



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

XXV SEMANA DE FÍSICA DA UEPG
17 a 18 DE NOVEMBRO DE 2023

LIVRO DE RESUMOS



A FÍSICA E A EQUIDADE

XXV SEMANA DA FÍSICA



A FÍSICA E A EQUIDADE
XXV SEMANA DA FÍSICA
16 a 18 de novembro de 2023



FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Semana de Física da UEPG (25. : 17-18 nov. 2023:
Ponta Grossa, PR)

Livro de resumos [livro eletrônico] : XXV Semana
de Física da UEPG / organização Silvio Luiz Rutz da
Silva, André Vitor Chaves de Andrade , André Maurício
Brinatti.. -- Ponta Grossa : Ed. dos Autores, 2024.

PDF

Vários autores.

Bibliografia.

ISBN 978-65-00-95749-5

1. Física - Estudo e ensino 2. Física - Pesquisa
I. Silva, Silvio Luiz Rutz da. II. Andrade, André
Vitor Chaves de. III. Brinatti, André Maurício.
IV. Título.

24-195944

CDD-530.7

Índices para catálogo sistemático:

1. Física : Estudo e ensino 530.7

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415



978-65-00-95749-5



Atribuição-Não Comercial-Compartilha Igual 4.0 Internacional



A FÍSICA E A EQUIDADE

XXV SEMANA DA FÍSICA

16 a 18 de novembro de 2023



SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS - FÍSICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

BACHARELADO EM FÍSICA

LICENCIATURA EM FÍSICA

LIVRO DE RESUMOS

XXV SEMANA DE FÍSICA DA UEPG

ORGANIZADORES

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva

Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade

Prof. Dr. André Maurício Brinatti

NOVEMBRO - 2023

XXV SEMANA DE FÍSICA DA UEPG

16 a 18 DE NOVEMBRO DE 2023

COMISSÃO ORGANIZADORA

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva - Coordenador

Prof. Dr. Alexandre Camilo Jr

Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade

Prof. Dr. André Maurício Brinatti

Prof. Dr. Luiz Américo Alves Pereira

Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva

EQUIPE DE APOIO

Cláudia Cristine Gondim da Silva

Allan Leandro Monteiro

Luiz Roberto Canteri

Maria Beatriz Fabri Alves

Joceli da Silva



XXV SEMANA DE FÍSICA DA UEPG

16 a 18 DE NOVEMBRO DE 2023

COMISSÃO CIENTÍFICA

Prof. Dr. Alexandre Camilo Jr.

Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade

Prof. Dr. André Maurício Brinatti

Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva

Prof. Dr. Lucas Stori de Lara

Prof. Dr. Luiz Américo Alves Pereira

Prof. Dr. Luis Fernando Pires

Prof. Dr. Sérgio da Costa Saab

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva

PREFÁCIO

A XXV Semana da Física teve 82 (oitenta e dois) inscritos dos cursos de Licenciatura e de Bacharelado em Física, dos programas de Pós-Graduação em Ciências/Física e de Ensino de Física, além de professores da Educação Básica.

Foram apresentados 19 (dezenove) trabalhos no formato de pôster, em atividade que envolveu 51 (cinquenta e um) pesquisadores. Foram apresentadas 4 (quatro) palestras que abordaram temas relacionados à equidade e a inclusão, e também temas relacionados à Física e suas aplicações. Houve uma mesa redonda que abordou o ensino da Física no polo UEPG do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Foram ministrados dois minicursos, sendo que abordou aplicações da óptica e o outro foi sobre o Arduino e suas aplicações.

Esse evento conta com o apoio dos colegiados dos cursos de Bacharelado e Licenciatura em Física e das Pós-Graduações em Ciências/Física e em Ensino de Física.

Ponta Grossa, novembro de 2023

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva

Coordenador da XXV Semana de Física da UEPG





A FÍSICA E A EQUIDADE

XXV SEMANA DA FÍSICA

PROGRAMAÇÃO

XXV SEMANA DE FÍSICA DA UEPG

16 a 18 DE NOVEMBRO DE 2023

A **XXV Semana da Física**, teve por tema no ano de 2023: **A Física e a Equidade**, é um evento anual organizado pelo DEFIS – UEPG, que busca integrar a comunidade acadêmica da UEPG com professores e alunos da educação básica por meio de atividades acadêmicas, científicas e culturais. Intenta-se estabelecer um locus de disseminação e divulgação de temas relacionados à Física e ao seu Ensino.

A XXII Semana da Física tem como objetivos:

- Promover a interação entre professores, técnicos e alunos de graduação e pós-graduação vinculados ao DEFIS-UEPG com professores-pesquisadores de instituições de IES diversas do Brasil;
- Ofertar minicursos com temáticas relevantes e de interesse acadêmico e científico;
- Divulgar a produção acadêmica e científica do DEFIS e de outras IES do PR por alunos de graduação (IC) quanto de pós-graduação (mestrado e doutorado).



A Física e a Equidade podem ter relações possíveis a partir de três perspectivas principais:

- A Física como ferramenta para a Equidade: A Física pode ser usada como uma ferramenta para promover a equidade de diversas maneiras. Por exemplo, a Física pode ser usada para desenvolver tecnologias que ajudem a melhorar a vida das pessoas, independentemente de sua raça, gênero, etnia ou classe social. Também pode ser usada para educar as pessoas sobre os princípios da equidade e da justiça.
- A Física como objeto de estudo da Equidade: A Física também pode ser usada como um objeto de estudo para entender as desigualdades sociais. Por exemplo, a Física pode ser usada para analisar as diferenças de oportunidades entre homens e mulheres na ciência e na tecnologia. Também pode ser usada para estudar as desigualdades no acesso à educação e aos cuidados de saúde.
- A Física como promotora de Equidade: A física pode ser usada como uma promotora de equidade de diversas maneiras. Por exemplo, a Física pode ser usada para criar espaços de inclusão e diversidade. Também pode ser usada para promover o diálogo e a compreensão entre diferentes culturas e grupos sociais.

As Atividades desenvolvidas durante a XXV Semana da Física: A Física e a Equidade estão indicadas a seguir:

Abertura da XXV SEMANA DA FÍSICA - A Física e a Equidade

16/11/2023 – 18h45 – Auditório Hall Tecnológico

Palestra 1: *Desafios da equidade e da inclusão: Desvendando Novas Abordagens de Ensino e Aprendizagem.*

Profa. Dra. **SANI DE CARVALHO RUTZ DA SILVA** – UTFPR-PG / PPGECT

16/11/23 – 19h15 – Auditório Hall Tecnológico



Palestra 2: Tecnologias Assistivas: Computação um meio para inclusão.

Prof. Dr. **ALBINO SZESZ JUNIOR** – UEPG / DEINFO / PROFEI

16/11/23 – 20h30 – Auditório Hall Tecnológico

Palestra 3: Pesquisa Aplicada no Desenvolvimento de Nanosensores: Aspectos Gerais e Desafios.

Profa. Dra. **NATÁLIA PEREIRA DE REZENDE** – UEPG / DEFIS

17/11/23 – 10h00 – Auditório Hall Tecnológico

Palestra 4: Aplicações do Cálculo Fracionário.

Prof. Dr. **ERVIN KAMINSKI LENZI** – UEPG / DEFIS / PPGCIÊNCIAS

17/11/23 – 19h00 – Auditório Hall Tecnológico

Atividade Científica: Apresentação de pôsteres de trabalhos de ensino, pesquisa e extensão.

17/11/23 – Das 15h30 às 16h30 – Hall Tecnológico

Mesa Redonda: A Física e o seu Ensino no Polo 35 do MNPEF

O desenho de uma proposta inovadora para a formação continuada de docentes.

Prof. Dr. **ANDRÉ MAURÍCIO BRINATTI** - UEPG / DEFIS / PPGEF / PPGFISICA

SOLE: O ambiente de aprendizagem auto-organizado e minimamente invasivo.

Prof. Dr. **ANDRÉ VITOR CHAVES DE ANDRADE** - UEPG / DEFIS / PPGEF

Princípios, saberes e articulações necessárias.

Prof. Dr. **SILVIO LUIZ RUTZ DA SILVA** - UEPG / DEFIS / PPGEF / PPGCEM

17/11/23 – 20h15 – Auditório Hall Tecnológico



Minicurso: Ótica Geométrica de Interfaces Planas.

Dr. **FERNANDO CAMIOTTI**

17/11/2023 das 8h00 às 12h00 e das 14h00 às 18h00

Minicurso: Arduino – Princípios e Aplicações,

Prof. Dr. **LUIZ AMÉRICO ALVES PEREIRA** - UEPG / DEFIS / PPGEF

18/11/2023 das 8h30 às 11h30 – Sala L-26



A FÍSICA E A EQUIDADE

XXV SEMANA DA FÍSICA

16 a 18 de novembro de 2023



SUMÁRIO

MODELO MATEMÁTICO PARA A GERAÇÃO DE SINAIS DE ELETROCARDIOGRAMA.....	12
“CÉU: DA ARTE E DA CIÊNCIA”, UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR DE ARTE E FÍSICA	17
INTEGRANDO A ÓPTICA GEOMÉTRICA E A SAÚDE OCULAR NO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA DE UNIDADE DIDÁTICA BASEADA EM VYGOTSKY	22
ROBUSTEZ E GERAÇÃO DE EMARANHAMENTO EM GRAFOS SPIN	28
ANÁLISE DOCUMENTAL COM USO DO SOFTWARE IRAMUTEQ: EQUAÇÕES DE MAXWELL. 33	
INTEGRANDO TECNOLOGIA E MÉTODOS ATIVOS NO ENSINO DE FÍSICA: UMA ABORDAGEM INOVADORA PARA ENGAJAR NATIVOS DIGITAIS	39
ÍNDICE DE INTEMPERISMO DE UMA TOPOSSEQUÊNCIA FORMADA POR NEOSSOLOS POR MEIO DE ANÁLISES QUALITATIVAS	45
MODELO DE PREDUÇÃO CAÓTICO COM PRESA INFECTADA.....	51
EFEITO DAS CORRENTES DE POTÁSSIO LENTO E CÁLCIO NA DINÂMICA DO DISPARO NEURONAL	56
ANÁLISE DE CURVAS DE LUZ E VELOCIDADES RADIAIS DO CANDIDATO A EXOPLANETA CoRoT 104848249.....	61
ESTUDO DA DINÂMICA DE DOENÇAS INFECCIOSAS PARA O MODELO “SI”	67
PROPRIEDADES ELÉTRICAS DE VIDROS FOSFATOS COM ADIÇÃO DE ÓXIDO DE TÂNTALO 71	
SUPRESSÃO DE SINCRONIZAÇÃO INTERMINENTE COM OPTOGNÉTICA.....	76
OBTENÇÃO DA AUSTENITA EXPANDIDA POR IMPLANTAÇÃO DE NITROGÊNIO NA SUPERLIGA DE NÍQUEL INCONEL 718	82
CORRENTES DE CATRACA HAMILTONIANAS NO MAPA PADRÃO NÃO-TWIST ESTENDIDO87	
TRANSFERÊNCIA DE EMARANHAMENTO EM CADEIAS DE SPIN $\frac{1}{2}$	93
MODELO FRACIONÁRIO DE UM SISTEMA TUMOR-IMUNE	98
PARÂMETROS DE BLINDAGEM DAS RADIAÇÕES DE UM NEOSSOLO LITÓLICO E SUA ORIGEM	104
OSCILAÇÕES DE AHARONOV-BOHM E A INFLUÊNCIA DO POTENCIAL VETOR.....	108



MODELO MATEMÁTICO PARA A GERAÇÃO DE SINAIS DE ELETROCARDIOGRAMA

Patrício Dias Cardoso dos Reis (UEPG)

Fátima Elis Cruziniani (UEPG)

Lucas Eduardo Bentivoglio (UEPG)

Ronaldo Mendes Evaristo (IFPR)

Kelly Cristiane Iarosz (UNIFATEB)

Antonio Marcos Batista (UEPG).

cardosopatriciooooo@gmail.com

RESUMO

As doenças cardíacas são estatisticamente responsáveis por um número considerável de mortes no Brasil. A principal forma de diagnóstico das anomalias do coração é feita através do exame de eletrocardiograma, uma forma de diagnóstico gráfico que mede a atividade elétrica gerada pelos movimentos do músculo cardíaco (Miocárdio). Neste trabalho estudamos o modelo proposto por McSharry e colaboradores composto por três equações diferenciais acopladas capazes de reproduzir o sinal do eletrocardiograma. Realizamos a integração do modelo através de um método numérico e mostramos tanto os pontos que caracterizam um eletrocardiograma saudável quanto uma série temporal resultante de vários ciclos cardíacos com frequência constante.

Palavras-chave: Doenças Cardíacas, Eletrocardiograma, Coração, Modelos Matemáticos.

INTRODUÇÃO

As doenças que alteram o funcionamento do sistema cardiovascular são responsáveis por 27% dos óbitos no Brasil desde a década de 60 (ASSIS Jr & PEREIRA, 2023). O diagnóstico primário das anomalias cardíacas é realizado através do exame de eletrocardiograma (ECG), idealizado por Willem Einthoven em 1902, sendo o primeiro registro preciso da atividade elétrica do coração (BAROLD, 2023). Este registro é realizado através do posicionamento de eletrodos sobre a pele dos braços, pernas e tórax de um indivíduo. A obtenção e análise do ECG permite o reconhecimento de diversos tipos de quadros clínicos, até mesmo aqueles severos (SILVA et al., 2023). Nessa direção, o uso de modelos matemáticos capazes de reproduzir os sinais característicos oriundos do ECG pode servir como guia para a investigação teórica de anomalias no funcionamento do coração. Neste trabalho será estudado o modelo proposto por McSharry e colaboradores em 2003 (McSHARRY et al., 2003). O modelo é composto por três equações diferenciais acopladas que são capazes de reproduzir o sinal característico de um ciclo cardíaco capturado via ECG. Simulamos o comportamento do ECG de um indivíduo saudável, discutindo sua morfologia e os aspectos que são de interesse na análise realizada na cardiologia.

MÉTODO

O modelo de McSharry é dado por

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \gamma x - \omega y, \\ \dot{y} &= \gamma y + \omega x, \\ \dot{z} &= z_0 - z - \sum_i a_i \Delta\theta_i e^{-\frac{\Delta\theta_i^2}{2b_i^2}}, \end{aligned} \quad (1)$$

com $i \in \{P, Q, R, S, T\}$. O parâmetro ω representa a frequência cardíaca, $\gamma = 1 - \sqrt{x^2 + y^2}$, $\Delta\theta_i = (\theta - \theta_i) \bmod 2\pi$ e $\theta = \arctan 2(y, x)$. Além disso, z_0 representa a ação da respiração do indivíduo, sendo dada por $z_0 = A \sin(2\pi f_r t)$, onde f_r a frequência respiratória do sujeito, fixada em $f_r = 0,25 \text{ Hz}$ e $A = 0,15 \text{ mV}$. O

sinal característico do ECG é obtido pela série temporal da variável $z(t)$. Para realizar a integração utilizamos o método de Runge-Kutta de 4ª ordem (REIS, et al., 2022) em linguagem C/C++. Fixamos a frequência cardíaca em 60 batimentos por minuto (bpm), característica de uma pessoa saudável em repouso [2]. Os demais parâmetro estão dispostos na Tabela 1.

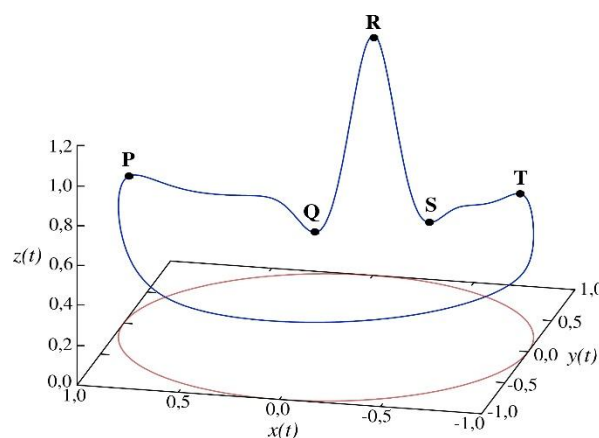
Tabela 1: Parâmetros utilizados para a integração do modelo apresentado no conjunto de Equações 1.

Índice (i)	θ_i	a_i	b_i
P	-60°	1, 2	0, 25
Q	-15°	-5, 0	0, 1
R	0°	30, 0	0, 1
S	15°	-7, 5	0, 1
T	90°	0, 75	0, 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após realizar a integração do modelo dinâmico, obtemos a trajetória gerada em três dimensões com os pontos que são característicos de um sinal de ECG de um indivíduo adulto saudável. A Figura 1 apresenta o espaço de fase tridimensional de um ciclo cardíaco.

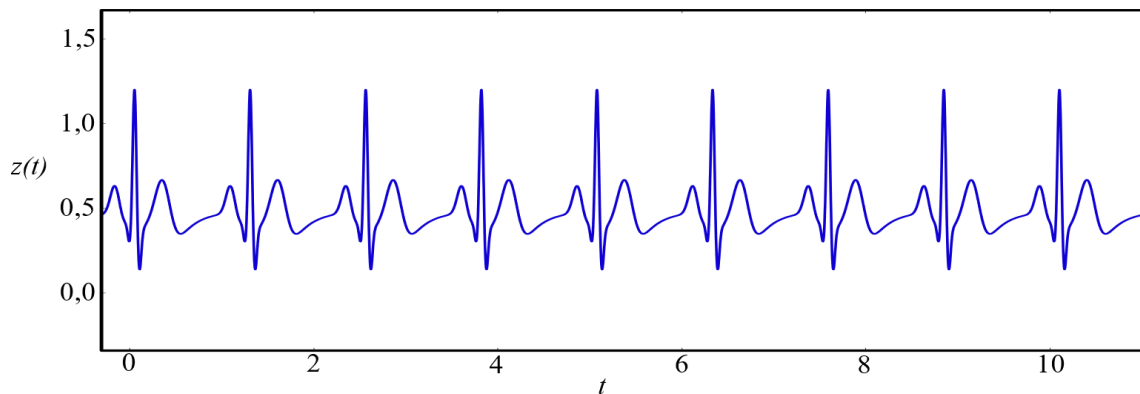
Figura 1: Trajetória tridimensional do modelo representando um ciclo cardíaco.



Fonte: Os autores.

Os formatos de onda gerados pelo modelo são legendados pelos pontos P, Q, R, S e T. A onda marcada com o ponto P representa a contração dos átrios, as ondas QRS representam o movimento de contração ventricular do coração e, por fim, a onda T apresenta o relaxamento do músculo cardíaco, o preparando para um novo ciclo [2]. Uma simulação da série temporal de uma seção de ECG é apresentada na Figura 2.

Figura 2: Série temporal representando uma sequência de sinais característicos de ECG.



Fonte: O autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo de McSharry é utilizado para reproduzir sinais de ECG através de equações diferenciais. Por meio da integração do modelo foi possível reproduzir tanto um ciclo cardíaco para apresentar os pontos utilizados nas análises feitas por cardiologistas quanto uma série temporal contando diversos ciclos cardíacos com frequência cardíaca constante.



REFERÊNCIAS

ASSIS Jr, W. R. A.; PEREIRA, C. D. S. “Existe Relação Entre Poluentes Atmosféricos e Variabilidade da Frequência Cardíaca? Uma Revisão Integrativa” **UNISANTA BioScience**, v. 12, n. 2, 2023.

BAROLD, S. S. “Willem Einthoven and the Birth of Clinical Eletrocardiography a Hundred Years Ago” **Cardiac Electrophysiology Review**, v. 7, n. 99-104, 2003.

McSHARRY, P. E.; CLIFFORD, G. D.; TARASSENKO, L.; SMITH, L. A. “A Dynamical Model for Generating Synthetic Eletrocardiogram Signals” **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. 50, n. 3, 2003.

REIS, P. D. C.; SEIFERT, E. G.; GABRICK, E. C.; JANTSCH, R. C. S.; IAROSZ, K. C.; BATISTA, A. M.; TROBIA, J. “Estudo do Universo de Friedmann partindo de conceitos Newtonianos” **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 44, n. 20220196, 2022.

SILVA, S. T.; GODOY, M. F.; GREGÓRIO, M. L.; VIANA, R. L.; BATISTA, A. M. “Analysis of heartbeat time series via machine learning for detection of illnesses” **Chaos, Solitons and Fractals**, v. 171, n. 113388, 2023.



“CÉU: DA ARTE E DA CIÊNCIA”, UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR DE ARTE E FÍSICA

*Thiago Takaji Tsutsui, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Programa de Pós-
Graduação em Ciências/Física, Ponta Grossa, PR, Brasil*

*Thaiane de Toledo, Universidade Estadual do Paraná, Programa de Pós-graduação em
Cinema e Artes do Vídeo, Curitiba, PR, Brasil*

23040452000@uepg.br

RESUMO

Propõe-se a aula “Céu: da arte e da ciência”, uma atividade pedagógica que propõe um modelo interdisciplinar entre as áreas de Física e Arte, ancorando-se legalmente na lei educacional e na bibliografia que concerne ao tema interdisciplinaridade. Pretende-se, primordialmente, auxiliar na elaboração de atividades interdisciplinares sob o regimento da BNCC. A aula abrange o estudo de Van Gogh, Munch, Óptica e Natureza da Ciência e inclui uma experiência que diz respeito às duas áreas. Constata-se, com a reflexão sobre a prática, que a abordagem interdisciplinar possibilita um conhecimento, de fato, produtivo.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade; Ensino de Física; Ensino de Arte.

INTRODUÇÃO

De acordo com a legislação educacional vigente (BRASIL, 2018, p. 16), existe a necessidade uma proposta interdisciplinar dos componentes curriculares. Para tanto, torna-se necessário que o aluno através da apreensão de conhecimento torne-se também um sujeito capacitado a inter-relacionar os saberes, unificando-os e colocando-os em prática.

Desta forma, torna-se relevante para o presente trabalho a presença de dois aspectos do ensino: a interdisciplinaridade e a relação entre arte e ciência. O trabalho integrador das diferentes áreas do conhecimento de forma relacional em direção a uma construção de saberes possui notoriedade (PIAGET, 1974; FERREIRA, 2008; CACHAPUZ, 2015) dentre as discussões sobre ensino e aprendizagem e contrasta com a visão de recorte e especialização do conhecimento que imperava até então na formação de professores e na formação escolar.

O presente trabalho diferencia-se ao buscar essa síntese dentro da proposta educacional brasileira (BNCC), ao relatar o desafio de uma experiência interdisciplinar orientada nos parâmetros curriculares recentes através de um relatório de experiência: Como, com base na bibliografia já publicada no que concerne ao tema, apresentar uma proposta interdisciplinar entre a Ciência e a Arte de acordo com a BNCC?

MÉTODO

Com o estudo da bibliografia concernente ao tema interdisciplinaridade (FAZENDA, 2014; FERREIRA, 2008; CACHAPUZ, 2015), foi determinado o tempo didático da aula e o escopo do tema. Os professores estruturam a aula de maneira que ela seja permeada pelos conteúdos citados, mas com o fio condutor sendo a ideia de que uma visão holística do mundo possibilita uma visão mais plural.

Segundo Fazenda (2014, p.5), a interdisciplinaridade escolar é definida como “as noções, finalidades, habilidades e técnicas visam favorecer, sobretudo, o processo de aprendizagem respeitando os saberes dos alunos e sua integração”. Esta definição

contrapõe-se a uma visão do saber fragmentado, sendo a base para essa construção, o diálogo entre as disciplinas e a integração do conhecimento. A valorização da interdisciplinaridade é apontada na sexta competência geral da educação básica:

“Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.” (BRASIL, 2018, p.9)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A aula, nomeada como “Céu: da arte e da ciência”, foi realizada em um colégio particular, no contraturno das turmas do Ensino Médio, como atividade optativa oferecida aos alunos. A exposição de imagens da aula tem início com a obra “A Noite estrelada” de 1889 do artista Vincent van Gogh. A discussão acerca dessa obra é explicitada nesse resumo como maneira de exemplificar a abordagem adotada.

A *Noite Estrelada* apresenta inúmeras possibilidades de leitura de imagem, podemos pensar nas pinceladas marcantes e aparentes, nos contornos que evidenciam o movimento contínuo das cores, no local escolhido para a observação do céu e no contexto do próprio artista inserido no final do século XIX envolto de influências impressionistas e inquietações próprias de si. Sob a óptica da Física, os nomes dos astros sublinhados pela pintura são ditos, assim como os métodos utilizados para identificar cada um deles. Deduziu-se, primeiramente, o horário em que a tela foi pintada, devido ao posicionamento da Lua, enquanto o corpo celeste mais prateado é identificado como Vênus, pois os planetas são os primeiros astros a aparecerem de manhã.

Os discentes apontaram, após a aula, o interesse suscitado pelos tópicos da aula, em ambas as disciplinas, frisando como não imaginavam haver uma “conexão” no cerne de ambas as áreas do conhecimento. Um aluno afirmou que a aula permitiu uma reflexão sobre o caráter do conhecimento científico e como ele é oriundo do encantamento estético, refletindo características apontadas na bibliografia concernente ao tema.



XXV SEMANA DA FÍSICA
16 a 18 de novembro de 2023
CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem empregada na demonstração do experimento viabiliza uma prática visual com conceitos convergentes entre as áreas de conhecimento da física e da arte. A atenção dos alunos demonstra quão expressiva é uma prática que concilie a teoria em prol de uma aprendizagem holística, as experiências, sejam elas científicas, artísticas ou ambas, são essenciais para transpor o conhecimento do campo teórico para o campo prático concedendo ao aluno uma vivência do saber aplicado. Além disso, as falas dos alunos no momento da avaliação, ressaltam a importância desse tipo de abordagem, no intuito de possibilitar aos discentes uma visão plural do mundo, um conhecimento, de fato, “produtivo”, de acordo com o problematizado na BNCC.



REFERÊNCIAS

ARGAN, G. C. **Arte Moderna**. São Paulo: Companhia das Letras, 1992.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

CACHAPUZ, A. F. Arte e Ciência no Ensino de Ciências. **Revista Interações**. v. 10, n. 31, p. 91 – 106, Mai. 2015.

DON MCLEAN. **Vincent**. 2017. Disponível em:
<<https://www.youtube.com/watch?v=MkUsioaPmzU>>. Acesso em: 09 dez., 2020.

FAZENDA, Ivanir. **Interdisciplinaridade: Didática, Prática de Ensino e Direitos Humanos? XVII ENDIPE/2014**. São Paulo, 2014.

FAZENDA, I. **Didática e interdisciplinaridade**. Campinas: Papirus, 2008.

FAZENDA, I. (Org) **O que é interdisciplinaridade?**; YARED, I. O que é interdisciplinaridade? São Paulo: Cortez, 2008.

FERREIRA, P. C. C. **Contributos do Diálogo entre Ciência e Arte para a educação em Ciência no 1º CEB**. Aveiro – Região Centro. 285 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências no 1º Ciclo do Ensino Básico)], Universidade Aveiro-UA. 2008.

PIAGET, J. W. F. **To Understand is to Invent: The Future of Education**. 1. Ed. Nova Iorque, Grossman Publishers, 1974.



INTEGRANDO A ÓPTICA GEOMÉTRICA E A SAÚDE OCULAR NO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA DE UNIDADE DIDÁTICA BASEADA EM VYGOTSKY

Silvio Luiz Rutz da Silva - PPG- Ensino de Física, Polo 35 MNPEF, UEPG

*Francieli Jaqueline Noll Della Vechia - Colégio Estadual Professora Hercília França do
Nascimento, SEED – PR*

rutz@uepg.br

RESUMO

Este trabalho aborda a importância da saúde ocular no contexto educacional, utilizando uma unidade didática integrada ao ensino de Física para alunos do ensino médio. Justifica-se pela alta prevalência de cegueira evitável, principalmente em países em desenvolvimento, e a necessidade de conscientização sobre os cuidados com a visão. O objetivo é proporcionar aos alunos um entendimento mais profundo sobre óptica geométrica e saúde ocular, correlacionando conceitos físicos com práticas experimentais. A metodologia se fundamenta nas teorias de Vygotsky, enfatizando a importância do ensino e interação no processo educacional. Os resultados indicam um aumento da conscientização dos alunos sobre saúde ocular, promovendo aprendizado significativo e aplicável. As conclusões destacam a eficácia da integração do tema saúde ocular ao currículo de Física, ressaltando a importância da educação preventiva na saúde ocular.

Palavras-chave: Saúde Ocular; Educação Física; Óptica Geométrica; Métodos de Ensino; Vygotsky.

INTRODUÇÃO

Este estudo concentra-se na integração da saúde ocular ao ensino de Física no ensino médio, abordando o espectro eletromagnético e a óptica geométrica, visando preencher uma lacuna educacional existente. Considerando a relevância dos olhos no processo de ensino-aprendizagem e a alta incidência de problemas visuais evitáveis, este trabalho justifica-se pela necessidade de um ensino mais abrangente e prático sobre a saúde ocular. O principal objetivo é elaborar uma unidade didática que facilite o ensino da óptica da visão, potencializando o entendimento dos alunos sobre os conceitos físicos relacionados à visão e promovendo a saúde ocular.

MÉTODO

Baseando-se nos princípios de Vygotsky, o trabalho adota uma abordagem que valoriza o papel do ensino e da interação no desenvolvimento dos alunos. Para sustentar a abordagem do conteúdo e a metodologia utilizada, considerando a importância do papel do ensino e do professor no desenvolvimento dos alunos e enfatiza-se o uso de "ferramentas psicológicas" no processo educacional (FREITAS, 2012; GEHLEN e DELIZOICOV, 2012). A proposta de Intervenção Educacional propõe uma abordagem educacional que integra a óptica da visão e a saúde ocular ao currículo de Física, fundamentada em teorias educacionais e psicológicas, com o objetivo de promover um aprendizado mais profundo e aplicável na vida dos alunos (PARANÁ, 2021). A proposta inclui atividades práticas e experimentais que permitem aos alunos explorarem e compreender conceitos ópticos e suas aplicações na saúde ocular. A unidade didática foi elaborada para contribuir no ensino de Física no ensino médio, enfocando a óptica geométrica e as propriedades da luz visível. O objetivo é capacitar os alunos a compreenderem os riscos e potenciais das radiações em várias aplicações, incluindo a saúde e a indústria (BRITO EVEITZMAN, 2000; KNOBLAUCH, 2013; OTTAIANO et al, 2019)

A intervenção foi planejada para preencher uma lacuna no ensino de conceitos de física e óptica, fornecendo aos alunos o conhecimento e as habilidades necessárias

para compreender e cuidar de sua saúde ocular. A seguir apresentam-se os detalhes desta proposta de intervenção educacional: 1) **Elaboração de Unidade Didática:** Desenvolver uma unidade didática que facilite o ensino-aprendizagem da óptica da visão. Essa unidade será estruturada para proporcionar um entendimento aprofundado dos conceitos físicos relacionados à visão e aos cuidados necessários para manter a saúde ocular; 2) **Abordagem Temática Integrada:** A proposta enfatiza a integração do tema "saúde ocular" no ensino de Física, abordando aspectos do espectro eletromagnético e da óptica geométrica, com foco na luz visível e suas propriedades ópticas; 3) **Atividades Experimentais:** Implementar práticas experimentais que permitam aos alunos observar e analisar fenômenos ópticos. Essas atividades serão projetadas para demonstrar os principais defeitos de visão e como eles podem ser corrigidos ou mitigados; 4) **Fomento ao Pensamento Crítico:** Encorajar os alunos a formularem e avaliar hipóteses sobre fenômenos ópticos observáveis, prevendo a influência de determinados parâmetros nesses fenômenos. Isso ajuda a desenvolver habilidades de pensamento crítico e científico; 5) **Incorporação de Metodologias Ativas de Ensino:** Utilizar metodologias que promovam a interação e o engajamento ativo dos alunos. Isso inclui discussões em grupo, projetos colaborativos e uso de tecnologias educacionais; 6) **Conscientização sobre Saúde Ocular:** Sensibilizar os alunos sobre a importância dos cuidados com a saúde ocular, destacando como maus hábitos podem afetar a visão e o aprendizado. A unidade didática buscará promover práticas saudáveis e conscientização sobre os riscos associados à negligência da saúde ocular; 7) **Avaliação e Feedback Contínuos:** Implementar um sistema de avaliação que permita o acompanhamento contínuo do progresso dos alunos, fornecendo feedback oportuno para garantir a compreensão e a aplicação efetiva dos conceitos aprendidos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os principais resultados contemplam: 1. **Aumento da Conscientização sobre Saúde Ocular:** Um dos resultados esperados da implementação da unidade didática seria um aumento na conscientização dos alunos sobre a importância da saúde ocular. Isso

inclui um melhor entendimento dos fatores de risco para problemas visuais e a adoção de hábitos saudáveis para a prevenção de doenças oculares. 2. Melhoria no Entendimento de Conceitos Físicos: A abordagem integrada proposta visa melhorar a compreensão dos alunos sobre conceitos de óptica geométrica e física relacionados à visão. Espera-se que os alunos desenvolvam uma compreensão mais aprofundada de como a luz e a visão funcionam, incluindo o entendimento das propriedades da luz visível e dos defeitos de visão. 3. Desenvolvimento de Habilidades Experimentais e Críticas: As atividades experimentais e práticas previstas na unidade didática provavelmente resultariam no desenvolvimento de habilidades práticas e de pensamento crítico. Os alunos teriam a oportunidade de formular hipóteses, realizar experimentos e analisar resultados, o que é fundamental para a aprendizagem científica. 4. Engajamento e Participação Ativa dos Alunos: A metodologia proposta, baseada nos princípios de Vygotsky, sugere que a implementação da unidade didática levaria a um maior engajamento e participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem. Isso poderia ser observado em maior interesse pelos temas abordados, maior interação em sala de aula e um ambiente de aprendizagem mais colaborativo. 5. Aplicação do Conhecimento no Cotidiano: Um resultado importante seria a capacidade dos alunos de aplicar o conhecimento adquirido em suas vidas cotidianas. Isso poderia incluir a identificação de situações em que a saúde ocular pode estar em risco e a aplicação de medidas preventivas. 6. Feedback Positivo de Professores e Alunos: Espera-se que tanto professores quanto alunos forneçam feedback positivo sobre a unidade didática, indicando que ela é uma ferramenta útil e eficaz para o ensino e aprendizagem da óptica da visão e da saúde ocular.

Em suma, os resultados principais seriam observados nas áreas de conscientização sobre saúde ocular, compreensão de conceitos físicos, desenvolvimento de habilidades práticas e críticas, engajamento dos alunos e aplicabilidade do conhecimento adquirido.

A análise crítica dos principais resultados da proposta de intervenção educacional, com base nos referenciais teóricos e metodológicos apresentados no documento,



XXV SEMANA DA FÍSICA

16 a 18 de novembro de 2023



pode ser estruturada da seguinte forma: Aumento da Conscientização sobre Saúde Ocular; Melhoria no Entendimento de Conceitos Físicos; Desenvolvimento de Habilidades Experimentais e Críticas; Engajamento e Participação Ativa dos Alunos; e Aplicação do Conhecimento no Cotidiano

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostram um aumento significativo na compreensão e na conscientização dos alunos sobre a saúde ocular. Ao comparar com a literatura, observa-se que a abordagem proposta é eficaz, mas enfrenta limitações quanto à disponibilidade de recursos em algumas escolas. O trabalho atinge seus objetivos ao integrar efetivamente a saúde ocular ao currículo de Física, contribuindo significativamente para o aprendizado dos alunos e para a promoção da saúde ocular. Em complemento, a proposta de intervenção educacional, fundamentada nos princípios de Vygotsky, é promissora em sua abordagem integrada e foco na aplicabilidade prática. A ênfase na interação e no papel ativo do aluno na construção do conhecimento é um ponto forte. No entanto, a eficácia dessa abordagem está sujeita a variáveis como recursos disponíveis, formação e engajamento dos professores, e diferenças contextuais dos alunos. Portanto, para uma implementação bem-sucedida, adaptações e flexibilidade são essenciais, assim como um forte suporte institucional e formação continuada para os professores.



REFERÊNCIAS

BRITO, P. R.; VEITZMAN, S. Causas de Cegueira e baixa visão em crianças. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, v.63, n.1, 2000, p.49-54.

FREITAS, M. T. A. **Vygotsky e Bakhtin Psicologia e Educação: um intertexto**. 4. ed. São Paulo: Editora Ática. 2002.

GEHLEN, Simoni Tormöhlen; DELIZOICOV, Demétrio. A Dimensão Epistemológica da Noção de Problema na Obra de Vygotsky: implicações no ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**. V17(1), pp.59-79, 2012.

OTTAIANO, J. A. A.; ÁVILA, M. P.; UMBELINO, C. C.; TALEB, Alexandre Chater. **As condições de saúde ocular no Brasil**. 1 ed. São Paulo, 2019.

KNOBLAUCH, Nilda Von. Olho humano: a janela de entrada para o estudo da óptica. **Cadernos PDE**, v. 1, 2013.

PARANÁ, **Referencial curricular para o ensino médio do Paraná** / Secretaria de Estado da Educação e do Esporte. Curitiba: SEED/PR, 2021.



ROBUSTEZ E GERAÇÃO DE EMARANHAMENTO EM GRAFOS SPIN

Eduardo K. Soares, Bacharelado em Física

Fabiano M. de Andrade, Departamento de Matemática e Estatística

Paulo Eduardo L. da Rosa, Programa de pós-graduação em Ciências/Física

edukso2002@gmail.com

RESUMO

O emaranhamento é um fenômeno muito importante que possui aplicações nas mais diversas áreas. Por exemplo, na área de criptografia quântica são usados estados emaranhados para criar uma chave que torna impossível que um observador indesejado obtenha informações que desejam ser mantidas privadas. É possível gerar um par de estados emaranhados através de um protocolo que tem como base uma cadeia de 7 spins-1/2 que apresenta acoplamentos fortes e fracos. O protocolo tem início com a injeção de dois estados nas extremidades da cadeia e, em seguida, o sistema evolui naturalmente até o tempo de espelhamento, instante no qual os estados da extremidade da cadeia se tornam maximamente emaranhados. Neste instante de tempo os estados das extremidades da cadeia podem ser extraídos das posições das extremidades da cadeia, se desejado.

Palavras-chave: *Cadeias de Spin, Emaranhamento de formação, Fidelidade, Geração de emaranhamento.*

INTRODUÇÃO

O emaranhamento é um dos fenômenos mais importantes e versáteis para aplicações em informação quântica. Uma forma de gerar estados emaranhados é utilizando um protocolo que tem como base uma cadeia de 7 spins-1/2 com acoplamentos fortes (Δ) e acoplamentos fracos (δ). Esta cadeia pode ser descrita pelo Hamiltoniano $H = \sum_{i=1}^{N-1} J_{i,i+1} [|1\rangle\langle 0|_i \otimes |0\rangle\langle 1|_{i+1}] + c. h.$, onde $J_{i,i+1}$ é a interação entre dois spins adjacentes e $c. h.$ representa o conjugado hermitiano do primeiro termo do Hamiltoniano. O estado $|1\rangle$ representa um spin apontando para cima e o estado $|0\rangle$ representa um spin apontando para baixo. Antes do protocolo ter início fixamos todos os spins da cadeia no estado $|0\rangle$. Então, iniciamos o protocolo de geração de emaranhamento com a injeção de dois estados

$$|+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)$$

nas extremidades da cadeia. Em seguida, o sistema evolui até o tempo de espelhamento t_M , que representa metade do tempo necessário para que o sistema retorne ao estado inicial, após feita a evolução temporal.

MÉTODO

Utilizamos como materiais o software Mathematica e as referências [1-13].

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estado do sistema no instante de início do protocolo é:

$$|\psi(0)\rangle = \frac{1}{2}(|0\rangle_A|0\rangle_C + |1\rangle_A|0\rangle_C + |0\rangle_A|1\rangle_C + |1\rangle_A|1\rangle_C) \otimes |0\rangle_{\text{resto da cadeia}}$$

onde o primeiro termo representa os dois estados que foram injetadas em cada extremidade da cadeia e o estado $|0\rangle_{\text{resto da cadeia}}$ representa os demais spins da cadeia. Para realizar a evolução temporal deste estado utilizamos o propagador temporal com $\hbar = 1$.

$$U(t) = e^{-iHt}$$

Estávamos interessados em calcular duas grandezas, a Fidelidade dada pela expressão $F(t) = |\langle \psi(0) | \psi(t) \rangle|^2$ e o Emaranhamento de Formação (EoF). A Fidelidade foi utilizada para calcular a probabilidade de recuperar o estado inicial do sistema em um tempo t qualquer e o EoF foi utilizado para medir o emaranhamento entre os estados da extremidade da cadeia.

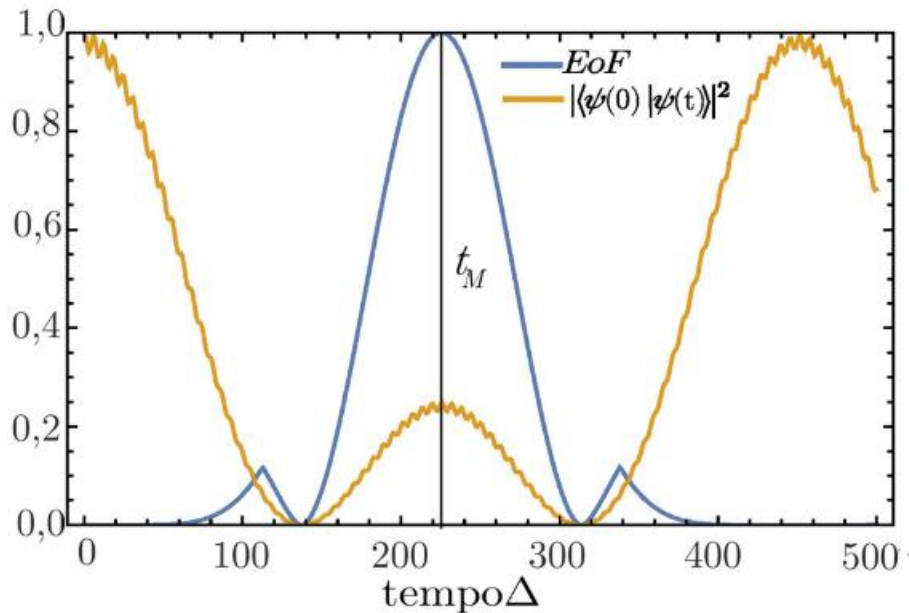
Para realizar o cálculo do Emaranhamento de Formação de forma analítica, reduzimos a cadeia de 7 spins-1/2 para uma cadeia com 3 spins-1/2 igualmente acoplados com uma intensidade $\eta = \frac{\sqrt{\Delta^2 + 3\delta^2} - \sqrt{\Delta^4 + 6\delta^2\Delta^2 + \delta^4}}{2}$, onde consideramos $\frac{\Delta}{\delta} = 10$. O Hamiltoniano do sistema é reduzido para a matriz adjacência ponderada de um grafo caminho com 3 vértices.

$$H = \begin{pmatrix} 0 & \eta & 0 \\ \eta & 0 & \eta \\ 0 & \eta & 0 \end{pmatrix}$$

Podemos escrever o estado inicial do sistema em termos dos autovetores do Hamiltoniano reduzido e utilizar o propagador temporal com este Hamiltoniano para evoluir o estado inicial.

Agora, podemos calcular o EoF dos estados das extremidades da cadeia pela expressão $EoF_{AC} = -x \log_2(x) - (1-x) \log_2(1-x)$ onde $x = \frac{1 + \sqrt{1-\tau}}{2}$ [7]. Então, construímos um gráfico do EoF_{AC} e $F(t)$ para visualizar como estas grandezas variam no tempo.

Figura 3. Valor do emaranhamento de formação (em azul) e da Fidelidade (em laranja) em diferentes valores do tempo. O valor máximo do emaranhamento de formação ocorre no tempo t_M .



Fonte: Os Autores

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O emaranhamento é um fenômeno muito importante para aplicações em informação quântica. Por isso é interessante estudar como gerar estados emaranhados. Podemos gerar estados emaranhados através de um protocolo que envolve uma cadeia de 7 spins-1/2 que interagem com intensidades diferentes. Aplicações deste protocolo podem ser muito úteis na construção de computadores quânticos, que utilizam estados emaranhados para operar de forma muito mais rápida que um computador clássico.

REFERÊNCIAS

- [1] Bennett, C. H., Brassard, G., Crépeau, C., Jozsa, R., Peres, A., & Wootters, W. K. (1993). Teleporting an unknown quantum state via dual classical and Einstein-Podolsky-Rosen channels. **Physical review letters**, 70(13), 1895.
- [2] Bennett, C. H., & Wiesner, S. J. (1992). Communication via one-and two-particle operators on Einstein-Podolsky-Rosen states. **Physical review letters**, 69(20), 2881.
- [3] Bose, S. (2003). Quantum communication through an unmodulated spin chain. **Physical review letters**, 91(20), 207901.
- [4] Bose, S. (2007). Quantum communication through spin chain dynamics: an introductory overview. **Contemporary Physics**, 48(1), 13-30.
- [5] Christandl, M., Datta, N., Dorlas, T. C., Ekert, A., Kay, A., & Landahl, A. J. (2005). Perfect transfer of arbitrary states in quantum spin networks. **Physical Review A**, 71(3), 032312.
- [6] Estarellas, M. P., D'Amico, I., & Spiller, T. P. (2017). Robust quantum entanglement generation and generation-plus-storage protocols with spin chains. **Physical Review A**, 95(4), 042335.
- [7] Gunlycke, D., Kendon, V. M., Vedral, V., & Bose, S. (2001). Thermal concurrence mixing in a one-dimensional Ising model. **Physical Review A**, 64(4), 042302.
- [8] Wootters, W. K. (1998). Entanglement of formation of an arbitrary state of two qubits. **Physical Review Letters**, 80(10), 2245.
- [9] Christandl, M., Datta, N., Ekert, A., & Landahl, A. J. (2004). Perfect state transfer in quantum spin networks. **Physical review letters**, 92(18), 187902.
- [10] Estarellas, M. P., D'Amico, I., & Spiller, T. P. (2017). Robust quantum entanglement generation and generation-plus-storage protocols with spin chains. **Physical Review A**, 95(4), 042335.
- [12] Wootters, W. K. (1998). Entanglement of formation of an arbitrary state of two qubits. *Physical Review Letters*, 80(10), 2245.
- [13] Wootters, W. K. (2001). Entanglement of formation and concurrence. **Quantum Inf. Comput.**, 1(1), 27-44.
- [14] Jozsa, R. (1994). Fidelity for mixed quantum states. **Journal of modern optics**, 41(12), 2315-2323.



ANÁLISE DOCUMENTAL COM USO DO SOFTWARE IRAMUTEQ: EQUAÇÕES DE MAXWELL

Leonardo Fabrini Borgatti (PIBIC/CNPq/FA/UEPG)

Silvio Luiz Rutz da Silva (DEFIS/UEPG)

21001004@uepg.br

RESUMO

Este trabalho se propôs a realizar uma análise de conteúdo das equações de Maxwell em três dos principais livros usados no ensino superior de Física: "Fundamentos de Física", "Curso de Física Básica" e "Física para Cientistas e Engenheiros". Utilizando a ferramenta IRAMUTEQ, foram aplicadas técnicas de análise textual para identificar e comparar o tratamento dado a essas equações em diferentes contextos educacionais. O estudo buscou responder a questões relacionadas à apresentação das equações de Maxwell, sua contextualização, aprofundamento conceitual e abordagem pedagógica. Foram analisados aspectos como a presença das equações, o nível de detalhamento, e as formas como são enunciadas. Além disso, a análise levou em consideração a abordagem didática, incluindo exemplos, exercícios e a conexão entre as equações e os fenômenos físicos do mundo real. Após as análises foi possível perceber como conceitos físicos estão presentes nas equações de Maxwell, abrangendo praticamente toda a área de elétrica, magnetismo e eletromagnetismo.

Palavras-chave: Análise Textual. Eletromagnetismo; Ensino de Física, Ensino de Ciências, Material Instrucional.

INTRODUÇÃO

As equações de Maxwell, são fundamentais para a compreensão dos fenômenos eletromagnéticos. Na física, desempenham um papel crucial no ensino e na pesquisa científica. A forma como essas equações são apresentadas e abordadas em livros didáticos desempenha um papel significativo na assimilação e na compreensão dos princípios do eletromagnetismo por estudantes e profissionais da área. Nesse contexto, este trabalho propõe uma análise de conteúdo minuciosa das equações de Maxwell nos três principais livros de referência do ensino superior: "Fundamentos de Física" (HALLIDAY; RESNICK e WALKER, 2016), "Curso de Física Básica" (NUSSENZVEIG, 2015) e "Física para Cientista e Engenheiros" (TIPLER e MOSCA, 2009). A análise de conteúdo tem como objetivo explorar a maneira como essas equações são apresentadas, explicadas e contextualizadas em cada um desses livros, buscando identificar relações na abordagem pedagógica e na profundidade conceitual. Para alcançar esse objetivo, será utilizada a ferramenta IRAMUTEQ, uma poderosa plataforma gratuita de análise textual que permite examinar detalhadamente o conteúdo de textos extensos (CAMARGO e JUSTO, 2013). A compreensão aprofundada das principais relações adotadas na apresentação das equações de Maxwell nesses livros não apenas enriquecerá nosso conhecimento sobre as estratégias pedagógicas empregadas, mas também servirá como uma base importante para refletir sobre a eficácia dessas abordagens no ensino da Física e nas aplicações práticas no campo da engenharia e das ciências. Este estudo tem o potencial de fornecer insights valiosos para educadores, estudantes e pesquisadores interessados em otimizar o processo de aprendizado e o entendimento das leis fundamentais que regem o eletromagnetismo.

MÉTODO

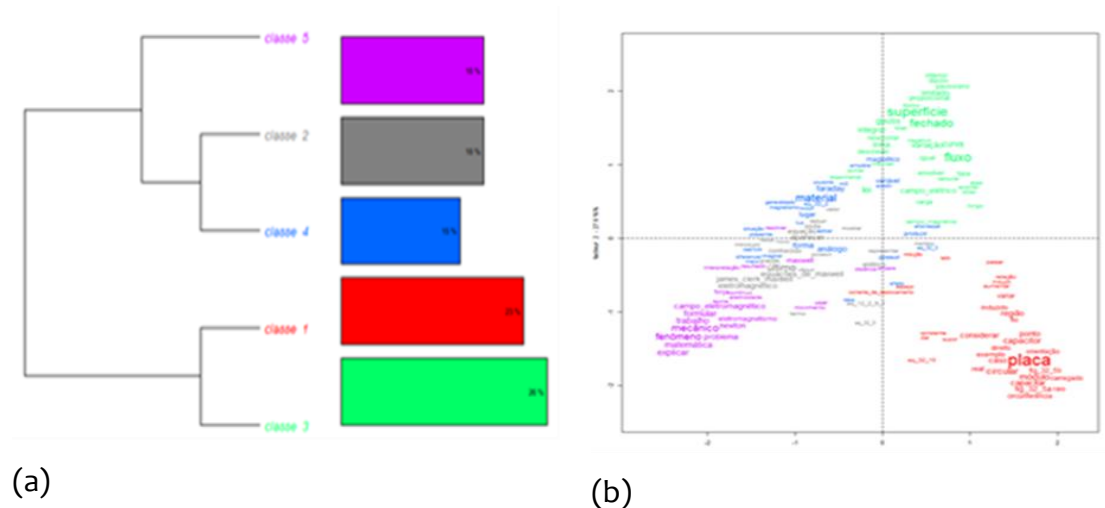
Os dados foram coletados a partir dos livros: "Fundamentos de Física" HALLIDAY; RESNICK e WALKER, 2016), "Curso de Física Básica" (NUSSENZVEIG, 2015) e "Física

para Cientista e Engenheiros”. TIPLER e MOSCA, 2009). Os conteúdos relacionados às equações de Maxwell nos livros-constituíram o corpus textual que foi processado no IRAMUTEQ para realizar as análises que contemplam desde a lexicografia básica, que abrange sobretudo a lematização e o cálculo de frequência de palavras; até análises multivariadas, com destaque para a Classificação Hierárquica Descendente (CHD), a Análise Fatorial de Correspondência (AFC) e a análise de similitude, além da nuvem de palavras (CAMARGO e JUSTO, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram identificados dois subgrupos e cinco classes (Figura 1 (a)). O subgrupo 1 engloba a Classe 1 – Capacitância (23%) e a classe 3 – Lei de fluxo (26%). O subgrupo 2 engloba a Classe 2 – Equação da onda (18%) a Classe 4 – Lei de Faraday (15%) e a Classe 5 – Trabalho (18%). A distribuição dos termos no espaço bidimensional (Figura 1(b)) mostra como as classes se organizam internamente e as distâncias entre elas, além de indicar a intensidade da presença dos termos em cada categoria a partir do tamanho das palavras. O gráfico da análise de similitude é mostrado na Figura 2, onde se pode identificar a estrutura, o núcleo central e o sistema periférico, o que auxilia na identificação da estrutura do corpus textual, distinguindo as partes comuns e as especificidades sendo possível identificar com as classes estão relacionadas na estrutura de um corpus textual, distinguindo as partes comuns e as especificidades. É possível identificar as relações entre termos significativos por classe e a sua conectividade dentro de cada classe além da ligação entre as várias classes.

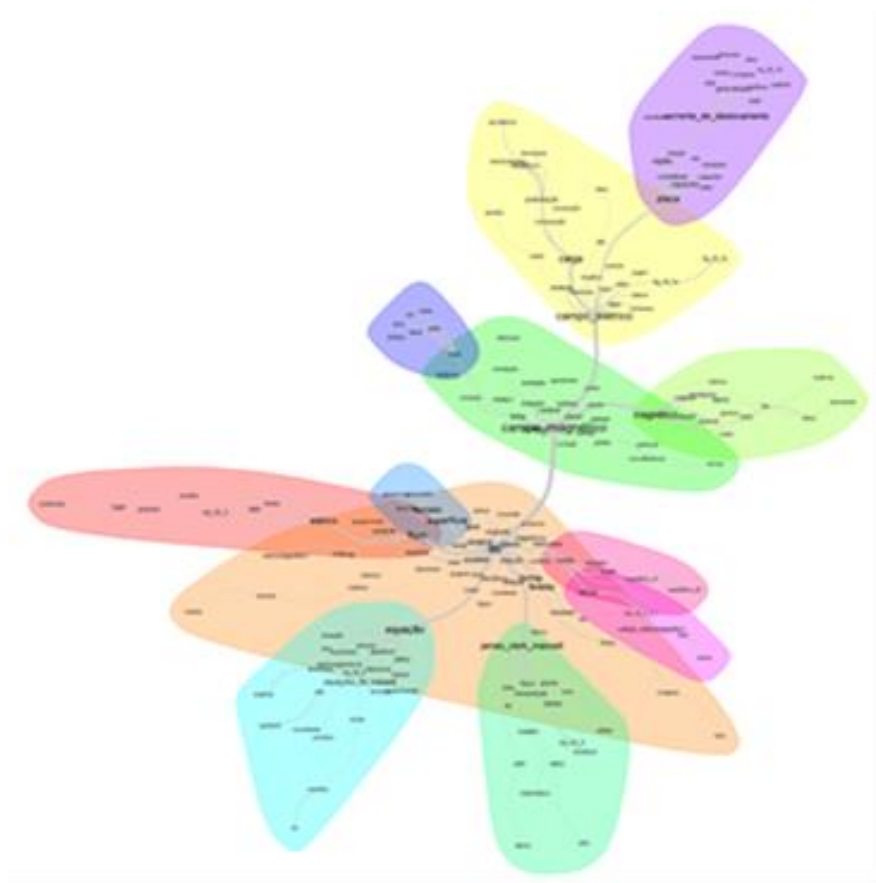
Figura 1 – Distribuição de classes pelo método Reinert das equações de Maxwell de três livros-textos analisados.



Fonte: Os Autores

Na Figura 2, observa-se as principais coocorrências entre as palavras e a conectividade entre os termos presentes corpus textual. A palavra “lei” conecta-se com os subgrupo expresso pelo termos “campo magnético” e este por sua vez com o termo expresso por “campo elétrico”. Conforme a árvore de coocorrência, os resultados indicaram que entre os pares de associação as relações são mais fortes entre as palavras: “leis - campo magnético”, “campo magnético - campo elétrico”. Ainda na figura 2 é possível identificar a relação entre o termo “lei” e os termos “superfície”, “fluxo”, “equação”, “maxwell” e “vácuo”. O termo “campo magnético” apresenta relação com “imã” e “magnético”. Por sua vez o termo “campo magnético apresenta relação com “placa” e “corrente de deslocamento”.

Figura 2 – Análise de similitude das equações de Maxwell de três livros-textos analisados.



Fonte: Os Autores

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos textos analisados permitiu identificar, pelas frequências relativas, os termos que mais aparecem no cluster temático e agrupá-los em classes e grupos. Foi possível identificar as relações entre termos significativos por classe e a sua conectividade dentro de cada classe além da ligação entre as várias classes. A partir dos resultados é possível realizar inferências quanto às particularidades de abordagem do tema equações de Maxwell nos livros texto em análise evidenciando-se como conceitos físicos estão presentes nas equações de Maxwell, abrangendo praticamente todo a área de elétrica, magnetismo e eletromagnetismo.



REFERÊNCIAS

CAMARGO, B. V.; JUSTO, A. M. Iramuteq: um software gratuito para análise de dados textuais. **Temas Psicologia**. vol. 21, n. 2, Ribeirão Preto dez. 2013. <http://dx.doi.org/10.9788/TP2013.2-16>

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física: eletromagnetismo**. Volume 3. 10ª. ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2016.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica: eletromagnetismo**. Volume 3. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 2015.

SOUZA, R. F.; CARVALHO, P. R.; RAMOS, M. G. 50 anos do PPGCI IBICT: análise textual da produção científica com iramuteq. **Informação & Informação**, v. 25, n. 4, 2020, p. 117-141.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros: eletricidade e magnetismo, Óptica: Volume 2**. 6ª. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.



INTEGRANDO TECNOLOGIA E MÉTODOS ATIVOS NO ENSINO DE FÍSICA: UMA ABORDAGEM INOVADORA PARA ENGAJAR NATIVOS DIGITAIS

Franciele Pastori – SEED/PR

André Vitor Chaves de Andrade – PPGEF - DEFIS - UEPG

Silvio Luiz Rutz da Silva – PPGEF - DEFIS – UEPG

franciele_pastori@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho explora a necessidade de reformular práticas educativas em resposta às demandas de um mundo globalizado e digitalizado, intensificado pela pandemia de Covid-19. Foca-se em estratégias para engajar nativos digitais no aprendizado de física, integrando métodos ativos de ensino, psicologia comportamental e teoria dos jogos. A pesquisa destaca o contraste entre as práticas tradicionais e a necessidade de adaptação ao perfil dos alunos atuais, considerando tanto o desenvolvimento cognitivo quanto emocional. Apresenta uma proposta pedagógica inovadora, enfatizando a importância da experiência e do desenvolvimento emocional. Os resultados indicam uma maior motivação e engajamento dos estudantes, embora enfrente desafios como desigualdade no acesso à tecnologia e preparo docente. A proposta mostrou-se inovadora e alinhada com as demandas educacionais contemporâneas, trazendo vantagens significativas em termos de engajamento e motivação dos alunos. No entanto, as limitações relacionadas à desigualdade de acesso à tecnologia e aos desafios de adaptação dos professores precisam ser abordadas para garantir a eficácia e a equidade do processo educativo.

Palavras-chave: Educação, Nativos Digitais, Ensino de Física, Pandemia de Covid-19, Metodologias Ativas, Desenvolvimento Emocional.



INTRODUÇÃO

Neste trabalho apresenta-se proposta de ressignificação das aulas de física por meio do método aprendizagem baseada em problemas (ABP) e a aprendizagem baseada em jogos (ABJ) abordando conceitos físicos de forma significativa (MUNHOZ, 2019). O trabalho teve por objetivos interpretar como as transformações globais vinculadas ao avanço tecnológico impacta na forma como os estudantes aprendem, por meio de práticas pedagógicas capazes de despertar a motivação intrínseca para a aprendizagem de física; analisar o processo de ensino-aprendizagem com base na motivação por aprender; e refletir sobre como práticas ativas são capazes de promover a motivação intrínseca (MOREIRA, 2021; NEGRI, 2008). Esta proposta surge da observação de que mudanças são necessárias no sistema educacional para atender às demandas sociais de um mundo globalizado e tecnologicamente avançado. A diferença cultural entre professores e alunos, especialmente os chamados "nativos digitais", que cresceram em um ambiente altamente tecnológico, é enfatizada (PRENSKI, 2001). Esses alunos estão acostumados com a rapidez das mudanças e isso cria um desafio para a educação tradicional. Some-se a isto o impacto da Pandemia de Covid-19 na Educação: que forçou a transição para o ensino remoto em um cenário que ressaltou a desigualdade de acesso à educação e o despreparo dos professores para esta nova realidade.

MÉTODO

A proposta de intervenção educacional apresentada foca em três aspectos principais: métodos ativos de ensino, integração da tecnologia e abordagem holística do desenvolvimento estudantil. Esta proposta foi direcionada principalmente para o ensino de física a nativos digitais. com foco nos seguintes aspectos: Métodos Ativos de Ensino; Integração da Tecnologia; e Abordagem Holística do Desenvolvimento Estudantil. Os Métodos Ativos de Ensino contemplam: uso da teoria dos jogos, aprendizagem baseada em problemas e ensino colaborativo. Para a Integração da

Tecnologia propõe-se o uso de: ferramentas digitais e ambientes virtuais de aprendizagem. Para a Abordagem Holística do Desenvolvimento Estudantil deve-se considerar: desenvolvimento cognitivo e emocional, alfabetização emocional e social: e adaptação às necessidades individuais. Optou-se pela plataforma Minecraft Education Edition, uma plataforma tridimensional onde os estudantes podem fazer construções e interagir com colegas em modo multiplayer, adicionando aspectos de aprendizagem baseada em jogos à proposta, que contemplou: uso da plataforma Minecraft Education Edition, construção colaborativa, apresentação e avaliação dos projetos e uso individual em pequenos grupos. O Minecraft foi integrado ao currículo educacional de forma a permitir aos estudantes explorarem conceitos de física de maneira interativa, colaborativa e engajadora. Procedeu-se a implementação em três contextos diferentes buscando validar sua capacidade de engajar o estudante e proporcionar aprendizagem significativa em física. Trata-se de uma aplicação ABP na busca de compreender o conceito Físico Energia, suas interpelações sociais e implicações políticas. Idealizou-se compreender como as transformações de energia em energia elétrica ocorrem, uma vez que está intimamente ligada ao desenvolvimento econômico e tecnológico de um país, analisando as diferentes formas de transformação de energia e comparando vantagens e desvantagens e suas implicações no meio ambiente. Para verificar os parâmetros pré-estabelecidos nesta pesquisa, a avaliação da aprendizagem se deu por meio de rubricas avaliativas. Foram realizadas três aplicações da proposta em contextos diferentes. Os dados foram coletados durante toda a aplicação por meio de observação dos comportamentos nos momentos síncronos e das informações que eram postadas nos diários de bordo, sempre na busca de verificar os parâmetros estabelecidos no contexto de equipe, e individualmente.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pelos resultados obtidos com a implementação da proposta pedagógica, destacam-se em vários aspectos. A aplicação da proposta enfrentou desafios variados em



diferentes contextos escolares. Por exemplo, na escola 3, os estudantes tinham acesso limitado à tecnologia e não estavam acostumados a ambientes flexíveis de aprendizagem. Apesar dessas dificuldades, os resultados foram positivos em todas as escolas, indicando a eficácia da proposta em contextos variados. A implementação da proposta destacou o potencial de atividades em equipe para o desenvolvimento de habilidades socioemocionais, além de incentivar a solução de problemas. Isso indica uma abordagem mais holística do ensino, que não se limita apenas ao conteúdo acadêmico, mas também considera o desenvolvimento pessoal e social dos alunos. A proposta buscou se comunicar com a cultura digital dos alunos para aumentar seu engajamento no processo de aprendizagem. O uso do Minecraft, por exemplo, foi um fator significativo para o alto engajamento dos estudantes, demonstrando a eficácia de integrar tecnologias populares e relevantes no processo educativo. A pesquisa avaliou o potencial do método PBL no ensino de Física em três contextos escolares diferentes. Constatou-se que, independentemente do contexto, a aplicação do método PBL foi eficaz no engajamento dos estudantes e na construção significativa do conhecimento. Comparando com a literatura existente, esses resultados reforçam a importância da personalização do ensino, a eficácia de métodos ativos de aprendizagem como o PBL, e o papel crucial da tecnologia em envolver os estudantes. A pesquisa demonstra que uma abordagem educacional que integra tecnologia, promove a colaboração, e considera o desenvolvimento socioemocional pode ser altamente eficaz, mesmo em contextos desafiadores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As conclusões derivadas do texto sobre a relevância da abordagem adotada, suas vantagens e limitações, podem ser resumidas da seguinte forma: a abordagem proposta é altamente relevante no contexto educacional moderno, especialmente considerando as necessidades dos nativos digitais. Com a integração de métodos ativos de ensino, uso de tecnologia e foco no desenvolvimento socioemocional, a abordagem responde eficazmente aos desafios de um ambiente educacional cada vez mais digitalizado e globalizado; A inclusão de práticas como a Aprendizagem



Baseada em Projetos (PBL) e a utilização de ferramentas digitais como o Minecraft Education Edition mostram uma adaptação necessária aos estilos de aprendizagem contemporâneos, incentivando uma participação mais ativa dos alunos no processo educativo. A abordagem demonstrou aumentar significativamente o engajamento e a motivação dos alunos. Isso é evidenciado pelo alto interesse dos estudantes nas atividades propostas, especialmente aquelas que incorporam elementos lúdicos e tecnológicos como o Minecraft. A aplicação de métodos que promovem a resolução de problemas, trabalho em equipe e atividades práticas levou a uma maior interação dos alunos com o conteúdo, incentivando o aprendizado ativo e colaborativo.



REFERÊNCIAS

NEGRI, P. S. Comunicação Didática: **A Intencionalidade Pedagógica Como Estratégia de Ensino**. Módulo I. Londrina: LABTED/UEL, 2008.

MUNHOZ, A. S. **ABP - Aprendizagem Baseada em Problemas**: ferramenta de apoio ao docente no processo de ensino e aprendizagem. São Paulo, Cengage Learning, 2019

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa**: A Teoria de David Ausubel e seus Textos Complementares. 1ª ed. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

PRENSKY, M. **Digital Natives, Digital Immigrants**, Part II: Do They Really Think Differently? On the Horizon, 2001.



ÍNDICE DE INTEMPERISMO DE UMA TOPOSSEQUÊNCIA FORMADA POR NEOSSOLOS POR MEIO DE ANÁLISES QUALITATIVAS

Victor Akio Yanaguisawa, Universidade Estadual de Ponta Grossa

André Maurício Brinatti, Universidade Estadual de Ponta Grossa

Vladia Correchel, Universidade Federal de Goiás

Luiz Fernando Pires, Universidade Estadual de Ponta Grossa

Sérgio Saab da Costa, Universidade Estadual de Ponta Grossa

vayanaguisawa@gmail.com

RESUMO

A intemperização do solo é influenciada de diversas formas, como material de origem, relevo, clima, entre outros fatores naturais e humanas. Resulta na alteração na quantidade de materiais orgânicos, biológicos e inorgânicos, além disso altera a cor, textura e composição mineralógica, transformando minerais primários em minerais secundários. Este trabalho tem como objetivo determinar a composição química, identificar os minerais presentes e avaliar os índices de intemperismo de uma topossequência formada por diferentes Neossolos. As técnicas usadas foram a espectroscopia de fluorescência de raios X por dispersão de comprimento de onda e difração de raios X nas amostras de Terra Fina Seca ao Ar e de forma qualitativa. Foram identificados minerais como quartzo, caulinita, gibbissita, illita e muscovita. Os horizontes foram ordenados em função da intemperização por meio da determinação índices Ki, Kr e Kf e relacionado com a cor dos solos.

Palavras-chave: Fluorescência de raios X, Difração de raios X e Mineralogia.

INTRODUÇÃO

Os Neossolos são solos com pouco desenvolvimento genético, conhecidos como solos “jóvens”, costumam ser pouco intemperizados e predomínio de minerais primários como quartzo. A intemperização é influenciada de diversas formas, como material de origem, relevo, clima, entre outros fatores naturais e humanas. A intemperização do solo provoca diversos fenômenos, alteração na quantidade de materiais orgânicos, biológicos e inorgânicos, ocorre alteração de cor, textura e composição mineralógica, transformando minerais primários em minerais secundários (dos Santos, 2018; Yanaguisawa, 2019).

O perfil de um solo é formado por diversos horizontes ou camadas, e a topossequência é formada por vários perfis de solos, sendo que cada solo é classificado conforme suas propriedades. Algumas propriedades podem ser identificadas no próprio local, outras possuem necessidade de realizar em laboratórios, como por exemplo a espectroscopia de fluorescência de raios X por dispersão de comprimento de onda (FRX) que determina a composição química e a difratometria de raios X (DRX) que analisa a composição mineralógica (Teixeira et al., 2017; Yanaguisawa, 2019).

Este trabalho tem como objetivo avaliar uma topossequência formada por diferentes Neossolos determinando a composição química, os índices de intemperismo e realização da análise qualitativa em difratogramas para identificar os minerais presentes nas amostras de solos analisadas.

MÉTODO

O material estudado neste trabalho trata-se de amostras de uma topossequência formada por Neossolo Flúvico (RY), com os horizontes A, C1, C2 e C/R, Neossolo Quartzarênico (RQ), com horizontes A, AC, CA, C1 e C2 e Neossolo Litólico (RL), com horizontes A, B e C, conforme a classificação do Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (dos Santos et al., 2018). As amostras foram coletadas em uma região rural



de Baliza-GO pelo grupo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Goiás (UFG).

A preparação das amostras foi realizada no laboratório do grupo de Física Aplicada a Solos e Ciências Ambientais (FASCA) da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).

Cada amostra coletada foi tamisada em peneira de 2 mm de diâmetro e posteriormente seca em estufa a 40 °C, obtendo-se a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). Posteriormente, as amostras de TFSA foram maceradas para serem tamisadas em peneiras de 45 µm de malha. Após o preparo, as amostras foram submetidas às técnicas de análises de FRX e DRX no Complexo de Laboratórios Multiusuários (C-Labmu) da UEPG, ambas em análises qualitativas. Os índices de intemperismo K_i , K_r e K_f foram calculados conforme a literatura (Teixeira et al., 2017; Correchel, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta a composição química da TFSA dos respectivos horizontes de cada solo obtido pelo FRX, e os valores calculados dos índices de intemperismo K_i , K_r e K_f . De forma qualitativa, os horizontes do RY mostraram maior variação nos índices de intemperismo, sendo o horizonte C2 mais intemperizado e C/R o menos intemperizado. Analisando em conjunto com a cor das amostras, o horizonte C2 apresentou a cor mais escura em relação a todos os horizontes dos três solos, portanto, indicando que este horizonte é o mais intemperizado. Em contrapartida, a cor do horizonte C/R é um indicativo de que esse horizonte é o menos intemperizado. Os horizontes RQ e RL mostraram pouca variação de cor e dos índices de intemperismo.

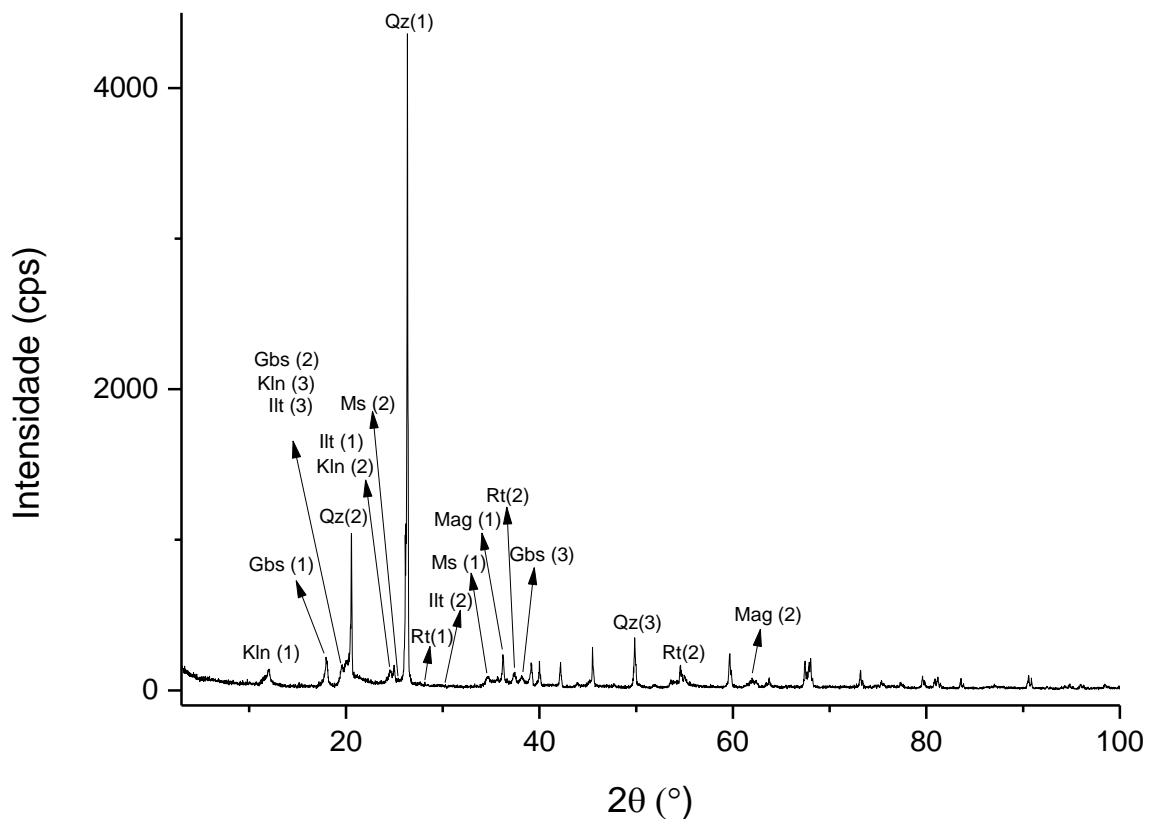
Tabela 1: Composição química dos Neossolos em porcentagem de massa e índices de intemperismo Ki, Kr e Kf.

Horizonte	Composição química em porcentagem de massa					Índices de intemperismo		
	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	K ₂ O (%)	TiO ₂ (%)	Ki	Kr	Kf
RY A	20,3(1)	73,8(3)	1,78(9)	1,56(9)	2,0(2)	6,19	5,86	17,88
RY C1	28,9(4)	63,7(3)	1,68(5)	2,37(6)	2,4(3)	3,75	3,61	27,06
RY C2	34,6(4)	57,7(6)	1,8(1)	2,00(4)	2,6(1)	2,85	2,76	29,44
RY C/R	4(3)	95(3)	0,11(1)	0,14(6)	0,3(5)	38,40	37,79	61,86
RQ A	31,50(5)	60,40(8)	3,62(2)	1,05(1)	2,66(8)	3,26	3,04	13,66
RQ AC	31,20(5)	60,60(8)	3,58(2)	1,04(2)	2,78(7)	3,30	3,08	13,68
RQ CA	29,50(5)	62,90(9)	3,36(2)	0,95(1)	2,8(1)	3,62	3,38	13,78
RQ C1	32,90(5)	59,00(9)	3,66(2)	1,05(2)	2,85(8)	3,05	2,85	14,11
RQ C2	32,51(5)	59,16(9)	3,55(1)	1,00(2)	3,27(8)	3,09	2,89	14,38
RL A	23,74(5)	67,8(1)	2,42(1)	2,77(3)	2,35(8)	4,85	4,56	15,40
RL B	26,87(5)	63,87(5)	3,38(2)	3,24(1)	1,78(8)	4,02	3,72	12,48
RL C	31,64(6)	58,50(9)	3,20(2)	3,81(2)	1,71(9)	3,14	2,95	15,54

Fonte: Os autores

No trabalho de Yanagusiawa (2019) os principais minerais identificados de forma qualitativa, nos horizontes do NY foram: caulinita, gibbsita muscovita, illita, quartzo, rutilio e magnetita. E os horizontes do RQ e do RL apresentaram os mesmos minerais predominantes. A Figura 1 apresenta somente o difratograma da TFSA do horizonte A do solo RQ, uma vez que em todos os outros horizontes analisados, foram identificados os mesmos minerais.

Figura 1: Difratoograma da TFSA do horizonte A do solo RQ,



Nota: Kln=caulinita, Gbs=gibssita; Illt=ilita; Ms=muscovita; Mag=magnetita; Rt=rutílio; Qz=quartzo

Fonte: Os autores

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os mesmos minerais estão presentes nos diferentes perfis e horizontes por serem perfis de Neossolos e oriundos de uma mesma topossequência.

De forma geral os índices de intemperismo K_i , K_r e K_f apresentam valores altos, sendo coerente quando se trata de Neossolos que são solos com pouco desenvolvimento genético.



REFERÊNCIAS

Yanaguisawa, V. A. (2009). **Caracterização mineralógica de um Neossolo Flúvico por técnicas de espectroscopia, microscopia e difração de raio X**. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.

Correchel, V. (2003). **Avaliação de índices de erodibilidade do solo através da técnica da análise da redistribuição do “fallout” do ^{137}Cs** . Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A., & Teixeira, W. G. (2017). **Manual de métodos de análise de solo**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Brasília.

dos Santos, H. G.; Jacomina, P. K. T.; Anjos, L. H. C. dos; Oliveira, V. A. de; Lumbreras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A. de; de Araújo Filho, J. C.; de Oliveira, J. B.; & Cunha, T. J. F. (2018). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Brasília.

MODELO DE PREDACÃO CAÓTICO COM PRESA INFECTADA

Fátima Elis Cruziniani - Graduanda no curso de Bacharelado em Física da UEPG

Ana Luiza Rodrigues de Moraes - Graduanda no curso de Bacharelado em Física da UEPG

Diogo Leonai Marques de Souza - Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ciências/Física da UEPG

Lucas Eduardo Bentivoglio - Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ciências/Física da UEPG

Enrique Chipicoski Gabrick - Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ciências/Física da UEPG

Antonio Marcos Batista - Professor do Departamento de Matemática e Estatística da UEPG

fatimaeliscruziniani@gmail.com

RESUMO

Ecosistemas são repletos de ruídos e comportamentos complexos, bem como epidemias e epizootias. Em situações como essas, torna-se plausível procurar por caos. Neste trabalho, estudamos um modelo matemático que descreve as interações entre uma espécie de predador e duas espécies de presa, onde uma doença infecta uma das espécies de presa. Sistemas duas-presas-predador possuem maior potencial de se aproximarem com mais eficácia da dinâmica presente em ecossistemas reais do que sistemas que são constituídos de apenas uma espécie de presa. Para uma ampla variedade de parâmetros, comportamentos caóticos são observados. Ao alterar os valores desses parâmetros, situações endêmicas e livres de doença são possíveis de serem simuladas através deste modelo. Mesmo atribuindo severas simplificações para a modelagem deste sistema, soluções complexas são observadas.

Palavras-chave: epidemiologia; caos; modelo matemático; presa-predador.

INTRODUÇÃO

A epidemiologia ecológica é o estudo das doenças infecciosas, das interações entre hospedeiros e seus patógenos, assim como doenças em humanos e animais. Trata-se de um reconhecimento de que a dinâmica do parasita e as populações hospedeiras podem interagir, podendo variar substancialmente em tamanho e também nos efeitos dos parasitas sobre a dinâmica dos organismos infectados [1].

Modelos matemáticos têm se tornado uma ferramenta extremamente importante para compreender e analisar a transmissão e o controle de doenças infecciosas [2]. Neste trabalho, estudamos um modelo matemático, proposto por Eilersen et al. [3], composto por uma espécie de predador e duas espécies de presa, onde uma espécie de presa é infectada por uma doença. Este trabalho tem por objetivo analisar os diferentes tipos de comportamentos que esse modelo pode apresentar, tais como dinâmicas caóticas, e assim investigar a relação entre caos e a imprevisibilidade de epizootias.

MÉTODO

Neste trabalho, estudamos um modelo matemático que descreve as interações de um sistema composto de uma espécie de predador (Z), uma espécie de presa que é acometida por uma doença (X) e uma espécie de presa imune (Y). É considerado que essa doença é totalmente fatal. Assim, os indivíduos da espécie X são divididos em duas classes: presas suscetíveis (X_s) e presas infectadas (X_i). Esse sistema é representado pelas seguintes equações diferenciais:

$$\begin{aligned}\frac{dX_s}{dT} &= \alpha_x X_s - \beta X_s X_i - \varepsilon_x X_s Z, \\ \frac{dX_i}{dT} &= \beta X_s X_i - \varepsilon_x X_i Z - \gamma X_i, \\ \frac{dY}{dT} &= \alpha_y Y - \varepsilon_y Y Z, \\ \frac{dZ}{dT} &= \eta_x (X_s + X_i) Z + \eta_y Y Z - \delta Z,\end{aligned}$$

onde $\alpha_{x,y}$ são as taxas de reprodução das espécies de presas X e Y , β é o coeficiente de infecção da doença, γ é a taxa de mortalidade dos indivíduos infectados, $\varepsilon_{x,y}$ são as taxas individuais de presas X e Y sendo capturadas pelo predador, $\eta_{x,y}$ são as taxas de reprodução do predador por comer as espécies de presas X e Y e δ é a taxa de inanição do predador na ausência de presas.

Reescrevemos o sistema de equações de modo a reduzir o número de parâmetros e atribuir uma escala de tempo e populações características que refletem a dinâmica do sistema. Consideramos que $T \equiv \gamma t$. Portanto, a nova escala de tempo corresponde ao tempo de vida da doença. As populações são redimensionalizadas de acordo com

$$x_s \equiv \frac{\eta_x}{\delta} X_s, \quad x_i \equiv \frac{\eta_x}{\delta} X_i, \quad y \equiv \frac{\eta_y}{\delta} Y \quad \text{e} \quad z \equiv \frac{\varepsilon_x}{\alpha_x} Z.$$

Assim, o novo sistema de equações é dado por

$$\frac{dx_s}{dt} = ax_s - Rx_s x_i - ax_s z,$$

$$\frac{dx_i}{dt} = Rx_s x_i - ax_i z - x_i,$$

$$\frac{dy}{dt} = by - acyz,$$

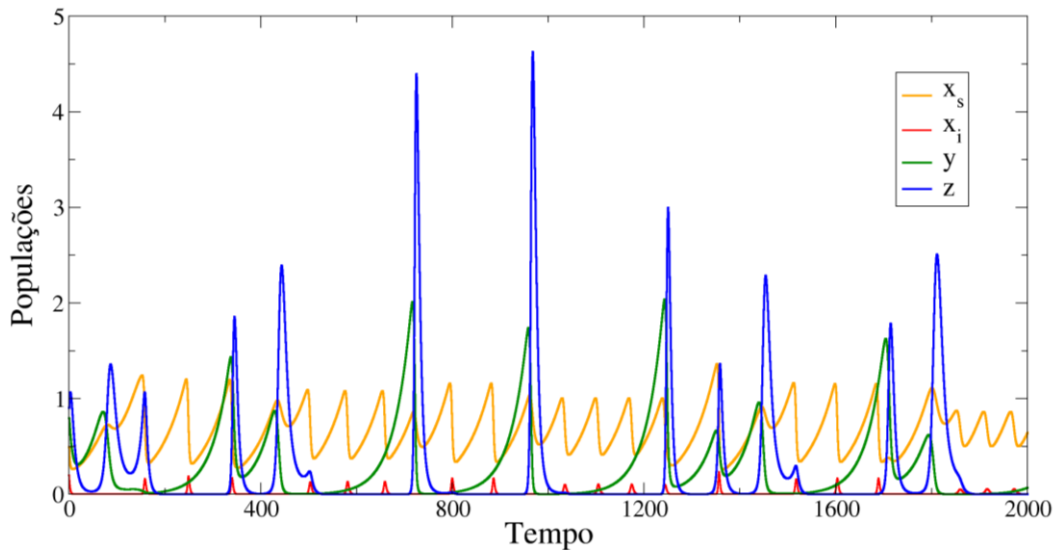
$$\frac{dz}{dt} = d(x_s + x_i + y)z - dz,$$

onde $a \equiv \alpha_x/\gamma$, $b \equiv \alpha_y/\gamma$, $c \equiv \varepsilon_y/\gamma$, $d \equiv \delta/\gamma$ e $R \equiv \beta\delta/\gamma\eta_x$ são os novos parâmetros adimensionais escritos como combinações dos parâmetros anteriores. Realizamos simulações numéricas utilizando o método de Runge-Kutta de quarta ordem a fim de obter nossas soluções.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 1, observamos a evolução temporal das populações de presas e predador. Observamos a coexistência de todas as populações e que seu comportamento é caótico.

Figura 1 – Solução caótica para a evolução temporal das espécies.



Fonte: Os Autores

Os valores dos parâmetros utilizados são $a = 0,0175$, $b = 0,0281$, $c = 6,666$, $d = 0,3043$ e $R = 1,5$, com a condição inicial $x_s(0) = 0,5$, $x_i(0) = 0,2$, $y(0) = 0,8$ e $z(0) = 0,9$. A população de presas infectadas, por mais que venha a atingir valores muito baixos e mesmo desaparecer momentaneamente, acaba ressurgindo em um período posterior. Isso pode ser interpretado como uma representação local da dinâmica entre as populações, onde a doença acaba sumindo de maneira local, porém persiste de maneira global.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo apresentado nesse trabalho é capaz de descrever o comportamento dinâmico de uma doença infecciosa em uma população de presas. Dinâmicas caóticas são plausíveis em ecossistemas com três ou mais espécies, onde uma destas é vulnerável a um patógeno. Com isso, vemos que a imprevisibilidade de epizootias pode estar relacionada com dinâmicas caóticas.



REFERÊNCIAS

[1] BEGON, M. II. 9 Ecological Epidemiology. In: LEVIN, S. **The Princeton Guide to Ecology**. New Jersey: Princeton University Press, 2009. p. 220-226.

[2] DAS, K. P.; SAMANTA, S.; BISWAS, B.; CHATTOPADHYAY, J. Occurrence of chaos and its possible control in a predator-prey model with disease in the predator population. **The Journal of Ecology**, v. 108, p. 306-319, 2013.

[3] EILERSEN, A.; JENSEN, M. H.; SNEPPEN, K. Chaos in disease outbreaks among prey. **Scientific Reports**, v. 10, n. 3907, 2020.



16 a 18 de novembro de 2023

EFEITO DAS CORRENTES DE POTÁSSIO LENTO E CÁLCIO NA DINÂMICA DO DISPARO NEURONAL

Lucas Eduardo Bentivoglio (UEPG)

Diogo Leonai Marques de Souza (UEPG)

Fernando da Silva Borges (SUNY, UEPG)

Paulo Ricardo Protachevicz (PIK)

Fátima Elis Cruziniani (UEPG)

Patrício Dias Cardoso dos Reis (UEPG)

Conrado Ferreira Bittencourt (UEPG)

Enrique Chipicoski Gabrick (PIK)

José Danilo Szezech Junior (UEPG)

Antonio Marcos Batista (UEPG)

lucas16edu@gmail.com

RESUMO

Os canais iônicos desempenham um papel importante no comportamento dinâmico neuronal. Cada canal presente na membrana neuronal contribui de diferentes formas para gerar o potencial de ação. Neste trabalho, utilizamos o modelo matemático de Hodgkin-Huxley para simular o comportamento dinâmico de um neurônio e de uma rede neuronal com o objetivo de compreender o efeito dos canais iônicos de potássio lento e cálcio de baixo e alto limiar. Nossas principais conclusões destacam como as características dinâmicas e biofísicas das correntes de potássio e cálcio em redes promovem transições biestáveis. Nossas simulações indicam que o controle de certos canais iônicos por meio de intervenções farmacológicas podem ser uma forma eficiente para impedir o aparecimento de comportamento altamente sincronizado da rede neuronal.

Palavras-chave: Neurônio, Rede neuronal, Sincronização.

16 a 18 de novembro de 2023

INTRODUÇÃO

O modelo Hodgkin-Huxley (HH), proposto em 1952, proporcionou a compreensão das propriedades elétricas do comportamento neuronal ao considerar a biofísica da troca de cargas pelos canais iônicos de sódio e potássio [1].

Este estudo utiliza o modelo HH para investigar o comportamento dinâmico de neurônios individuais e redes neuronais frente a diferentes correntes e condutâncias iônicas com o objetivo de investigar o impacto destas como um mecanismo adaptativo que possibilita o surgimento da sincronização em rajadas de disparo. Para isso, além dos canais iônicos de sódio (Na^+) e potássio (K^+), foram incorporados os canais de potássio lento e cálcio de baixo e alto limiar [2].

Em um único neurônio, observamos que a corrente de potássio lento (I_M) atua como um adaptador da frequência de disparos neuronais. Avaliando as correntes de cálcio de baixo limiar (I_L) e de alto limiar (I_T), inferimos que variações nas condutâncias de cálcio de baixo limiar (g_L) produzem transições de disparos, e a combinação específica da condutância de cálcio de alto limiar (g_T) com a condutância do canal de potássio lento (g_M) gera padrões de trens de disparos regulares [1].

MÉTODO

O modelo matemático utilizado neste trabalho é baseado na condutância de um neurônio cortical [3], no qual o potencial da membrana (V) é descrito por:

$$C_m \frac{dv^i}{dt} = -g_l(V_i - E_l) - I_{iônica}^i + I_{sin}^i + \frac{I}{A}, \quad 1$$

onde C_m é a condutância da membrana neuronal, g_l é a condutância dos demais canais iônicos, E_l é o potencial reverso dos demais canais iônicos, $I_{iônica}^i$ é a soma das correntes iônicas, I_{sin}^i é a corrente sináptica, I é o estímulo externo e A é a área do neurônio.

A soma das correntes iônicas é dada por:

16 a 18 de novembro de 2023

$$I_{iônica} = I_{Na} + I_K + I_M + I_L + I_T, \quad 2$$

onde I_{Na} e I_K são as correntes iônicas de sódio e potássio padrão do modelo HH [4], I_M é a corrente iônica de potássio lento, I_L e I_T são, respectivamente, as correntes iônicas de alto e baixo limiar. Para estudar a transição de disparos utilizamos o cálculo do coeficiente de variação CV [2]. Para verificar a sincronização utilizamos o parâmetro de ordem de Kuramoto [2].

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através de medidas usuais como frequência de disparos (F) e coeficiente de variação (CV), avaliamos que, em um único neurônio, a corrente de potássio lento (I_M) atua como um adaptador da frequência de disparos neuronais, enquanto as correntes de cálcio de baixo limiar (I_L) e de alto limiar (I_T) não apresentam grande influência em F . Analisando o coeficiente de variação (CV), inferimos que variações nas condutâncias de cálcio de baixo limiar produzem transições de disparos, e a combinação específica de cálcio de alto limiar com potássio lento gera padrões de trens de disparos regulares.

Ao estudar o comportamento de redes neuronais, observamos padrões dinâmicos altamente sincronizados em atividades de rajadas para diferentes valores de acoplamento sináptico (g_{sin}) e correntes externas (I). Notamos que a corrente I_M contribui para o desenvolvimento de atividades altamente sincronizadas, induzindo a transição de padrões de disparo para rajadas de disparo, caracterizada por uma biestabilidade entre estados assíncronos fisiológicos e sincronização patológica em rajadas. Além disso, observamos que altas condutâncias I_L levam a rajadas síncronas em redes fracamente acopladas com maior entrada externa, enquanto o aumento da condutância I_T resulta no efeito oposto.



16 a 18 de novembro de 2023

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, utilizando o modelo HH, mostramos a influência de diferentes correntes e condutâncias iônicas no comportamento dinâmico do potencial de ação da membrana neuronal. Esses resultados apontam como as propriedades dinâmicas e biofísicas das correntes de potássio e cálcio lentas promovem transições biestáveis, sugerindo para possíveis alvos farmacológicos para modular a sincronização em redes neuronais.



16 a 18 de novembro de 2023

REFERÊNCIAS

- [1] HODGKIN, A. L.; HUXLEY, A. F. A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve. **The Journal of Physiology**, [S. l.], v. 117, n. 4, p. 500 - 544, 10 mar. 1952.
- [2] BORGES, F. S. et al. The Roles of Potassium and Calcium Currents in the Bistable Firing Transition. **Brain Sciences**, v. 13, n. 9, p. 1347–1347, 20 set. 2023.
- [3] POSPISCHIL, M. et al. Minimal Hodgkin–Huxley type models for different classes of cortical and thalamic neurons. **Biological cybernetic** v. 99, n. 4-5, p. 427–441, 1 nov. 2008.
- [4] PROTACHEVICZ, P. R. et al. Bistable Firing Pattern in a Neural Network Model. **Frontiers in Computational Neuroscience**, v. 13, 5 abr. 2019.



16 a 18 de novembro de 2023

ANÁLISE DE CURVAS DE LUZ E VELOCIDADES RADIAIS DO CANDIDATO A EXOPLANETA CoRoT 104848249

Raylan Ari Prestes (UEPG)

Marcelo Emilio (UEPG)

20004205@uepg.br

RESUMO

Neste trabalho fizemos a combinação dos dados de fotometria do CoRoT e espectroscopia (espectrógrafos Sophie e HARPS) para calcular os parâmetros planetários e assim confirmar o candidato a exoplaneta CoRoT 104848249. A caracterização é feita através da modelagem da curva de luz para a obtenção de parâmetros como o período orbital, inclinação e a razão entre os raios juntamente com a modelagem das velocidades radiais para se obter as massas mínimas e semi-amplitude do sistema. Neste trabalho foi possível a confirmação de um novo sistema planetário com pelo menos um Júpiter Quente, o CoRoT 104848249-b com massa real $M_b = 3,75 \pm 0,4 M_J$ e período $P_b = 5,7059 \pm 0,0026$ dias, e um segundo companheiro, o CoRoT 104848249-c com massa mínima $M_{c, \text{sen}(i)} = 2,6 \pm 0,93 M_J$ e período $P_c = 12,709 \pm 0,00025$ dias.

Palavras-chave: CoRoT, fotometria, espectroscopia, sistemas planetários.

16 a 18 de novembro de 2023

INTRODUÇÃO

A missão CoRoT possibilitou a confirmação de 34 exoplanetas durante seus 6 anos de operação (Bouffleur, 2018). Com fim em 2013 a missão deixou para trás uma imensa quantidade de dados de fotometria para milhões de objetos celestiais, a maioria destes contendo informações de trânsito planetário e estelar. Pela análise conjunta destes dados e das velocidades radiais derivadas dos espectros do HARPS e do Sophie é possível fazer o cálculo da maioria dos parâmetros orbitais (PERRYMAN, 2018) do sistema CoRoT 104848249, assim permitindo a confirmação de exoplanetas.

MÉTODO

A modelagem da curva de luz foi feita através de considerações geométricas em relação ao trânsito. O modelo sintético é construído através do pacote batman (Bad-Ass Transit Model cAlculaTioN) (Kreidberg, 2015) pela integração de um perfil de luminosidade radial sobre uma diferencial de área relacionada ao disco do planeta que transita sobre a estrela (eq.1). Utilizamos também o modelo de escurecimento de limbo quadrático proposto por Claret (2000) (eq.2).

$$F(p, z) = \left[\int_0^1 I(r) 2r dr \right]^{-1} \int_0^1 I(r) dr \frac{d \left[F \left(\frac{p}{r}, \frac{z}{r} \right) r^2 \right]}{dr}; \quad (1)$$

$$I(r) = I_0 [1 - c_1(1 - \mu) - c_2(1 - \mu)^2]; \quad (2)$$

O modelo geral para as velocidades radiais, de onde pode ser derivada a relação entre a semi-amplitude e a massa mínima do planeta (derivadas da 3ª Lei de Kepler) é dado por Perryman (2018) (eq. 3):

$$v_r = K [\cos \omega + \nu + e \cos \omega]; \quad (3)$$

Este modelo foi construído através do pacote Radvel (The Radial Velocity Toolkit) de Fulton et al. (2018). Todos os parâmetros foram calculados a partir da construção de uma função de verossimilhança conjunta entre os dados de fotometria e velocidades

16 a 18 de novembro de 2023

radiais que é relacionada a uma probabilidade posterior pelo teorema de Bayes. Esta probabilidade é maximizada através do método simplex Nelder-Mead pela implementação de Gao e Han (2012). A inferência das incertezas é feita através do método MCMC (Monte Carlo por Cadeias de Markov), mais especificamente o algoritmo Metropolis-Hastings como implementado por Mackay (2003) no pacote `scipy`.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os parâmetros calculados com base na consideração da presença de dois exoplanetas com órbitas altamente excêntricas estão expostos na Tabela 1. O melhor modelo de curva de luz é mostrado juntamente com o seu resíduo na Figura 1, enquanto os modelos individuais de velocidades radiais para o planeta CoRoT 104848249-b e seu companheiro CoRoT 104848249-c são apresentados na Figura 2.

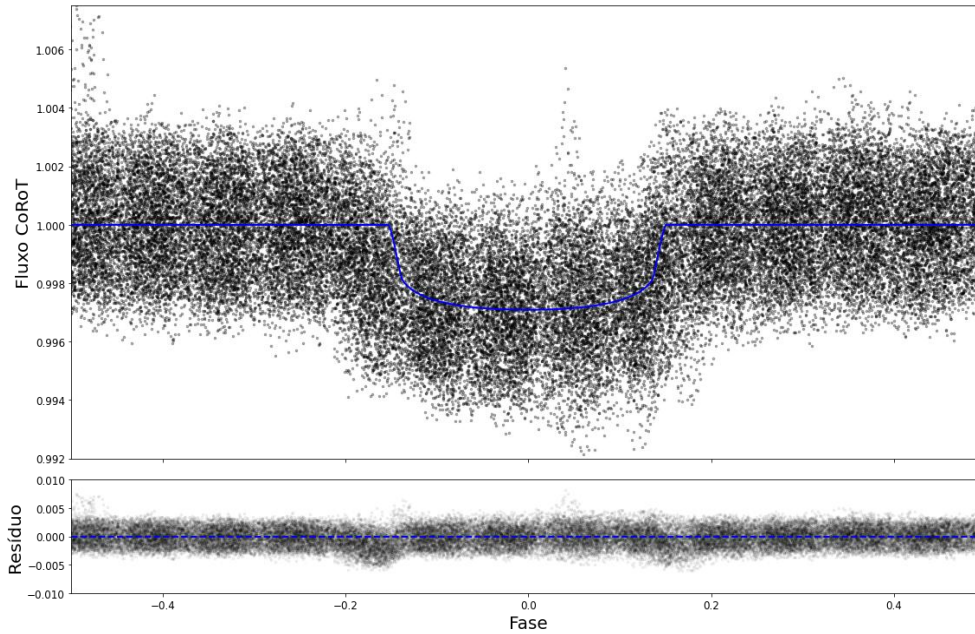
Tabela 1: Parâmetros que descrevem os modelos finais para o sistema planetário CoRoT 104848249.

Parâmetro	Unidade	104848249-b	104848249-c
T_c	Tempo de trânsito (BJD)	$24055303,91 \pm 0,01$	$2455243,34 \pm 0,15$
P	Período ($dias$)	$5,7059 \pm 0,0026$	$12,709 \pm 0,00025$
R_p	Raio (R_J)	$0,587 \pm 0,023$	
i	Inclinação ($^\circ$)	$87,7 \pm 0,8$	
e	Excentricidade	$0,522 \pm 0,036$	0.718 ± 0.049
a	Semi-eixo (AU)	$0,026 \pm 0,0033$	
K	Semi-amplitude m/s	429 ± 37	290 ± 30
$M \text{ sen } i$	Massa mínima (M_J)	$3,747 \pm 0,4$	$2,60 \pm 0,93$

Fonte: O Autor.

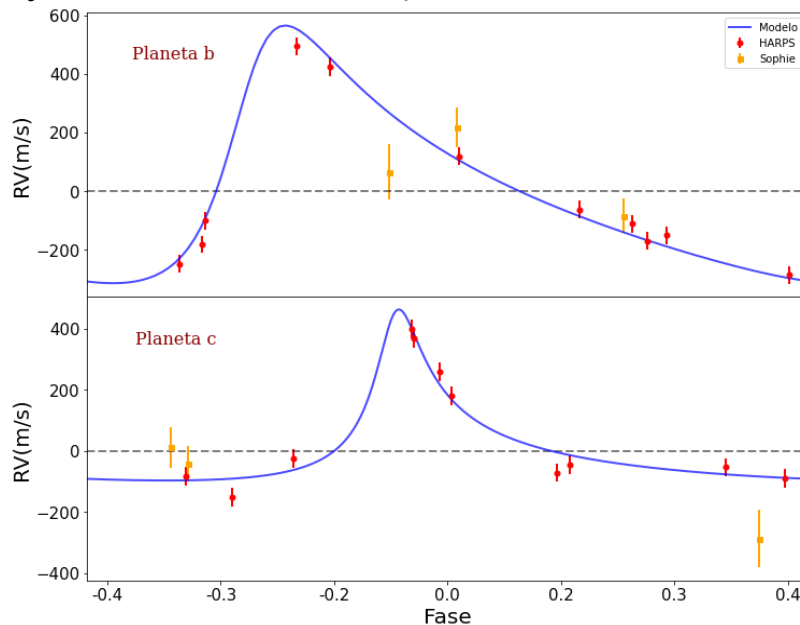
Figura 1: Melhor modelo de curva de luz dobrada em fase sobre o período de $P_b = 5,7059 \pm 0,0026$ dias.

16 a 18 de novembro de 2023



Fonte: O Autor.

Figura 2: Melhores modelos de velocidades radiais considerando a contribuição individual de cada planeta sobre a velocidade radial total da estrela CoRoT 104848249. Estes modelos são dobrados em fase para os períodos $P_b = 5,7059 \pm 0,0026$ dias e $P_c = 12,709 \pm 0,00025$ dias respectivamente.



Fonte: O Autor.

16 a 18 de novembro de 2023

Nesta modelagem foi possível identificar de maneira clara a presença de dois objetos com massas mínimas planetárias. Para o objeto CoRoT 104848249-b é possível calcular a massa real a partir da massa mínima da Tabela 1, devido ao fato que este planeta apresenta um sinal característico de trânsito para o qual é possível obter a inclinação da órbita i , assim temos $M_b = 3,75 \pm 0,4 M_J$. Para o objeto CoRoT 104848249-c, não é possível o cálculo da massa real porque este objeto não apresenta sinal de trânsito, somente de velocidades radiais. No entanto, podemos considerar que a massa deste objeto é de ordem planetária, ou seja, $M_c < 13M_J$ se sua inclinação estiver entre $12^\circ \leq i \leq 90^\circ$. O planeta CoRoT 104848249-b pode ser classificado como um componente da classe dos Júpiteres Quentes, estes são planetas semelhantes a Júpiter com períodos muito curtos e consequentemente órbitas muito próximas à estrela hospedeira com altas temperaturas de equilíbrio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi possível a confirmação de um novo sistema planetário ao redor da estrela CoRoT 104848249, com a presença de pelo menos um Júpiter Quente com período de $P_b = 5,7059 \pm 0,0026$ dias e massa $M_b = 3,75 \pm 0,4 M_J$. Foi observada ainda a presença de um segundo companheiro com massa mínima de ordem planetária $M_c \sin(i) = 2,6 \pm 0,93 M_J$ e período de $P_c = 12,709 \pm 0,00025$ dias. Ambos apresentam órbitas altamente excêntricas.



16 a 18 de novembro de 2023

REFERÊNCIAS

BOUFLEUR, R. C. **Procura de exoplanetas em curvas de luz cromáticas do satélite corot.** Observatório Nacional, 2017.

CLARET, A. A new non-linear limb-darkening law for LTE stellar atmosphere models. calculations for $-5.0 \leq \log [m/h] \leq +1$, $2000 \text{ K} \leq T_{\text{eff}} \leq 50000 \text{ K}$ at several surface gravities. **Astronomy and Astrophysics**, v. 363, p. 1081-1190 (2000), v. 363, p. 1081-1190, 2000.

FULTON, B. J. et al. Radvel: The radial velocity modeling toolkit. Publications of the Astronomical Society of the Pacific, **The Astronomical Society of the Pacific**, v. 130, n. 986, p. 044504, mar 2018. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1088/1538-3873/aaaaa8>>.

GAO, F.; HAN, L. Implementing the nelder-mead simplex algorithm with adaptive parameters. **Computational Optimization and Applications**, v. 51, n. 1, p. 259-277, Jan 2012. ISSN 1573-2894. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10589-010-9329-3>>.

KREIDBERG, L. batman: basic transit model calculation in python. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, IOP Publishing, v. 127, n. 957, p. 1161, 2015.

MACKAY, D. J. **Information theory, inference and learning algorithms.** [S.l.]: Cambridge university press, 2003.

PERRYMAN, M. **The exoplanet handbook.** [S.l.]: Cambridge university press, 2018.



16 a 18 de novembro de 2023

ESTUDO DA DINÂMICA DE DOENÇAS INFECCIOSAS PARA O MODELO “SI”

Gustavo Alexandre de Sousa, Graduando do curso Bacharelado em Física - UEPG.

Enrique Chipicoski Gabrick, Doutorando em Ciências/Física - UEPG..

Diogo Leonai Marques de Souza, Mestrando em Ciências/Física - UEPG..

Lucas Eduardo Bentivoglio, Mestrando em Ciências/Física - UEPG.

Fátima Elis Cruziniani, Graduanda do curso Bacharelado em Física - UEPG.

*Antonio Marcos Batista, Professor do Departamento de Matemática e Estatística -
UEPG.*

alexand.gustav@gmail.com

RESUMO

A epidemiologia é um ramo do conhecimento que estuda a dinâmica de doenças infecciosas provocadas por micro-organismos patogênicos. Existem diversos modelos matemáticos capazes de reproduzir a dinâmica de propagação de doenças. Neste trabalho, estudamos o modelo SI e apresentamos uma aplicabilidade para a representação dos dados da AIDS em Bangladesh. O modelo SI é baseado em compartimentos nos quais cada seção contém indivíduos e que são subdivididos de acordo com o estágio da infecção, que são: suscetível e infectado. O modelo inclui elementos de complexidade biológica, os quais levam a compreensão das dinâmicas de propagação das patologias, bem como estratégias de controle. A ênfase deste trabalho está na apresentação do modelo matemático SI e suas interpretações.

Palavras-chave: Modelo compartimentais; Simulação computacional; Doenças infecciosas.

16 a 18 de novembro de 2023

INTRODUÇÃO

Modelos epidemiológicos vêm sendo utilizados para descrever a dinâmica da proliferação de doenças infecciosas. O modelo SI é um dos modelos mais simples em epidemiologia (HETHCOTE, 1989). Os compartimentos para esse modelo são suscetível (S) e infectado (I). O compartimento S representa a classe de indivíduos que podem ser infectados através de contágio por microrganismo patogênico. Os indivíduos que compõem o compartimento I são os indivíduos responsáveis pela disseminação da infecção, ou seja, indivíduos infecciosos (BATISTA et al., 2021).

MÉTODO

O modelo SI é descrito por meio das seguintes equações diferenciais ordinárias:

$$\frac{dS}{dt} = -\beta \frac{SI}{N}, \quad (1)$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta \frac{SI}{N}. \quad (2)$$

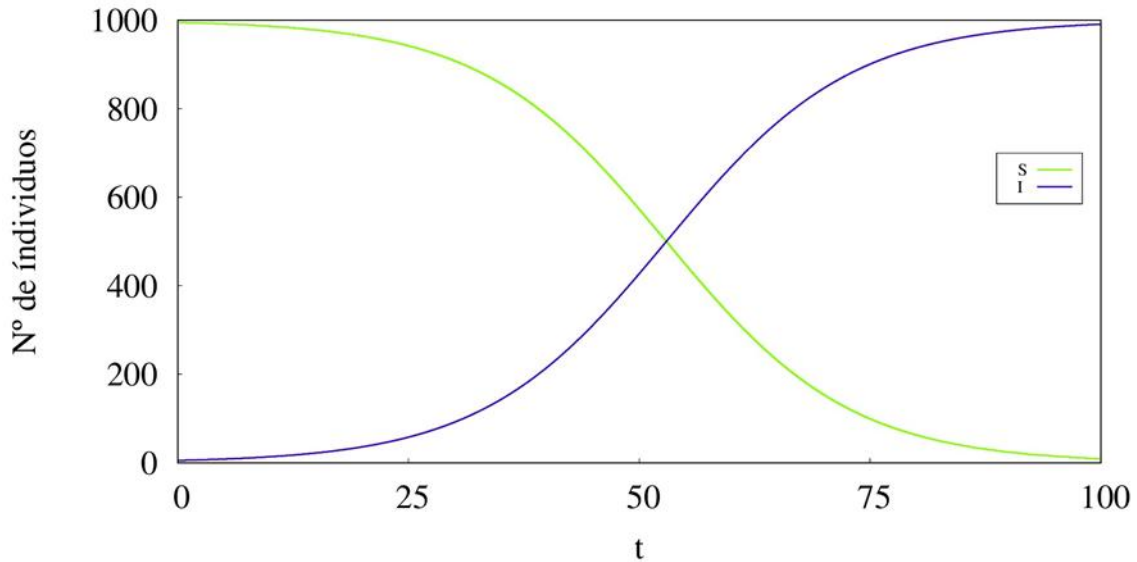
onde β é a taxa de infecção, S são os indivíduos suscetíveis, I é o número de indivíduos infectados e N é a população total.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 apresenta 1000 indivíduos com as curvas suscetível e infectado, sendo obtidas numericamente pelo método de Runge-Kutta de quarta ordem. Os indivíduos do compartimento suscetível vão de maneira progressiva para o compartimento dos infectados com uma taxa de infecção β , ocorrendo uma diminuição do número de indivíduos da classe suscetível para a infectada. A solução de equilíbrio ocorre quando o compartimento do suscetível é esgotado.

16 a 18 de novembro de 2023

Figura 1. Evolução temporal de S (linha verde) por I (linha azul) para $N = 1000$, $S(0) = 995$, $I(0) = 5$ e $\beta = 0,1$.



Fonte: os autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, apresentamos o modelo matemático SI utilizado para a descrição de comportamentos dinâmicos em epidemias. O modelo descreve indivíduos separados através de compartimentos, suscetível (S) e infectado (I). Os números de indivíduos nos compartimentos dependem das taxas de transferências entre os compartimentos. Esse modelo auxilia na previsão do número de indivíduos em cada classe.



16 a 18 de novembro de 2023

REFERÊNCIAS

BATISTA, Antonio M. et al. Simulation of deterministic compartmental models for infectious diseases dynamics. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, 2021.

HETHCOTE, Herbert W. **Three basic epidemiological models**. Applied mathematical ecology, 1989.



16 a 18 de novembro de 2023

PROPRIEDADES ELÉTRICAS DE VIDROS FOSFATOS COM ADIÇÃO DE ÓXIDO DE TÂNTALO

Gabriela Kobelnik Martins - Universidade Estadual de Ponta Grossa

Roni Alisson Silva - Universidade Estadual de Ponta Grossa

Gislene Batista - Universidade Federal de Alfenas

Fábia Castro Cassanjes - Universidade Federal de Alfenas

Gael Yves Poirier - Universidade Federal de Alfenas

Ana Candida Martins Rodrigues - Universidade Federal de São Carlos

Vinicius Martins Zallocco - Universidade Federal de São Carlos

João Vitor Campos - Universidade Federal de São Carlos

Francisco Carlos Serbena - Universidade Estadual de Ponta Grossa

Gabriela Kobelnik Martins - Universidade Estadual de Ponta Grossa

21001005@uepg.br

RESUMO

As propriedades elétricas de vidros fosfatos com adição de óxido de tântalo no sistema binário $(100-x)\text{NaPO}_3-x\text{Ta}_2\text{O}_5$ em que x variou de 20% a 50 mol%, foram caracterizadas. Ensaio de impedância elétrica em função da temperatura foram realizados para a obtenção da energia de ativação para a condução iônica. Foi observado que a adição de óxido de tântalo em até 30% promove uma diminuição da energia de ativação e aumento da condutividade iônica. Um aumento posterior de óxido de tântalo provoca o aumento da energia de ativação e uma menor condutividade iônica.

Palavras-chave: vidro, fosfato, tântalo, condutividade.

16 a 18 de novembro de 2023

INTRODUÇÃO

Os vidros são um estado condensado da matéria, sendo utilizado desde os tempos antigos aos dias de hoje. Uma das suas principais características é sua transparência. Sua estrutura amorfa decorre do seu estado superresfriado partir do estado líquido. Nesse estudo trataremos de vidros fosfatos com adição de tântalo, ou seja, vidros que possuem em sua composição tetraedros PO_4 . As características notáveis dessa composição segundo Maéstri (2018) se dá pela possibilidade de adicionar altas quantidades de substâncias de alguns óxidos metálicos de transição alcalina e com capacidade de formar vidros.

A condutividade elétrica refere-se a passagem de uma corrente no meio material, sendo esse a condução elétrica, que se caracteriza pela condutividade σ . No vidro, a condutividade elétrica é dependente da temperatura por conta do material iônico, dada pela equação de Arrhenius, para a obtenção da condutividade:

$$\sigma = \sigma_0 \exp\left(\frac{-EA}{k_B T}\right) \quad (1)$$

onde, aparecem os parâmetros de termo pré-exponencial (σ_0), constante de Boltzmann (k_B), temperatura (T) e energia de ativação (EA). A energia de ativação é uma barreira de energia que pode ser medido através da medida da condutividade elétrica em função da temperatura.

MÉTODO

- Preparação de vidros de fosfato de sódio ($NaPO_3$) com adição de óxido de tântalo

(Ta_2O_5), na composição $(100 - x)NaPO_3 - xTa_2O_5$, com x variando de 20 a 50%.

- Preparo por fusão e resfriamento.
- Frações de adição de Ta_2O_5 em 20%, 30%, 40%, 47.5% e 50% em mol.
- Após polimento, realizou-se deposição de ouro para um bom contato para a medida de condutividade iônica por 30 min.

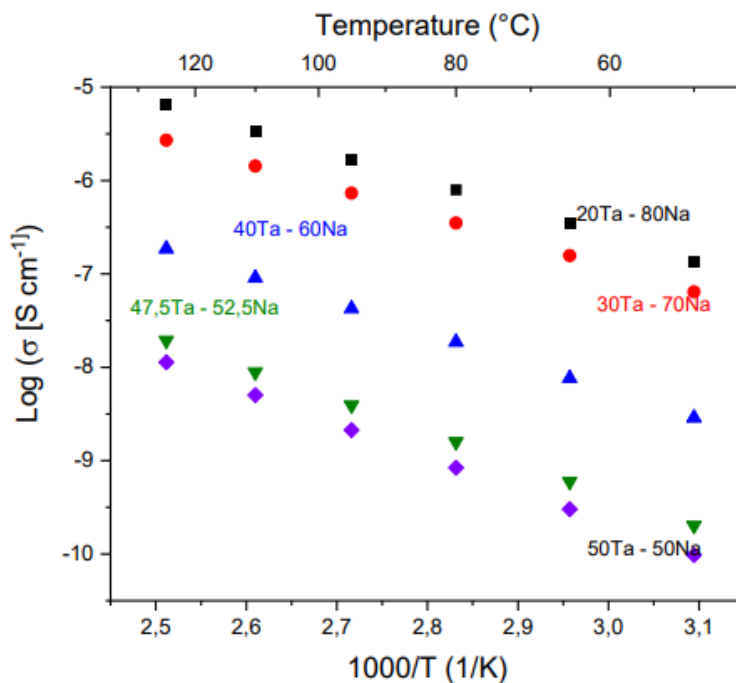
16 a 18 de novembro de 2023

- Para a medição de impedância elétrica, as amostras foram submetidas a temperaturas de 50, 65, 80, 95, 110 e 125°C.
- A condutividade foi medida através de espectroscopia de impedância elétrica.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As propriedades elétricas do sistema vítreo em estudo é apresentado na Figura 1. Conforme os dados obtidos pelo gráfico de Arrhenius, foi observado que a inserção de óxido de tântalo até 30% promove uma diminuição da energia de ativação e aumento da condutividade iônica, por conseguinte se aumentar a inserção de óxido de tântalo ocorre o contrário, um aumento da energia de ativação e menor condutividade iônica.

Figura 1: Gráfico de Arrhenius da condutividade elétrica para vidros de $(100 - x)NaPO_3 - xTa_2O_5$,



Fonte: Os autores



16 a 18 de novembro de 2023

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi observado que em vidros fosfatos com adição de óxido de tântalo, a energia da condutividade iônica decresce para concentrações de até 30%. Para concentrações maiores, a energia de ativação aumenta.



16 a 18 de novembro de 2023

REFERÊNCIAS

MAÉSTRI, Sérgio Alexandre. **Vidros e vitrocerâmicas no sistema binário $\text{NaPO}_3 - \text{Ta}_2\text{O}_5$** . 2018. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais), Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, MG, 2018.

BOSSA, T. H. S.; MORA, N. D.; LUCAS, J. F. R. **Estudo Da Cristalização Superficial E Condutividade Elétrica De Vidros De Isoladores HVDC Dopados**. Disponível em: <<http://www.foz.unioeste.br/~lamat/publicvidros/vidrocrict2007.pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2023.

PO, A. A. **Condutividade Iônica E Atividade Termodinâmica Em Vidros X**. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/901/5392.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 2 nov. 2023.

MOJUMDAR, S. C. et al. NaPO_3 Glass surface crystallization studies by the light transmittance thermal analysis. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 83, n. 1, p. 141–143, jan. 2006.



16 a 18 de novembro de 2023

SUPRESSÃO DE SINCRONIZAÇÃO INTERMINENTE COM OPTOGENÉTICA

Diogo Leonai Marques de Souza – PPG em Ciências/Física - UEPG

Fernando da Silva Borges - Departamento de Fisiologia e Farmacologia, State University of New York Downstate Health Sciences University, USA; Centro de Matemática, Computação e cognição, Universidade Federal do ABC

Lucas Eduardo Bentivoglio – PPG em Ciências/Física - UEPG

Fátima Elis Cruziniani - Bacharelado em Física - UEPG

Antonio Marcos Batista - Departamento de Matemática e Estatística, PPG em Ciências/Física - UEPG

Kelly Cristiane Iarosz - Centro Universitário UNIFATEB, PPG em Ciências/Física - UEPG

diogoleonaisouza@gmail.com

RESUMO

A sincronização neuronal intermitente está diretamente associada a crises epiléticas. Os neurônios que apresentam uma elevada expressão da proteína Arg 3.1, também conhecida como ARC, desempenham um papel fundamental nesse processo de sincronização. Os neurônios que expressam a ARC estabelecem uma grande quantidade de conexões com outros neurônios, ou suas conexões são mais intensas quando comparadas aos neurônios que não expressam essa proteína. Neste trabalho, investigamos o impacto da presença de neurônios ARC na sincronização intermitente. Além disso, apresentamos uma proposta de método para suprimir a sincronização neuronal, utilizando a optogenética como base. Nossos resultados indicam que a aplicação de estímulos luminosos nos neurônios que expressam a ARC resulta na extinção da sincronização neuronal.

Palavras-chave: modelagem neuronal; sincronização; rede neuronal; equações diferenciais.

16 a 18 de novembro de 2023

INTRODUÇÃO

A sincronização neuronal está ligada ao processo de aprendizagem, contudo, em excesso, está associada a distúrbios cerebrais, como a epilepsia (Borges, 2023; Protachevicz, 2018). A proteína ARC (também conhecida como Arg3.1) está presente na membrana neuronal de diversos neurônios, desempenhando um papel crucial na plasticidade sináptica (Rodrigues, 2016). Estudos indicam que a elevada concentração desta proteína em neurônios excitatórios pode estar relacionada a crises epiléticas intermitentes (Ren, 2014), devido a grande quantidade de conexões excitatórias.

Nosso objetivo é investigar como neurônios com uma grande quantidade da proteína ARC (neurônios ARC) influenciam a sincronização intermitente. Demonstramos que o modelo integra-e-dispara exponencial com adaptação (Adex) (Borges, 2023) é capaz de descrever o comportamento neuronal de um rato durante uma crise epilética induzida. Além disso, propomos um modelo baseado em optogenética para o controle de crises epiléticas (Borges, 2023).

MÉTODO

Utilizamos o modelo Adex para a descrição da dinâmica local de cada neurônio da rede:

$$C \frac{dV_i}{dt} = -g_L(V_i - E_L) + g_L \Delta_T \exp\left(\frac{V_i - V_T}{\Delta_T}\right) - w_i + I_i + \sum_{j \neq i}^N (V_i - V_{rev}^j) g_j M_{ij},$$
$$\tau_w \frac{dw_i}{dt} = a(V_i - E_L) - w_i, \tau_g \frac{dg_i}{dt} = -g_i,$$

onde V_i é o potencial da membrana, w_i é a corrente de adaptação e g_i é a condutância sináptica do neurônio i , C é a capacitância da membrana neuronal, g_L é a condutância de vazamento, E_L é o potencial de repouso, Δ_T é o fator de incremento, V_T é o potencial limiar, I_i é a corrente injetada no neurônio i , V_{rev} é o potencial reverso (V

16 a 18 de novembro de 2023

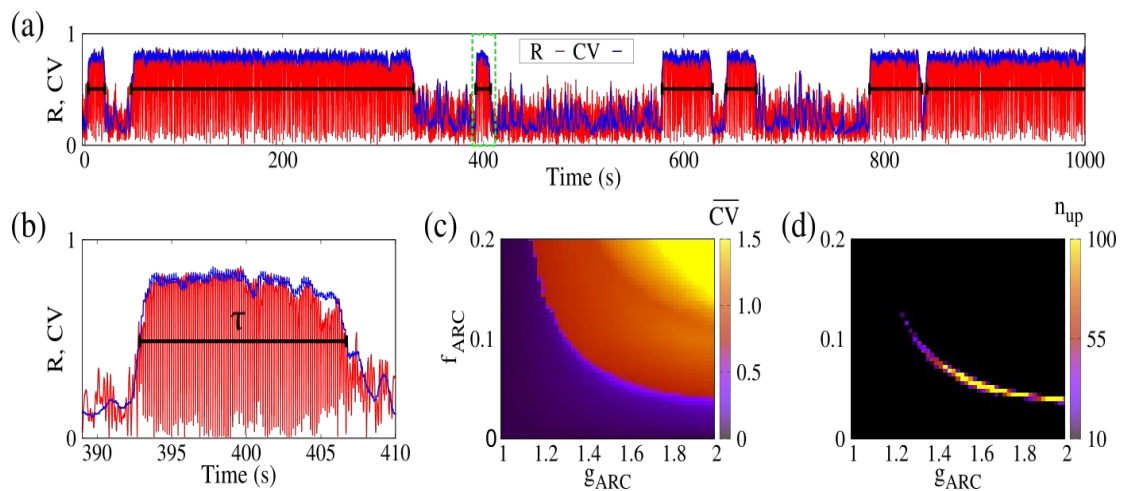
inibrev = -70 mV e $V_{exc} = 0$ mV) e M_{ij} é a matriz de adjacência, $M_{ij} = 1$ os neurônios estão conectados e $M_{ij} = 0$ os neurônios estão desacoplados. Quando o potencial da membrana atinge um valor máximo ($V_{máx}$) é imposto as seguintes condições de reinício no neurônio i , $V_i \rightarrow V_{reinício}$, $w_i \rightarrow w_i + b$ and $g_i \rightarrow g_i + g_s$. Onde $V_{reinício}$ é o potencial de reinício, b é um acréscimo na corrente de adaptação e g_s é um acréscimo na condutância sináptica ($g_s = g_{exc}$ ou $g_s = g_{inib}$). Neste trabalho, consideramos uma rede aleatória composta de 1000 neurônios, onde 80% dos neurônios são excitatórios (apenas realizam sinapses excitatórias) e 20% dos neurônios são inibitórios (apenas sinapses inibitórias). Selecionamos alguns neurônios excitatórios para serem neurônios ARC ($g_s = g_{ARC} * g_{exc}$). Para identificação de disparos bursting e spiking utilizamos o coeficiente de variação (CV) (Protachevitz, 2018). O parâmetro de ordem de Kuramoto (R) é utilizado para avaliar a sincronização da rede, $R \approx 1$ sincronização total e $R \approx 0$ dessincronização total (Protachevitz, 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para alguns parâmetros da rede é observado sincronização intermitente, Figura 1 (a). A rede permanece sincronizada em um período de tempo e em seguida dessincroniza. Este comportamento intermitente está associado com crises epiléticas (Borges, 2023). Em geral, R e CV não estão correlacionados, porém observamos que quando a rede apresenta bursting ($CV > 0,5$) a rede está sincronizada. O painel (b) mostra a ampliação do retângulo verde do painel (a). onde $\tau = 16$ s representa a duração da sincronização. O espaço de parâmetro da fração de neurônios ARC presente na rede (f_{ARC}) e a condutância sináptica ARC (g_{ARC}) é mostrado nos painéis (c) e (d). A escala de cor no painel (c) mostra o CV da rede e o painel (c) mostra a quantidade de estados sincronizados para cada combinação de (f_{ARC} , g_{ARC}). Apenas uma faixa bem restrita é observada comportamento intermitente como mostrado no painel (d).

16 a 18 de novembro de 2023

Figura 1. (a) a curva vermelha representa R e a azul é o CV ao longo do tempo, consideramos $g_{ARC} = 1,31$. (b) mostra a ampliação do retângulo verde em (a), $\tau = 16$ s. (c) espaço de parâmetro do CV da fração de neurônios ARC na rede (f_{ARC}) e intensidade do acoplamento dos neurônios ARC (g_{ARC}). (d) espaço de parâmetro da quantidade de estados sincronizados durante estados intermitentes.

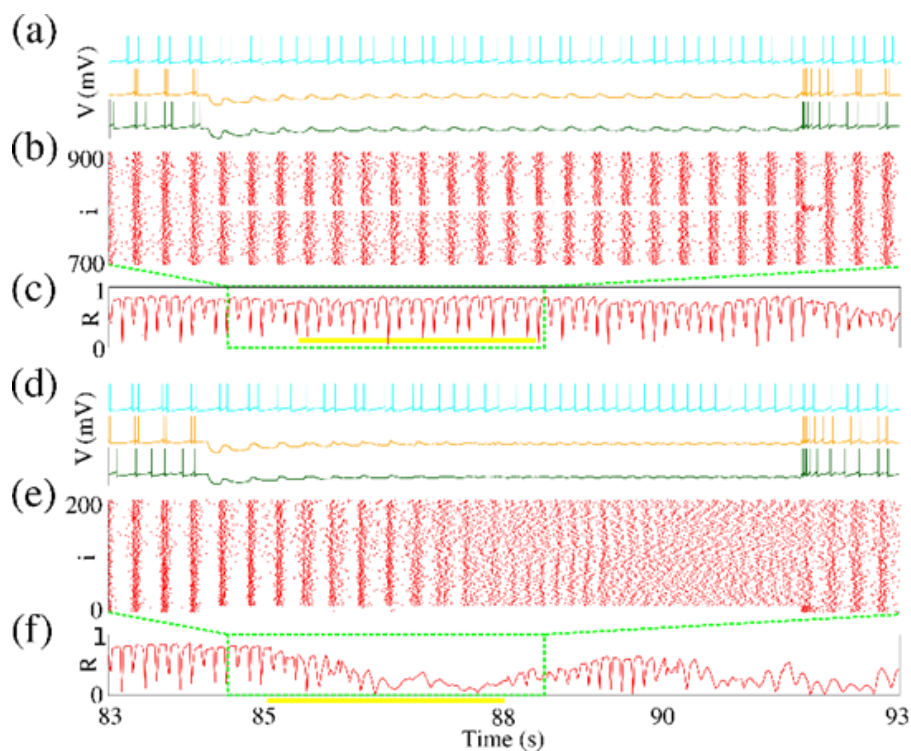


Fonte: Os Autores

Para controle da sincronização intermitente, simulamos uma situação que 10% dos neurônios não- ARC são fotossensíveis e então incidimos uma luz amarela sobre estes neurônios, Figura 2 (a-c). A luz amarela fornece um estímulo inibitório no neurônio, desse modo inibindo o disparo dos potenciais de ação, o painel (a) ilustra a inibição dos potenciais de ação quando incidido a luz amarela sob três neurônios. O painel (b) apresenta o raster-plot, cada ponto representa o disparo de um neurônio no instante de tempo. O parâmetro de ordem é mostrado no painel (c). Mesmo com a inibição de alguns neurônios a sincronização não é suprimida. Nos painéis (d-f) consideramos que o estímulo é incidido em 10% dos neurônios ARC . Deste modo, a sincronização da rede é suprimida. O parâmetro de ordem de Kuramoto fica próximo de zero o que indica dessincronização.

16 a 18 de novembro de 2023

Figura 2. Atividade intermitente observada na rede neuronal, estímulo amarelo (inibitório) é aplicado durante 3 s. (a-c) estímulo luminoso é incidido em 10% dos neurônios não-ARC. (d-f) estímulo luminoso é incidido em 10% dos neurônios ARC. Painéis (a) e (d) mostram o potencial de neurônios sob a ação da luz, (b) e (e) mostra o raster-plot, (c) e (f) o parâmetro de ordem em função do tempo.



Fonte: Os Autores

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da atuação dos neurônios ARC é importante para o entendimento de estados hipersincronizados. Os neurônios ARC induzem sincronização intermitente, sendo um estado inalcançável sem eles. Nossos resultados indicam que os neurônios ARC podem favorecer ou suprimir crises epiléticas. Podendo ser alvos para tratamentos terapêuticos e farmacológicos para controle de epilepsia.



16 a 18 de novembro de 2023

REFERÊNCIAS

Borges, F.S.; Gabrick, E.C.; Protachevicz, P.R.; Higa, G.S.V.; Lameu, E.L.; Rodrigues, P.X.R.; Ferraz, M.S.A, Szezech Jr., J.D.; Batista, A.M.; Kihara, A.H.; Intermittency properties in a temporal lobe epilepsy model. **Epilepsy & Behavior**, 139, 2022.

Protachevicz PR, Borges RR, Reis AS, Borges FS, Iarosz KC, Caldas IL, et al. Synchronous behaviour in network model based on human cortico-cortical connections. **Physiol. Meas.**, 39:074006, 2018.

Ren M, Cao V, Ye Y, Manji HK, Wang KH. Arc regulates experience-dependent persistent firing patterns in frontal cortex. **J Neurosci**, 34:6583–95, 2014.

Rodriguez PXR. **Regulation of synaptic and plasticity-related proteins by ryanodine receptors during epileptogenesis**. Dissertação, São Bernardo do Campo; 2016.



16 a 18 de novembro de 2023

OBTENÇÃO DA AUSTENITA EXPANDIDA POR IMPLANTAÇÃO DE NITROGÊNIO NA SUPERLIGA DE NÍQUEL INCONEL 718

Guilherme Almeida das Neves - Laboratório de Propriedades Mecânicas e Superfícies, DEFIS - UEPG

Rafael F. Chuproski - Laboratório de Propriedades Mecânicas e Superfícies, DEFIS - UEPG

Giuseppe Pintaúde - Departamento de Engenharia Mecânica, UTFPR - CURITIBA

Gelson Biscaia de Souza - Laboratório de Propriedades Mecânicas e Superfícies, DEFIS - UEPG

guilhermebuds@gmail.com

RESUMO

A inserção de nitrogênio na superfície de ligas de níquel resulta na formação da austenita expandida, uma fase metaestável supersaturada com nitrogênio. Neste estudo, explorou-se a relação entre a energia de pulso e a fluência de íons para tratamentos de implantação iônica de nitrogênio por imersão em plasma em superfícies da superliga de níquel Inconel 718, empregando-se parâmetros distintos entre si. Observou-se que energia de pulso mais alta diminui a fluência, afetando na espessura da camada formada. Temperaturas mais elevadas resultaram em camadas significativamente maiores. Em todos os casos, a camada superficial de austenita expandida apresentou propriedades mecânicas superiores às do substrato. Os precipitados γ' ($\text{Ni}_3(\text{Al}, \text{Ti})$) e γ'' (Ni_3Nb) presentes originalmente na liga não foram alterados pela nitretação. Esses resultados destacam a influência da energia de pulso e da temperatura na modificação da superfície das ligas de níquel.

Palavras-chave: Implantação iônica; Modificação de Superfície; Nitretação.

16 a 18 de novembro de 2023

INTRODUÇÃO

A inserção de nitrogênio em ligas a base de níquel provoca alterações na estrutura cristalina do material, formando uma estrutura modificada conhecida como austenita expandida (γN) ou fase S. A fase γN apresenta características distintas ao substrato, sendo uma fase metaestável supersaturada com nitrogênio, formada em condições de tratamento com temperaturas relativamente baixas ($<400\text{ }^\circ\text{C}$). Obtém-se uma camada uniforme da fase sobre a superfície, mesmo na presença de precipitados γ' ($\text{Ni}_3(\text{Al}, \text{Ti})$) e γ'' (Ni_3Nb), comuns na liga Inconel 718 (MÄNDL et al., 2014; TAO et al., 2022).

De Oliveira et al. (2018) buscaram empregar uma correlação linear entre energia dos íons na bainha catódica com a formação da γN . Assim, a densidade superficial de energia E se relaciona à formação da austenita expandida para aço inoxidável duplex por

$$E = E_{\text{pulso}} A = V J \bar{I} L, \quad (1)$$

sendo V a tensão média durante o pulso ligado, $J \bar{I}$ densidade de corrente média da corrente de íons e L a largura de pulso empregada no tratamento. A fluência (Γ), que é a quantidade de íons que chegam à superfície por unidade de área, é dada por

$$\Gamma = \frac{J \bar{I} L f t}{Ze}, \quad (2)$$

onde t é o tempo de tratamento e Ze é a carga média de íons. Neste estudo, objetiva-se avaliar a formação da camada modificada em uma superliga de níquel, empregando-se temperaturas e valores de (E_{pulso}) expressivamente diferentes.

MÉTODO

As amostras UNS N07718 (Inconel 718), foram inicialmente polidas até apresentarem reflexão especular, posteriormente limpas em banho de ultrassom seguindo a ordem de banhos em acetona, álcool isopropílico e água destilada. Em seguida as amostras

16 a 18 de novembro de 2023

foram levadas ao sistema de implantação iônica por imersão em plasma (PIII), para o processo de implantação de nitrogênio sobre atmosfera 50% H₂ 50%N₂. As condições de tratamento são apresentadas na Tabela 1.

As modificações estruturais foram avaliadas por difração de raio X (DRX) com ângulos rasantes. A quantificação das propriedades mecânicas (dureza e módulo de elasticidade) foi obtida por indentação instrumentada sob o método QCSM (quasi-continuous stiffness measurement). As alterações microestruturais foram avaliadas por microscopia eletrônica de varredura na superfície e na seção transversal das amostras de referência e nitretadas. Na seção transversal, os perfis de concentração de nitrogênio foram medidos por espectroscopia de raios X por energia dispersiva (EDS) ao longo da camada.

Tabela 1: Parâmetros utilizados para tratamento e camadas obtidas no tratamento. Diferença de potencial (v), Energia de pulso (Epulso) calculada pela equação 1 e fluência (Γ) calculada pela equação 2.

condição	tensão(kV)	Epulso (10 ⁻⁵ J/cm ²)	Fluência (10 ¹⁸ íons/cm ²)	Espessura da camada (μ m)
300	9,52 \pm 0,15	61 \pm 1,9	3,45 \pm 0,1	1,86 \pm 0,32
350-0,7	9,54 \pm 0,17	75 \pm 1,4	4,75 \pm 0,2	2,95 \pm 0,23
350-1,0	8,16 \pm 0,04	68 \pm 0,4	6,06 \pm 0,1	4,83 \pm 0,26
350-1,8	6,52 \pm 0,07	48 \pm 0,6	9,06 \pm 0,2	3,68 \pm 0,26
400	9,75 \pm 0,17	58 \pm 1,6	6,64 \pm 0,3	5,80 \pm 0,21

Fonte: O autor.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Observou-se que valores de energia de pulso maiores estão relacionados a fluências menores, o que afeta o processo pela disponibilidade menor de íons que é entregue à superfície. Nessas condições, forma-se também camadas menores. Valores de energia de pulso intermediárias e de fluência mais altos resultam em uma dose maior de íons que possam ser implantados na superfície, havendo maior difusão devido à



16 a 18 de novembro de 2023

quantidade de íons disponíveis ou ao tempo de pulso ligado sobre a superfície. A dureza mais elevada da camada modificada pode estar associada a supersaturação intersticial da rede CFC, causando uma distorção e tensão anisotrópicas, o que promove o aumentando a dureza do material (DONG, 2010; MANOVA et al., 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atenção aos parâmetros de energia de pulso e fluência parece resultar num refinamento ao controle da superfície da liga Inconel 718 modificada por PIII.

A dureza da camada modificada apresentou um valor cerca de três vezes maior ao valor do substrato em todas as condições.

Os precipitados presentes na superfície de referência como γ' ($\text{Ni}_3(\text{Al}, \text{Ti})$) e γ'' (Ni_3Nb) não são alterados pelo processo de nitretação.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, Processo nº 408288/2021-3.



16 a 18 de novembro de 2023

REFERÊNCIAS

DE OLIVEIRA, W. R. et al. On the S-phase formation and the balanced plasma nitriding of austeniticferritic super duplex stainless steel. **Applied Surface Science**, v. 434, p. 1161–1174, 2018.

DONG, H. S-phase surface engineering of Fe-Cr, Co-Cr and Ni-Cr alloys. **International Materials Reviews**, v. 55, n. 2, p. 65–98, 18 mar. 2010.

KOVACÍ, H. et al. Effect of Plasma Nitriding Parameters on the Wear Resistance of Alloy Inconel 718. **Metal Science and Heat Treatment**, v. 58, n. 7–8, p. 470–474, 26 nov. 2016.

MÄNDL, S. et al. Intermediate stages of CrN precipitation during PIII nitriding of austenitic stainless steel. **Surface and Coatings Technology**, v. 258, p. 722–726, nov. 2014.

MANOVA, D. et al. In situ investigation of phase formation during low energy ion nitriding of Ni₈₀Cr₂₀ alloy. **Surface and Coatings Technology**, v. 259, p. 434–441, nov. 2014.

TAO, X. et al. An investigation of precipitation strengthened Inconel 718 superalloy after triode plasma nitriding. **Surface and Coatings Technology**, v. 442, p. 128401, jul. 2022.



16 a 18 de novembro de 2023

CORRENTES DE CATRACA HAMILTONIANAS NO MAPA PADRÃO NÃO-TWIST ESTENDIDO

Ana Luiza Rodrigues de Moraes - Bacharelado em Física da UEPG

Fátima Elis Cruziniani - Bacharelado em Física da UEPG

Michele Mugnaine - Pós-doutoranda da USP

Matheus Rolim Sales - Pós-doutorando da USP– Rio Claro

José Danilo Szezech Junior - Departamento de Matemática e Estatística da UEPG

analuzarmoraes@gmail.com

RESUMO

Neste trabalho, estudamos as correntes de catraca em um sistema Hamiltoniano, o mapa padrão não-twist estendido, conhecido por apresentar duas perturbações ressonantes. Entende-se por corrente de catraca o transporte direcionado das órbitas caóticas que ocorre no espaço de fase, sem o auxílio de forças externas. Esse efeito pode ocorrer em sistemas Hamiltonianos desde que haja a quebra da simetria espaço-temporal do sistema, podendo ser observado no mapa padrão não-twist estendido. Com o auxílio de algoritmos computacionais capazes de simular a dinâmica do sistema, mostramos que para valores de parâmetros onde o mapa se torna assimétrico, ocorre o efeito catraca, enquanto para outros valores, o mapa permanece simétrico, com o cenário de ilhas gêmeas.

Palavras-chave: Dinâmica não-linear; transporte direcionado; efeito catraca; transmissividade; caos Hamiltoniano.

16 a 18 de novembro de 2023

INTRODUÇÃO

Neste trabalho, estudamos mapas, descritos por relações de recorrência que formam o objeto de estudo desse trabalho, o mapa padrão não-twist estendido (ESNM). Esse mapa em específico é descrito por uma função Hamiltoniana. O ESNM pode apresentar assimetrias no espaço de fase, advindas de uma nova perturbação, diferente do mapa padrão não-twist com uma frequência (SNM). Ele foi proposto por Portela e seus colaboradores (2007) com um termo adicional que representa a ação de um limitador ergódico em um confinador toroidal de plasma. Ele é definido pelas seguintes equações:

$$y_{n+1} = y_n - b \operatorname{sen}(2\pi x_n) - c \operatorname{sen}(2\pi m x_n), \quad (1)$$

$$x_{n+1} = x_n + a(1 - y_{n+1}^2), \operatorname{mod} 1, \quad (2)$$

onde $x \in [0,1)$, $y \in \mathbb{R}$ e a , b e c são parâmetros reais, e m apresenta-se como um número inteiro, sendo o fator geométrico que representa o número de pares de segmentos de anel de corrente toroidal do limitador ergódico.

MÉTODO

Neste trabalho foram desenvolvidos algoritmos computacionais para gerar as soluções das Equações (1) e (2) para o ESNM. A análise dos resultados obtidos se deu por meio da construção de bacias de escape com a finalidade de quantificar o efeito catraca que ocorre para determinados valores do parâmetro m .

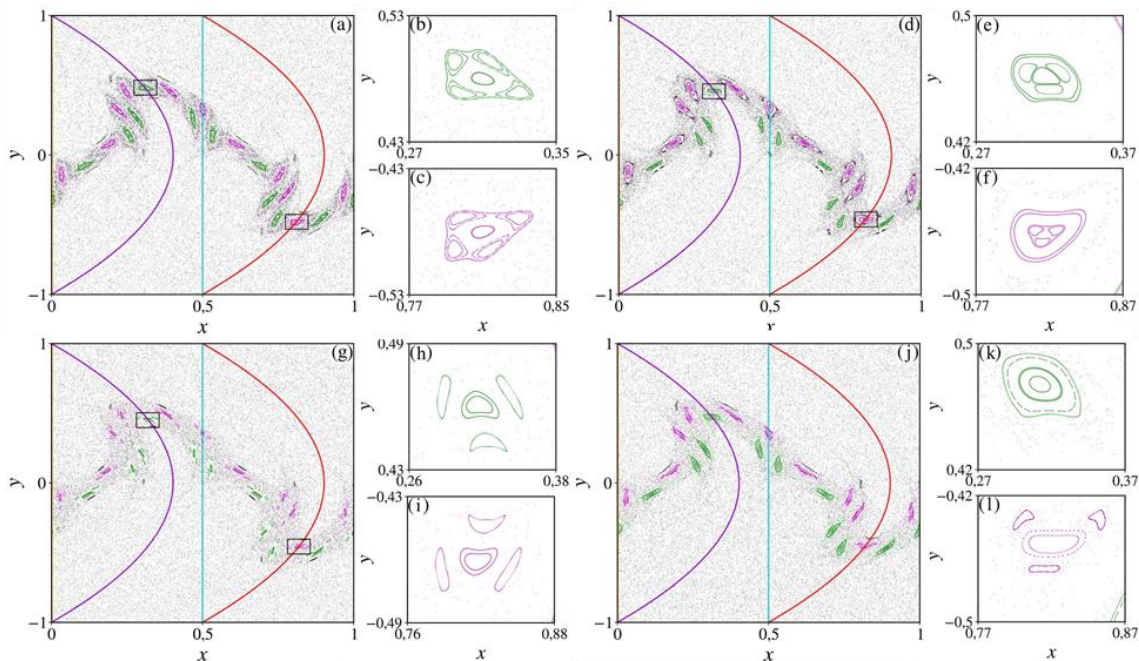
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Construímos quatro espaços de fase para o mapa padrão não-twist estendido (Figura 1). Os parâmetros escolhidos para poder gerar os espaços de fase são: $(a; b; c) = (0,805; 0,597; 0,005)$. Os espaços de fase foram iterados para um total de $N=104$ tempos com 100 condições iniciais, conforme Mugnaine (2020). Observamos duas

16 a 18 de novembro de 2023

cadeias de ilhas, superior (roxa) e inferior (verde), ambas imersas no mar caótico em cada espaço de fase. Escolhemos 4 casos: para $m = [1, 4]$, $m \in \mathbb{Z}$. Para $m = 1$ e $m = 3$, as cadeias de ilhas permanecem iguais; são espelhadas em relação ao eixo y e são totalmente idênticas. Portanto, para m ímpar, a simetria se preserva. Por outro lado, para m par, visualizamos justamente o oposto: como a simetria não é preservada, as ilhas diferem entre si no formato. As ilhas, que corresponderiam às gêmeas, em um cenário de m ímpar, aqui passam por um quadro de bifurcações. Esse quadro que modifica a estrutura interna das ilhas regulares, pode ser visualizado na Figura 1(d)-(f) e (j)-(l).

Figura 1: Espaço de fase para o mapa padrão não-twist estendido com os parâmetros $(a; b; c) = (0,805; 0,597; 0,005)$ e para os seguintes valores de m : (a)-(c) $m = 1$, (d)-(f) $m = 2$, (g)-(i) $m = 3$ e (j)-(l) $m = 4$. Ao lado de (a), (d), (g) e (j), têm-se ampliação da cadeia inferior de ilhas (verde) e ampliação da cadeia superior de ilhas (roxa) de seu respectivo espaço de fase.



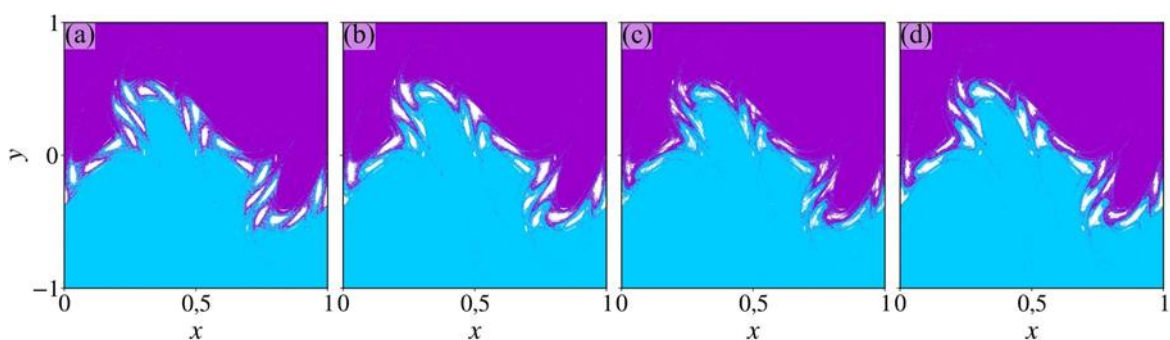
Fonte: Os Autores

16 a 18 de novembro de 2023

Desta forma, o efeito catraca pode ocorrer em sistemas conservativos, como o ESNM, desde que as simetrias espaço-temporais, que inibem o movimento direcionado, sejam quebradas (Gong e Brumer, 2004). Esse efeito é um fenômeno caracterizado pelo transporte direcionado sem o auxílio de forças externas no sistema.

Além disso, construímos quatro bacias de escape (Figura 2) com a finalidade de verificar a existência do efeito catraca. Com uma malha de 1000×1000 condições iniciais, iteramos cada condição inicial por um tempo $n = 1000$. Se a trajetória atravessar $y = 1$ ($y = -1$), marcamos a condição inicial em roxo (azul) e caso não atravesse nenhuma delas, deixamos em branco. Fazendo a razão da quantidade total de pontos roxos (pr) e os pontos azuis (pa), se obtivermos a razão, $pr/pa=1$ o transporte é simétrico. Caso for diferente, temos transporte assimétrico, com a presença do efeito catraca. A Tabela 1 mostra os resultados desse método. Portanto, observamos que existe a presença do transporte direcionado para valores pares de m , sendo mais evidente para $m = 2$.

Figura 2: Bacias de escape para o ESNM. Os parâmetros são $(a; b; c) = (0,805; 0,597; 0,005)$. Para (a) $m = 1$, (b) $m=2$, (c) $m = 3$ e (d) $m = 4$.



Fonte: Os Autores

16 a 18 de novembro de 2023

Tabela 1: Áreas relativas da regiões coloridas das bacias de escape com $(a; b; c) = (0,805; 0,597; 0,005)$.

	$m = 1$	$m = 2$	$m = 3$	$m = 4$
p_r/p_a	1,000	0,8589	1,0006	0,9905

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O efeito catraca é o transporte direcionado sem o auxílio de forças externas e pode ocorrer no mapa padrão não-twist estendido. Esse efeito surge no modelo estudado a partir da quebra de simetria espacial do sistema quando nele é inserido uma nova perturbação ressonante. Visto isso, analisamos e concluímos, utilizando as bacias de escape que o efeito catraca ocorre nesse modelo para o parâmetro m par. Assim, as cadeias de ilhas ainda existem, contudo, não são iguais, devido à quebra de simetria do sistema, e neste caso ocorre o fenômeno de correntes de catraca Hamiltonianas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da agência de fomento Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por meio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Agradecemos ao grupo de pesquisa 105 pelas valiosas discussões.



16 a 18 de novembro de 2023

REFERÊNCIAS

GONG, J., BRUMER, Paul. Directed anomalous diffusion without a biased field: A ratchet accelerator. **Physical Review E**, v. 70, 2004.

MUGNAINE, M.; BATISTA, A. M.; CALDAS, I. L.; SZEZECH JR, J. D.; VIANA, R. L.; Ratchet current in nontwist Hamiltonian systems – **Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science**, v. 30, 093141, 2020.

PORTELA, J. S. E.; CALDAS, I. L.; VIANA, R. L.; MORRISON, P. J. Diffusive transport through a nontwist barrier in tokamaks. **International Journal of Bifurcation and Chaos**, World Scientific, v. 17, n. 05, p. 1589–1598, 2007.



16 a 18 de novembro de 2023

TRANSFERÊNCIA DE EMARANHAMENTO EM CADEIAS DE SPIN $\frac{1}{2}$

Paulo Eduardo Lopes da Rosa, Programa de pós-graduação em Ciências/Física UEPG

Fabiano M. de Andrade, Departamento de Matemática e Estatística - UEPG

Alison Antunes da Silva, Programa de pós-graduação em Ciências/Física - UEPG

edukso2002@gmail.com

RESUMO

Neste trabalho, concentrando-nos na Transferência de Estado Quântico (TEQ) em Cadeias de Spins e Grafos, analisamos as condições que propiciam a ocorrência da Transferência Perfeita de Estado Quântico (TPE). A TEQ é obtida pela aplicação de um operador de evolução temporal a um estado quântico específico. Após essa aplicação em um dos estados individuais do sistema, investigamos a probabilidade de o mesmo estado quântico ser replicado em outro ponto da rede. Em termos físicos, esse fenômeno pode ocorrer em uma cadeia de spins $\frac{1}{2}$ com Hamiltoniano de Heisenberg. Utilizamos Grafos como representação de nossas redes e demonstramos que, em casos específicos, é possível empregar as matrizes Laplaciana ou de Adjacência do grafo associado à cadeia na formulação do Hamiltoniano para efetuar a transferência de estado quântico. Estudamos o Emaranhamento de Formação entre qubits da cadeia e sua evolução no tempo, assim como sua relação com a fidelidade de se obter o estado inicial num outro instante de tempo. Estudamos a evolução temporal de cadeias com estados inicialmente emaranhados e calculamos a Fidelidade e Emaranhamento de Formação para cadeias de spin $\frac{1}{2}$ ponderadas. Estudamos a TPE em cadeias ponderadas.

Palavras-chave: Cadeias de Spins $1/2$, Emaranhamento de Formação, Grafos.

16 a 18 de novembro de 2023

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, um tema de grande destaque é a exploração das propriedades quânticas dos materiais para o armazenamento e a transmissão de informação, destacando-se nas subáreas da Informação Quântica e Computação Quântica [1]. No âmbito deste estudo, focalizamos métodos destinados à transferência de estados quânticos (qubits) de um local para outro em uma rede, viabilizando comunicações em curtas distâncias, como entre processadores quânticos adjacentes. Uma abordagem adotada para analisar as propriedades das redes de qubits consiste na representação por grafos, em que os vértices denotam qubits e as arestas indicam conexões entre eles. Esse enfoque simplifica o desafio computacional associado ao cálculo de um propagador, o qual depende de um Hamiltoniano complexo, ao transformá-lo em cálculos com matrizes relacionadas ao número de qubits. A representação algébrica de um sistema quântico de spin é realizada por meio de um vetor de estado de duas componentes.

A energia de uma cadeia de spins $\frac{1}{2}$ pode ser descrita pelo Hamiltoniano de

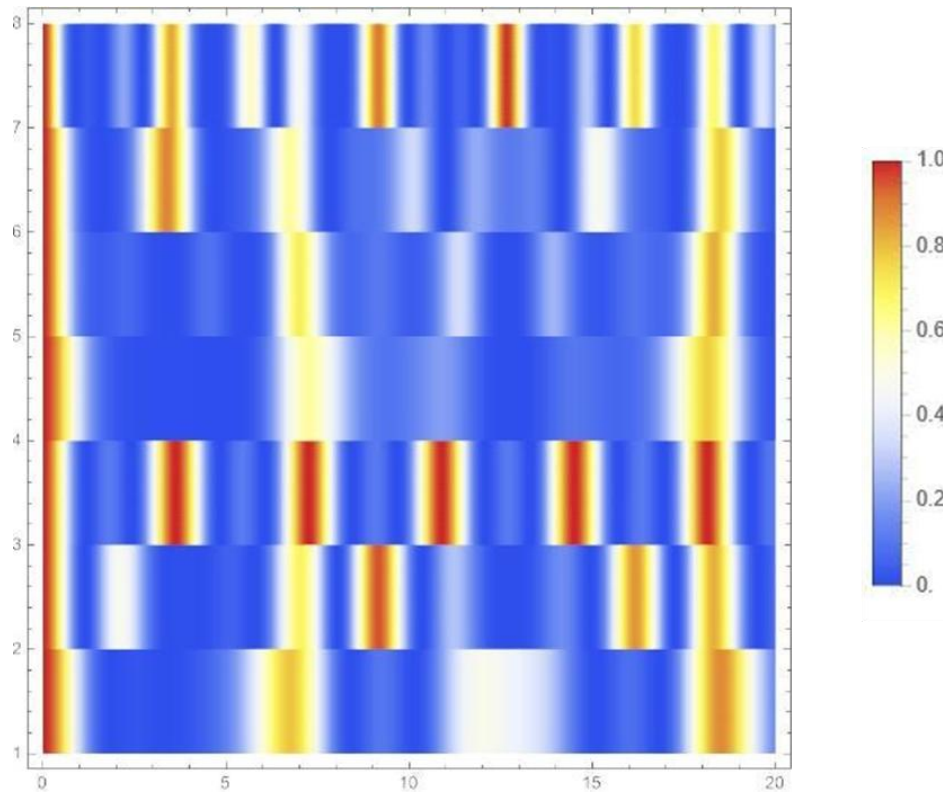
Heisenberg [2] simplificado $H = \sum_{i=1}^{N-1} J_{i,i+1} (S_n^x S_{n+1}^x + S_n^y S_{n+1}^y)$, onde $J_{i,i+1}$ é a energia de acoplamento de Flip-Flop. O estado $|1\rangle$ maior energia e o estado $|0\rangle$ representa um spin de menor energia.

MÉTODO

Analisamos tanto a Fidelidade quanto o Emaranhamento de Formação por meio de gráficos como o da figura 1.

16 a 18 de novembro de 2023

Figura 1: Em y, de baixo para cima, as fidelidades para cada estado em diferentes configurações para uma cadeia de spins com 5 spins. São 7 configurações diferentes e o valor 1 representa fidelidade de 100%.



Fonte: Os Autores

O estado total do sistema é obtido pelo produto tensorial dos estados de cada qubit. Por exemplo, uma cadeia de 3 qubits onde o primeiro encontra-se num estado excitado e os outros 2 adjacentes num estado da base tem seu estado inicial descrito por $|\Psi(0)\rangle = |1\rangle \otimes |0\rangle \otimes |0\rangle$. Para realizar a evolução temporal deste estado, utilizamos o com

$$U(t) = e^{-iHt},$$

E aplicamos no estado inicial, obtendo $|\Psi(t)\rangle = U(t)|\Psi(0)\rangle$. A Fidelidade é dada pela expressão $F(t) = |\langle \psi(0) | \psi(t) \rangle|^2$ [3]. A Fidelidade foi utilizada para calcular a

16 a 18 de novembro de 2023

probabilidade de recuperar o estado inicial do sistema em um tempo t qualquer e o EoF foi utilizado para medir o emaranhamento entre os estados da extremidade da cadeia.

O Emaranhamento de Formação (EoF) dos estados é obtido por [4].

$EoF_{ab} = -x \log_2(x) - (1-x) \log_2(1-x)$ onde $x = \frac{1+\sqrt{1-\tau}}{2}$ [7] e “a” e “b” são os qubits que estamos medindo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentro desse estudo, motivados pela riqueza de propriedades que podem ser estudadas das cadeias de spin $\frac{1}{2}$ e da Teoria de Grafos, encontramos a transferência de emaranhamento para cadeias de spins medindo pelo Emaranhamento de Formação.



16 a 18 de novembro de 2023

REFERÊNCIAS

- [1] M. A. Nielsen and I. L. Chuang, Quantum computation and quantum information, **Phys. Today**, vol. 54, no. 2, p. 60, 2001.
- [2] Bose, S. (2007). Quantum communication through spin chain dynamics: an introductory overview. **Contemporary Physics**, 48(1), 13-30.
- [3] Estarellas, M. P., D'Amico, I., & Spiller, T. P. (2017). Robust quantum entanglement generation and generation-plus-storage protocols with spin chains. **Physical Review A**, 95(4), 042335.
- [4] Wootters, W. K. (1998). Entanglement of formation of an arbitrary state of two qubits. **Physical Review Letters**, 80(10), 2245.



16 a 18 de novembro de 2023

MODELO FRACIONÁRIO DE UM SISTEMA TUMOR-IMUNE

Ana Paula S. Koltun (UEPG)

José Trobia (UEPG)

Antonio M. Batista (UEPG)

Ervin K. Lenzi (UEPG)

Fernando S. Borges (UEPG)

Enrique C. Gabrick (UEPG)

anapkoltun@gmail.com

RESUMO

O câncer é um grupo de doenças em que as células crescem de forma incontrolável e podem se espalhar para outros tecidos. Modelos matemáticos têm sido usados para estudar o crescimento de células cancerígenas. Neste trabalho, estudamos um modelo de ordem fracionária que descreve alguns aspectos das interações entre células normais, imunológicas efectoras e células cancerígenas. Dependendo dos valores dos parâmetros, o modelo de câncer pode apresentar comportamentos periódicos e caóticos. Devido à quimioterapia, dividimos a equação fracionária das células cancerígenas em sensíveis e resistentes aos medicamentos. Mostramos que não só a quimioterapia, mas também a resistência aos medicamentos desempenha um papel importante na taxa de crescimento das células cancerígenas.

Palavras-chave: Tumor; Caos; Modelo de Câncer; Cálculo Fracionário.

16 a 18 de novembro de 2023

INTRODUÇÃO

Tumor é um crescimento anormal de células no corpo (Ambrosi; Mollica, 2002). Os tumores malignos são cancerígenos quando há o crescimento incontrolável de células e pode ocorrer o espalhamento para regiões distantes (Weinberg, 1996). O termo câncer estende-se para um grande grupo de doenças, como leucemia (Belson et al., 2007), linfoma (Küppers, 2009), melanoma (Schadendorf et al., 2018) e glioma (Weller et al., (2015)). Os procedimentos para o tratamento do câncer dependem do tipo e estágio dos tumores. Existem métodos de tratamento para o câncer que estão disponíveis, como a quimioterapia (Chabner et al., 2005). No entanto, foi observada a resistência do câncer à quimioterapia. Sendo assim, a resistência aos medicamentos é um sério desafio no tratamento do câncer. A redução na eficácia da quimioterapia foi identificada em alguns tipos de tumores, como por exemplo, de cólon (Hu et al., 2016). Modelos matemáticos foram propostos para compreender o comportamento dinâmico da proliferação de células cancerígenas (Letellier et al., 2013). Propomos um modelo fracionário que descreve a interação entre as células normais, imunológicas e tumorais (sensíveis e resistentes) e a quimioterapia. Mostramos que a resistência desempenha um importante papel no tratamento de tumores.

MÉTODO

O modelo normalizado, para a descrição desse sistema, é dado por:

$$\begin{aligned}D^\gamma x &= \rho_1 x(1-x) - \alpha_1 x(z_s + z_r) - \frac{a_1 x q}{b_1 + x}, \\D^\gamma y &= \frac{\rho_2 y(z_s + z_r)}{1 + (z_s + z_r)} - \alpha_2 y(z_s + z_r) - \delta_1 y - \frac{a_2 y q}{b_2 + y}, \\D^\gamma z_s &= z_s[1 - (z_s + z_r)] - x z_s - \alpha_3 y z_s - uF[q]z_s - \frac{a_3 z_s q}{b_3 + z_s}, \\D^\gamma z_r &= z_r[1 - (z_r + z_s)] - x z_r - \alpha_3 y z_r + uF[q]z_s, \\D^\gamma q &= \Phi - \theta q,\end{aligned}$$

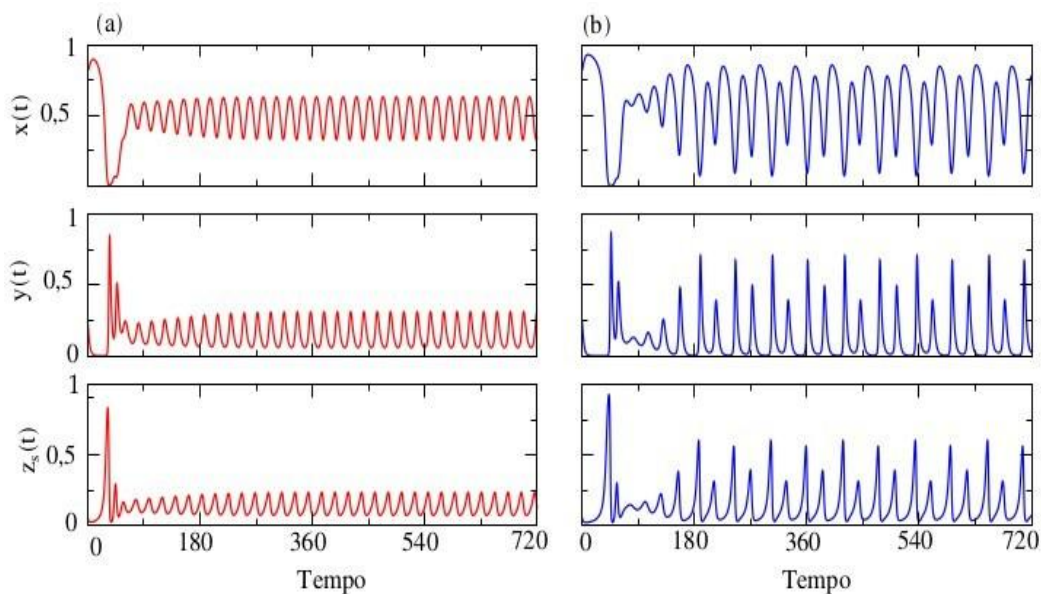
16 a 18 de novembro de 2023

onde x e y são a população normalizada de células normais e das imunológicas efectoras, respectivamente. A variável normalizada z_s corresponde à célula tumoral sensível e z_r é a resistente e q corresponde a quimioterapia. E sendo D_t o operador diferencial fracionário de Caputo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 1 observamos que a população normalizada de células exibe comportamento periódico após um tempo transitório. Dependendo dos valores dos parâmetros, exibe comportamento caótico.

Figura 1: Evolução temporal de $x(t)$, $y(t)$ e $z_s(t)$ para $\Phi=0$ e $\gamma=1$ consideramos $\rho_1=0,4$ em (a) e $\rho_1=0,5$ em (b).



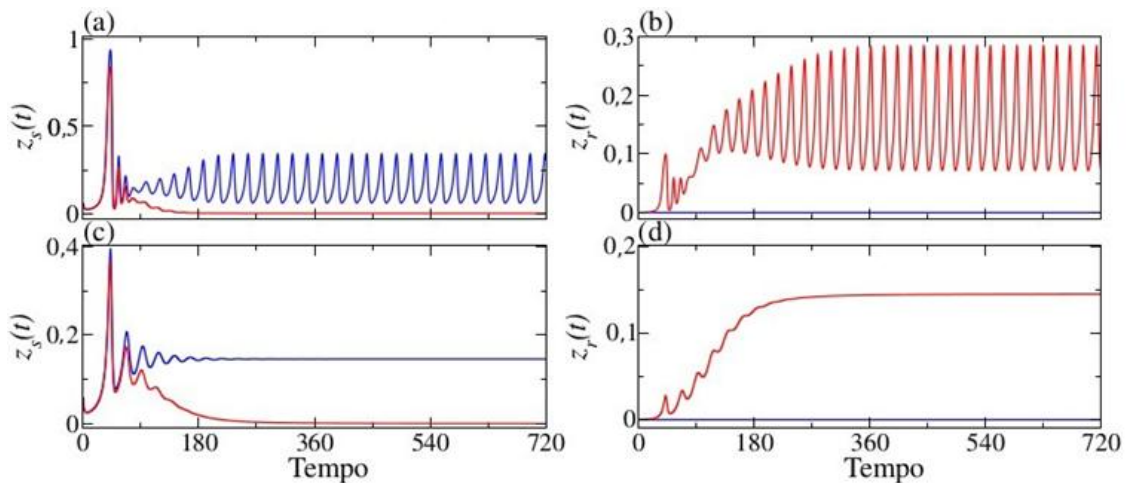
Fonte: Os autores.

A Figura 2 mostra população de (z_s) e (z_r) em função do tempo. Em (a) e (b), consideramos $\gamma=1$. Para $u=0$ (linha azul), não há mutação para células resistentes ($z_r=0$) e z_s exibem um comportamento oscilatório. Considerando $u=10^{-3}$ (linha

16 a 18 de novembro de 2023

vermelha), z_r aumenta como consequência da resistência aos medicamentos e z_s se transforma em z_r , indo para um valor igual a zero. Para $\gamma = 0,9$, conforme mostrado em (c) e (d), z_s vai para um valor constante e z_r permanece igual a zero para $u=0$ (linha azul). Quando u é igual a 10^{-3} , as células cancerígenas sensíveis são mortas pelos agentes quimioterápicos enquanto a população normalizada de células cancerígenas resistentes aumenta.

Figura 2: Evolução temporal de z_s e z_r para $\Phi=150, \rho=0,5, u=0$ (linha azul), $u=10^{-3}$ (linha vermelha), $\gamma=1$ em (a) e (b), e $\gamma=0,9$ em (c) e (d).



Fonte: Os autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Propomos um modelo matemático de ordem fracionário, que descreve as interações entre células normais, imunológicas, cancerígenas e a quimioterapia. No modelo, dividimos a equação das células cancerígenas em duas equações. Sem quimioterapia, o sistema apresenta comportamentos periódicos e caóticos. Em uma administração contínua de medicamento, os valores máximos de $z_s + z_r$ dependem da dose de quimioterapia (Φ) e da taxa de mutação (u). Também mostramos que o expoente da



16 a 18 de novembro de 2023

equação diferencial é importante na modelagem de um sistema tumor-imune com resistência a medicamentos.



16 a 18 de novembro de 2023

REFERÊNCIAS

- Ambrosi D.; & Mollica F. (2002). On the mechanics of a growing tumor. **International journal of engineering science**, 40(12), 1297-1316.
- Belson, M.; Holmes, A.; & Kingsley, B. (2007). Risk factors for acute leukemia in children: a review. **Environmental health perspectives**, 115(1), 138-145.
- Chabner, B. A.; & Roberts Jr, T. G. (2005). Chemotherapy and the war on cancer. **Nature Reviews Cancer**, 5(1), 65-72.
- Hu T.; Li Z.; Gao C. Y.; & Cho C. H. (2016). Mechanisms of drug resistance in colon cancer and its therapeutic strategies. **World journal of gastroenterology**, 22(30), 6876.
- Küppers, R. (2009). The biology of Hodgkin's lymphoma. **Nature Reviews Cancer**, 9(1), 1527.
- Letellier C.; Denis, F.; & Aguirre L. A. (2013). What can be learned from a chaotic cancer model?. **Journal of theoretical biology**, 322, 7-16.
- Schadendorf, D.; van Akkooi; A. C. Berking; C. Griewank; K. G. Gutzmer; R. Hauschild; A.; ... & Ugurel S. (2018). Melanoma. **The Lancet**, 392(10151), 971-984.
- Weinberg, R. A. (1996). How cancer arises. **Scientific American**, 275(3), 62-70.
- Weller M.; Wick W.; Aldape K.; Brada M.; Berger M.; Pfister S. M.; ... & Reifenberger G. (2015). Glioma. **Nature reviews Disease primers**, 1(1), 1-18.



16 a 18 de novembro de 2023

PARÂMETROS DE BLINDAGEM DAS RADIAÇÕES DE UM NEOSSOLO LITÓLICO E ROCHA DE ORIGEM

Gabrielli Wisniewski Pietralla - Universidade Estadual de Ponta Grossa

Isonel Sandino Meneguzzo - Universidade Estadual de Ponta Grossa

Luiz Fernando Pires - Universidade Estadual de Ponta Grossa

gabywpietralla@gmail.com

RESUMO

Nas últimas décadas existe um interesse crescente no uso de materiais naturais para blindar os efeitos deletérios das radiações. Os solos e as rochas, devido a disponibilidade e custos desses materiais, têm despertado grande interesse. Um dos parâmetros que normalmente é utilizado para caracterizar a capacidade de absorção da radiação é o coeficiente de atenuação linear. A determinação desse parâmetro serve como base para o cálculo de outros parâmetros de blindagem. Com as amostras de solo em partículas menores que $45 \mu\text{m}$ e composição determinada através de FRX, o objetivo deste estudo foi analisar os parâmetros de blindagem de um Neossolo Litólico e da rocha original com base na composição química desses materiais obtida pela técnica de fluorescência de raios X. Com a composição química semelhante, às amostras que apresentaram uma maior quantidade de Fe_2O_3 foram as que apresentaram resultados melhores no quesito de blindagem.

Palavras-chave: Neossolo litólico; blindagem; programa Phy-X.



16 a 18 de novembro de 2023

INTRODUÇÃO

Como fontes radioativas são amplamente empregadas em diversas áreas de conhecimento, sempre existe interesse no desenvolvimento de materiais para a blindagem das radiações ionizantes (ZEYAD et al., 2022). Os solos e as rochas têm chamado atenção como materiais alternativos para uso na blindagem em função de sua disponibilidade e de seu baixo custo em relação aos materiais normalmente utilizados para tal finalidade (AYGUN et al., 2021).

A capacidade dos materiais em absorver a radiação pode ser medida por meio dos coeficientes de atenuação linear e de massa (BAYTAŞ et al., 2002; ÜN et al., 2011). Esses dois parâmetros são amplamente utilizados em cálculos de blindagem. Com base no coeficiente de atenuação linear é possível determinar outros parâmetros de interesse no cálculo de blindagens tais como o livre caminho médio (mfp) (OUDA, 2015) e a camada semi-redutora (HVL) (MORE et al., 2021).

O objetivo deste estudo foi analisar como um Neossolo pouco intemperizado e a rocha mãe influenciam nos parâmetros de blindagem das radiações.

MÉTODOS

As amostras de solo e rochas foram coletadas em uma área de queda de blocos localizada no município de Balsa Nova, Paraná, Brasil. Foram coletados nove conjuntos de amostras, sendo duas referentes ao solo e sete referentes à rocha mãe em diferentes profundidades. O solo estudado foi classificado como um Neossolo Litólico.

Para a medida da composição química das amostras, as mesmas foram secadas em estufa e peneiradas em peneiras de malha de 2 mm. Na sequência, as amostras foram moídas com auxílio de um almofariz com pistilo para obtenção de amostras contendo partículas com diâmetros menores que 45 μm . Em seguida, as amostras foram levadas para o equipamento de fluorescência de raios X, onde se obteve a composição de óxidos das amostras. Para obtenção dos dados de blindagem, os parâmetros de interação foram simulados no Phy-X, disponível em <https://phy-x.net/PSD>.



16 a 18 de novembro de 2023

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com uma composição química contendo entre 65,56% a 75,15% de SiO_2 , 20,63% a 28,27% de Al_2O_3 , 1,72% a 3,94% de Fe_2O_3 , 0,39% a 1,75% de K_2O e menos de 1% de SO_3 e TiO_2 , a composição química do solo e da rocha influenciou a atenuação dos fótons principalmente nas menores energias, para as quais o efeito fotoelétrico é o processo mais importante. Com o aumento da energia dos fótons, o coeficiente de atenuação diminuiu bruscamente nas faixas de energias mais baixas (<100 keV) (MARTIN, 2008). Para as energias intermediárias, não ocorreram grandes variações em função do domínio do efeito Compton (KATUBI et al., 2022). Para as energias mais altas (> 10 MeV), a produção de pares tornou-se um dos efeitos mais importantes na atenuação da radiação (MARTIN, 2008).

As amostras que apresentaram os menores coeficientes de atenuação necessitaram de maiores valores de mfp (AL-HARBI et al., 2021). O mesmo comportamento foi observado para os parâmetros HVL e TVL, onde as amostras com maiores quantidades de Fe_2O_3 , foram as que se mostraram mais eficientes na blindagem de fótons de baixa energia (HENAISH et al., 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os parâmetros de blindagem se mostraram sensíveis, principalmente para os fótons de baixa energia, por conta do domínio do efeito fotoelétrico na atenuação da radiação, para o qual a seção de choque possui forte dependência com o Z dos óxidos.



16 a 18 de novembro de 2023

REFERÊNCIAS

- AL-HARBI, N. et al. A Novel CaO–K₂O–Na₂O–P₂O₅ Glass Systems for Radiation Shielding Applications. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 188, p. 109645–109645, 1 nov. 2021.
- AYGUN, Z.; AYGÜN, M.; YARBAŞI, N. A Study on Radiation Shielding Potentials of Green and Red Clayey Soils in Turkey Reinforced with Marble Dust and Waste Tire. **Journal of New Results in Science**, v. 10, n. 3, p. 46–59, 31 dez. 2021.
- BAYTAŞ, A. F.; AKBAL, S. Determination of Soil Parameters by gamma-ray Transmission. **Radiation Measurements**, v. 35, n. 1, p. 17–21, jan. 2002.
- HENAISH, A. M. A. et al. Characterization of Optical and Radiation Shielding Behaviors of Ferric Oxide Reinforced Bismuth Borate Glass. **Physica Scripta**, v. 96, n. 7, p. 075801–075801, 20 abr. 2021.
- KATUBI, K. M. et al. Enhancement on radiation shielding performance of B₂O₃ + Li₂O + ZnO + Na₂O glass system. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 201, p. 110457–110457, 1 nov. 2022.
- MARTIN, J. E. **Physics for Radiation Protection**. John Wiley & Sons, 2008.
- MORE, C. V. et al. Polymeric composite materials for radiation shielding: a review. **Environmental Chemistry Letters**, 3 fev. 2021.
- OUDA, A. S. Development of high-performance Heavy Density Concrete Using Different Aggregates for gamma-ray Shielding. **Progress in Nuclear Energy**, v. 79, p. 48–55, mar. 2015.
- ÜN, A.; DEMIR, D.; YUSUF ŞAHİN. Determination of Density and Volumetric Water Content of Soil at Multiple Photon Energies. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 80, n. 8, p. 863–868, 1 ago. 2011.
- ZEYAD, A. M. et al. Effect of aggregate and fibre types on ultra-high-performance concrete designed for radiation shielding. **Journal of Building Engineering**, v. 58, p. 104960, out. 2022.



16 a 18 de novembro de 2023

OSCILAÇÕES DE AHARONOV-BOHM E A INFLUÊNCIA DO POTENCIAL VETOR

*Lucas M. Branco - Pós-Graduação em Ciências/Física, Departamento de Matemática e
Estatística – UEPG*

*Fabiano M. Andrade - Pós-Graduação em Ciências/Física, Departamento de Matemática
e Estatística – UEPG*

brancolucas930@gmail.com

RESUMO

Neste trabalho, analisamos o efeito Aharonov-Bohm (AB), o qual estabelece que partículas carregadas que se movem em torno de um solenoide infinitamente longo com um campo magnético em seu interior experimentam oscilações em suas autoenergias. Ou seja, mesmo que o campo magnético fora do solenoide seja nulo, as partículas carregadas que se movem em torno dele sofrem efeitos observáveis. Assim, mostramos de forma analítica como o potencial vetor A influencia a dinâmica de partículas carregadas, mesmo em regiões onde o campo magnético é zero.

Palavras-chave: potencial vetor, campo magnético, auto energias.

16 a 18 de novembro de 2023

INTRODUÇÃO

O efeito de Aharonov-Bohm (AB) é um fenômeno quântico que desafia a interpretação clássica da física e foi inicialmente descrito em 1949 por Ehrenberger e Siday (EHRENBERGER, SIDAY, 1949). Este fenômeno se trata de quando partículas carregadas, como elétrons, interagem com um campo magnético, mesmo em regiões onde o campo magnético é nulo. O nosso objetivo é analisar o sistema “AB puro”, onde temos a presença de um solenoide infinitamente longo com um campo magnético em seu interior. Nossa análise será por meio da solução da equação de Schrödinger, para esse caso específico, mostrando que o potencial vetor causa o fenômeno de interferência na região do espaço onde o campo magnético é nulo. Os detalhes sobre o Efeito AB e a influência do potencial vetor, pode ser encontrado no trabalho em qual o presente estudo se baseia (AHARONOV, BOHM, 1959).

MÉTODO

O primeiro passo é definir o potencial vetor associado ao campo magnético confinado a um solenoide infinito de largura a apontando na direção z . O campo magnético no interior do solenoide é dado por:

$$\vec{B} = \nabla \times \vec{A} = B\hat{z}, \quad (1)$$

com o potencial vetor sendo dado por:

$$\vec{A} = \frac{Br}{2} \hat{\phi}, \quad (2)$$

onde $r \in [0, a]$. Apesar do campo magnético ser nulo fora do solenoide, o potencial vetor é diferente de zero e dado por:

$$\vec{A} = \frac{\Phi}{2\pi r} \hat{\phi}, \quad (3)$$

para $r > a$, de tal forma que o potencial vetor é contínuo em $r = a$. Na análise do elétron que está fora, descrevemos o sistema com a equação de Schrödinger:

$$H\psi = E\psi. \quad (4)$$

16 a 18 de novembro de 2023

Por meio de simplificações, assumimos que a função de onda é definida em $r = b > a$, onde o elétron estará preso a uma trajetória circular, os detalhes desse tipo de aproximação analítica podem ser encontrados em trabalhos como o de (NAZAROV; BLANTER, 2009). Desta forma, após algumas deduções, obteremos a seguinte equação diferencial

$$-\frac{d^2\psi}{d\varphi^2} + 2i\hbar\beta \frac{d\psi}{d\varphi} - \varepsilon\psi = 0, \quad (5)$$

onde $\varepsilon = 2mEb/\hbar$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Podemos resolver a equação (5) utilizando uma solução na forma

$$\psi = Ae^{i\lambda\varphi}, \quad (6)$$

onde A é uma constante. Substituindo a Eq. (6) na Eq. (5), obtemos uma relação entre o parâmetro λ e a energia do sistema. Devido a unicidade da solução, a exponencial precisa ter periodicidade de 2π . Assim, aplicando essa condição temos

$$e^{i\lambda 2\pi} = 1.$$

Então, podemos encontrar uma expressão para as autoenergias do sistema, a qual é dada por:

$$E_n = \frac{\hbar^2}{2mb^2} \left(n - \frac{\phi}{\phi_0} \right)^2, \quad (7)$$

com $n = 0, 1, 2, \dots$ e $\phi_0 = h/e$, é o “quantum de fluxo”. Desta forma, ao variar o fluxo de campo magnético ϕ , podemos ver a variação das autoenergias do elétron em função do campo, mesmo o elétron estando numa região onde o campo é nulo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho, foi analisado o efeito AB, o qual é um efeito mecânico quântico que descreve como uma partícula carregada é afetada por um potencial vetor associado a um campo magnético. Esse efeito ocorre mesmo quando o campo magnético é nulo sobre a trajetória realizada pela partícula carregada. Foi verificado que as autoenergias dependem do fluxo de



16 a 18 de novembro de 2023

campo magnético. Essa é apenas uma das maneiras de demonstrar a influência que o potencial vetor, aparentemente, causa nas partículas carregadas.



16 a 18 de novembro de 2023

REFERÊNCIAS

AHARONOV, Y.; BOHM, D. Significance of electromagnetic potentials in the quantum theory. **Phys. Rev., American Physical Society**, v. 115, p. 485–491, Aug 1959. Disponível em: <<https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRev.115.485>>.

EHRENBERG, W.; SIDAY, R. The refractive index in electron optics and the principles of dynamics. **Proceedings of the Physical Society. Section B**, IOP Publishing, v. 62, n. 1, p. 8, 1949.

NAZAROV, Y.; BLANTER, Y. **Quantum Transport: Introduction to Nanoscience**. Cambridge University Press, 2009. ISBN 9781139478175. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=bjmXJOFmqZIC>>.