
 Jurandi Leão, 96, 104
 Júlio César, 54
 Júlio César ; MIRANDA, 64

 Júlio César Verli Chagas, 34

 Kamily da Silva Xavier; Jurandi Leão, 106
 Karen Fernanda Pagnoni, 29
 Kauã Pioli da Rosa, 66
 Kássio Henrique Souza Silveira, 34

 L.F.R. Golucci, 61
 Lady Daiane Pereira Leite, 45
 Lais Bastos da Silva Lima, 50
 Lais Rosa Ferreira, 80, 92
 Lara K. Teles, 40
 Lara Kühn Teles, 16
 Laura Troiano Hayek; Marcel Novaes, 88
 Leandro Vinicius, 31
 Leonardo Barbosa Francisco, 90
 Leonardo Boiadeiro Ayres Negrão, 14
 Leonardo Rodrigues Cadorim e Edson Sardella, 33
 Leonardo T. Ueno, 19, 36
 Letícia C. S. Faria, 36
 Letícia Carolaine Silva Faria, 23
 Letícia Gasiglia Serradas, 93, 108
 Luan G. F. dos Santos, 34
 Luan Gonçalves de Lima, 45
 Luan P.G. Filippo, 63
 Luana da Silva Martins Cuconato, 81
 Lucas Diniz Araujo, 44, 53
 Lucas S. Lara, 70
 Lucas Veneziani de Toledo, 33
 Lucas Xavier, 31
 Luiz Alberto Vieira Dias, 68
 Luiz Augusto, 12
 Luiz F. A. Ferrão, 19, 36
 Luiz Fernando de Araújo Ferrão, 23
 Luiz Fernando Pires, 37

 M.A. Ridenti, 89
 Maikel Y. Ballester, 21
 Marcelo Augusto Pereira dos Santos; Rennan Pereira de Souza; João Eduardo de Magalhães Salvador; Fábio Teixeira Dias; Valdemar das Neves Vieira, 101
 Marcelo Francisco Krol, 50
 Marcelo Francisco Krol; Matheus Henrique Lemos de Oliveira; Julio César Sagás, 42
 Marcelo Marques, 20, 30
 Marcelo Nalin, 51
 Marcos D. S. Alves, 21
 Marcos Eduardo Gomes Vieira, 30
 Maria Eduarda Oshiro Paixão, 78
 Maria Júlia Costa de Godoy; Alex Lino, 94

Maria Luiza da Silva Oliveira, 80, 92
 Marina Clara dos Santos, 48
 Marina Clara Ribeiro dos Santos, 41
 Mateus G. Manfre; David A. Graves; Luciana S. Cividane; Elizabete Y. Kawachi, 59
 Matheus Andrade Santos, 104
 Matheus Augusto Santos Antoniazzi, 16
 Matheus Damiano Machado Torres, 44
 Matheus Diniz Moro, 67
 Matheus dos Santos Soares, 75
 Matheus Fernandes Muniz de Almeida; Luizdarcy de Matos Castro; Simara Santos Campos, 84
 Mathias Bez, 77
 Maurício R. Baldan, 62
 Mayara Hilgert Pacheco, 86
 Messias Celestrino dos Santos, 74
 Michaela Shiotani Marcondes, 45
 Monica Silva de Oliveira, 72
 Monique Aparecida Roscamp, 99, 102
 Márcio Eduardo da Silva Alves, 10, 83
 Márcio Eduardo da Silva Alves Odylio Denys de Aguiar, 86

 N. M. R. Peres, 15
 N.M. Ferraro, 89
 Nilton F. Azevedo Neto; Samuel A. Marques; Felipe S. Miranda; Pedro W. P. Moreira Junior; Rodrigo S. Pessoa, 60

 Odair Oliveira de Sá, 68
 orientador Prof. Dr. César Henrique Lenzi , 81

 Patricia Rodrigues Silva; Ricardo Roberto Plaza Teixeira; Alex Lino, 97
 Paulo Ricardo de Carvalho Magalhães, 35
 Pedro Henrique Campos de Souza, 47
 Pedro Medeiros Merino, 79
 PEREIRA, 54
 Petterson Pina dos Santos, 72
 Phillip Andreas Brenner Galli, 79
 Pietra Sautchuk Puppi, 25
 Prof. Dr. William C. Junior, 63

 Rafael Fillus Chuproski, 22
 Rafaely de Fátima Perek, 56

 Ramon S. da Silva, 21
 Rene F. K. Spada, 17, 25
 Rodrigo Júnior Jaroniski, 91
 Rodrigo Prado Medeiros Leite da Silva, 53
 Rodrigo Sávio Pessoa, 23, 41, 45, 47, 48, 55, 80, 92
 Rodrigo Togneri, 10
 Rodrigo; COSTA, 64
 Rodrigo; DANTAS, 54
 Rogério Oliveira dos Santos, 37
 Ronaldo Savarino Levenhagen, 69
 Roni A. Silva, 27
 Roni Alisson Silva, 51
 Rubens Machado, 77

 Sarah G. S. P.; FERREIRA, 64
 Sergio Sanchez, 24
 Sidney Natzuka Junior, 75
 Sophia Pimenta Brück Varjão; Dayvison Felismindo Lima; Roberto Weider de Assis Franco; Anderson Rodrigues Lima Caires; Samuel Leite Oliveira., 57

 T.A. Chaim, 61
 Tatiana Clarindo de Melo; Gustavo do Amaral Valdivieso; Minerva Betancour Vega, 73
 Temerson F. O. Lara, 40
 Thaís Souza da Silva; Gustavo do Amaral Valdivieso; Renata Piacentini Rodriguez, 95
 Thereza Cristina de Lacerda Paiva, 100
 Thiago Takaji Tsutsui, 78
 Tiago Amadei Raffaelli, 71

 V. G. M. Duarte, 15
 Vanderlei Salvador Bagnato, 9
 Victória Kelly Fonseca Tavares, 45
 Vinícius Bonavides de Castro Campos Pedro José Pompeia, 76
 Vithor Humberto Santos Spirandeli, 105

 Wellington Mrad Joaquim, 105
 Willian Rafael de Oliveira, 22

 Érico Luiz Rempel, 9