

IV Workshop de Astronomia e Astrofísica do Paraná - 2025

Livro de resumos



Anais do evento



Livro de resumos do Workshop de Astronomia e Astrofísica do Paraná

ISSN: 2966-2060

Volume 4

2025

Contents

Organização	4
Comitê Organizador	5
IV Workshop de Astronomia e Astrofísica do Paraná - 2025	7
Palestras	8
Simulação de jatos precessantes de AGN	9
Medindo massa em diferentes escalas no Universo com lentes gravitacionais e dinâmica estelar	10
Técnicas para determinação da forma 3D de objetos do Sistema Solar exterior	11
Fotometria profunda e a luz difusa em grupos de galáxias	12
Haleakalā High Altitude Observatory and the HI STAR Program	13
Cosmology with dark sirens and peak sirens	14
As origens de uma rara explosão cósmica: a candidata a kilonova GRB 230307A	15
Comunicações	16
Non-Thermal Emission from Particle Populations around the Magnetars CXOU J171405.7–381031 and Swift J1834.9–0846	17
Modelos de Relaxação Cosmológica da Escala Eletrofraca	18
Determinação Precisa da Forma Solar com Observações Espaciais de Longa Duração	19
Modeling very-high energy gamma-ray emission from HESS J1825-137 and neighboring regions	20
Caracterização da variabilidade em estrelas Be com dados espaciais e de solo	21
The rings of (2060) Chiron	24
MasterClass Física de Partículas	27
Calculadoras de Harvard: Desafios, histórias e desenvolvimentos científicos das mulheres da Astronomia	28
A energia escura consegue explicar um alto índice de crescimento das estruturas cosmológicas?	29
Astrofísica de Neutrinos Solares	30
Merger de buracos negros binários e seus possíveis outflows	31
Buracos negros BTZ e a correspondência ADS/CFT: uma abordagem via fórmula de Cardy-Verlinde	32

Rastros de cordas cósmicas em estruturas de larga escala: uma abordagem com inteligência artificial	35
Apresentações	38
Simulação de jatos relativísticos em rádio galáxias FR0	39
Expansion of the Universe in Bianchi I Cosmology	40
Exploring Richness–Mass Relation Modeling with the CosmoDC2–LSST Catalog	42
Multi-Wavelength Modeling of the SNR G353.6-0.7 / HESS J1731-347 Region	43
Previsão de parâmetros cosmológicos do CosmoDC2 usando contagens de aglomerados	44
Reconstructing the local expansion rate with anisotropic and incomplete sky coverage	45
Oblique Shocks in Massive Star Clusters: A Model to interpret LHAASO observations	46
Energy Condition Bounds in $f(R)$ Theories for Observational Confrontation: an Application to the Hu-Sawicki Model	47
Ciência cidadã na escola desenvolvendo um protocolo para o monitoramento da qualidade do céu no Paraná	49
Frechets Vectors – A new tool to test the symmetries of CMB.	50
Propagação de UHECRs e os seus multi mensageiros: limites superiores e o impacto do campo magnético	51
CTAO Detectability of the Pulsar Halo 1LHAASO J0622+3754	52
Non-thermal emission in FR 0 radio galaxies	53
Escolhas de Calibre e Regime Linear para Perturbações Cosmológicas em Modelos de Ricochete	54
Espessamento do Disco Galáctico Devido a Fusões	56
Desenvolvimento e aplicação de câmera astronômica para estudo de objetos do Sistema Solar	57
Velocidade mínima, simetrias quebradas e uma nova perspectiva sobre a constante cosmológica	59
Em busca de indícios de decoerência na dinâmica quântico-clássica das perturbações primordiais	60
Deteção de Exoplanetas a partir do uso de dispositivo DMD coronógrafo	61
Determining the shape and size of the Trojan 1143 Odysseus through stellar occultations technique and 3D modeling	63
Modelagem de Distribuições Espectrais de Energia (SEDs) em Núcleos Ativos de Galáxias	65
Morfologia e dinâmica do jato de Pictor A	67
Quasi-de sitter expansion in a non-singular quantum cosmological	68
Ensaio em física matemática acerca do tensor métrico e do tensor de Ricci	70
Atualização dos limites dos parâmetros de violação da invariância de Lorentz em DUNE	71
Estudo da origem do deutério cósmico galáctico e sua influência nos raios gama	72
Relativistic Jet Dynamics and Particle Acceleration in Active Galactic Nuclei	73
Autores	74

Organização



Comitê Organizador

Comitê Organizador

- Dr. Thiago Pereira (UEL)
- Dr. Sandro Dias Pinto Vitenti (UEL)
- Dra. Mariana Penna Lima Vitenti (UnB)
- Dr. Luiz Felipe Guimarães (UEL)
- Me. Sanderson Carlos Ribeiro (UEL)

Comitê Organizador e Científico

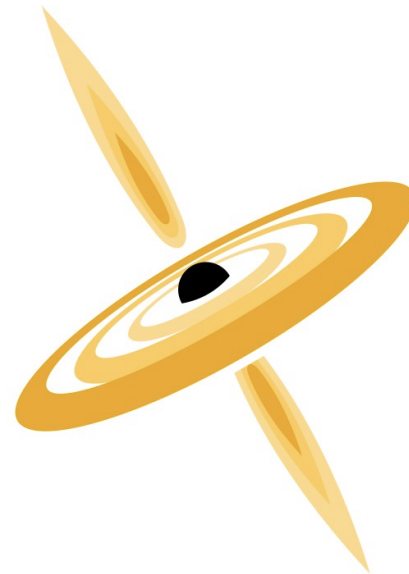
- Dra. Rita de Cássia dos Anjos (UFPR)
- Dr. Alexandre José Tuoto Silveira Mello (UTFPR)
- Dr. Thiago Perreira (UEL)
- Dr. Sandro Dias Pinto Vitenti (UEL)
- Dra. Mariana Penna Lima Vitenti (UnB)



IV Workshop de Astronomia e Astrofísica do Paraná - 29 a 31 de Outubro de 2025 na UEL, Londrina.

Credito: Andre Luiz Ridao

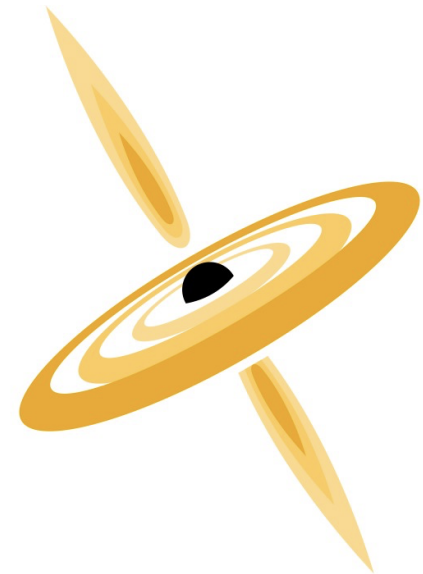
IV Workshop de Astronomia e Astrofísica do Paraná - 2025



Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação

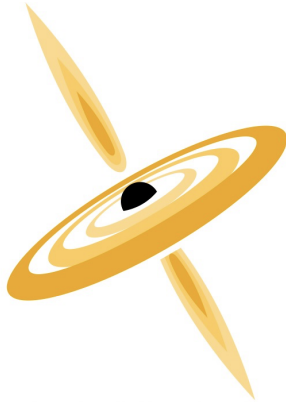
FENÔMENOS EXTREMOS DO
UNIVERSO

Palestras



Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação

**FENÔMENOS EXTREMOS DO
UNIVERSO**



Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação

FENÔMENOS EXTREMOS DO
UNIVERSO



Dra. Rita de Cassia dos Anjos

Professora - UFPR

ritacassia@ufpr.br

Simulação de jatos precessantes de AGN

Apresentarei simulações hidrodinâmicas relativísticas tridimensionais dos jatos precessantes nos lóbulos internos de Centaurus A, examinando sua evolução dinâmica e interação com o meio circundante. Os modelos utilizam parâmetros fisicamente motivados para reproduzir as características observadas do sistema. As simulações reproduzem com sucesso a morfologia distinta em forma de S, a distribuição espacial das regiões de emissão intensa e a acentuada assimetria norte-sul dos lóbulos quando incorporam um período de precessão de 1,8 milhões de anos. Esses resultados restringem quantitativamente a dinâmica da precessão dos jatos em Centaurus A e demonstram como esse mecanismo governa a formação da estrutura observada dos lóbulos internos. As conclusões fornecem novos insights sobre as interações entre jatos e ambiente neste núcleo galáctico ativo próximo.



Dra. Cristina Furlanetto
Professora - UFRGS
cristina.furlanetto@ufrgs.br

Medindo massa em diferentes escalas no Universo com lentes gravitacionais e dinâmica estelar

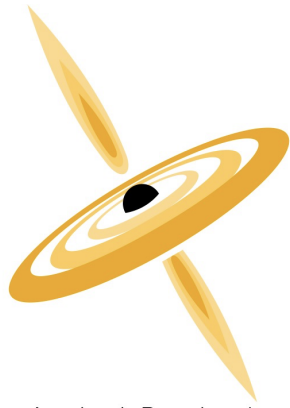
Medir a distribuição de massa no Universo é fundamental para compreender a formação e evolução de galáxias e das maiores estruturas cósmicas. Nesta apresentação, mostrarei como podemos estimar a massa de objetos em escalas muito distintas — desde buracos negros supermassivos até galáxias e grupos de galáxias — combinando duas técnicas complementares: lentes gravitacionais fortes e dinâmica estelar. A união auto-consistente dessas abordagens permite determinar a massa e sua distribuição de forma robusta, superando limitações de cada método isoladamente. Além disso, essa combinação possibilita testar a Relatividade Geral em escalas galácticas e investigar a distribuição de matéria escura no Universo. Esses estudos abrem novas janelas para avançar nosso entendimento tanto da gravidade quanto da física da matéria escura.



Dr. Felipe Braga Ribas
Professor - UTFPR
felipebribas@gmail.com

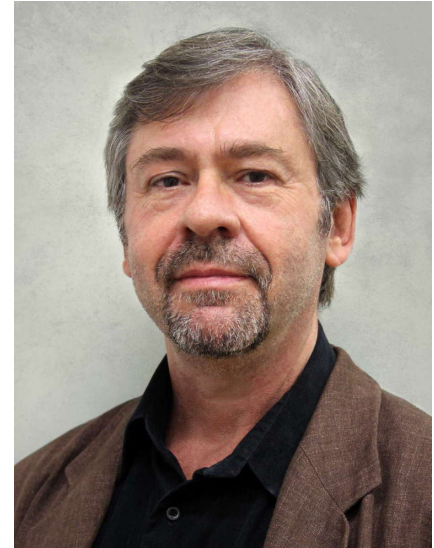
Técnicas para determinação da forma 3D de objetos do Sistema Solar exterior

Ocultações estelares fornecem uma ferramenta poderosa para explorar pequenos corpos do sistema solar. Com esta técnica, suas dimensões podem ser determinadas com precisão na ordem do quilômetro e tem o potencial de detectar características topográficas ao longo do limbo ou estruturas como anéis e satélites ao seu redor. Porém para determinar a sua forma tridimensional, fundamental para determinar suas densidades, é necessário mais do que uma medida instantânea do seu perfil. No caso de objetos grandes, com um formato elipsoidal, o ajuste conjunto de várias detecções de ocultações pode permitir a determinação do seu pólo e três eixos de inércia. Para objetos menores, e portanto irregulares, é necessário associar aos resultados de ocultações outras técnicas. Observações de curvas de rotação em diferentes épocas podem ser usadas para determinar a forma tridimensional através da técnica conhecida como inversão de curva de luz. Desenvolvemos metodologias rigorosas para realizar esta análise conjunta e determinar a forma de Objetos Transnetunianos e Troianos de Júpiter, e as incertezas associadas. Mostrarei neste trabalho como estes ajustes são feitos e os resultados obtidos até o momento.



Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação

FENÔMENOS EXTREMOS DO
UNIVERSO



Dr. Gastão C. B. Lima Neto

Professor - USP

gastao@astro.iag.usp.br

Fotometria profunda e a luz difusa em grupos de galáxias

A maioria das galáxias no Universo se encontram em grupos. Nestes sistemas, as galáxias são fortemente afetadas pelo meio ambiente em que se encontram. Uma consequência das interações entre galáxias em grupos é a presença de uma componente de luz difusa. Esta componente é formada por estrelas que não estão ligadas a nenhuma galáxia em particular, mas sim ao potencial do grupo. Por ter um brilho superficial muito baixo, sua observação é um grande desafio. Neste seminário, irei apresentar resultados obtidos nos últimos anos sobre a distribuição da componente de baixo brilho superficial em grupos de galáxias obtidos pela análise de imagens profundas da MegaCam/CFHT. Em particular, irei destacar os casos dos grupos de NGC 4041 e NGC 5098. Em ambos os casos, a componente de baixo brilho superficial revela um passado recente de atividade dinâmica.



Dr. James D. Armstrong
Professor - University of Hawaii
jamesarm@hawaii.edu

Haleakalā High Altitude Observatory and the HI STAR Program

The Haleakalā High altitude observatory is 3000 meters above sea level on an isolated peak on the island of Maui. The geographical location makes it the best site in the world for studying the sun, and one of the best sights for night time astronomy. I will discuss the site and the Hawaii Student Teacher Astronomical Research program (HI STAR) our efforts to train the next generations of scientists.



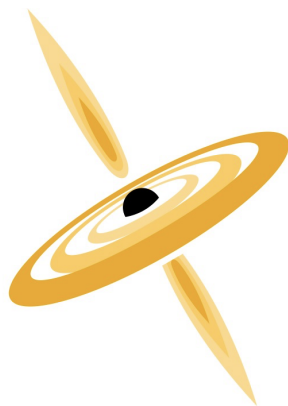
Dr. Miguel B. Quartin

Pesquisador - CBPF

miguel.q.fisica@gmail.com

Cosmology with dark sirens and peak sirens

Observations of gravitational waves (GWs) allow us to infer their locations and distances. Galaxies, on the other hand, have precise angular positions but no direct measurement of their distances – only redshifts. The cross-correlation of GWs with galaxies is thus a very promising cosmological tool since it can lead to a direct measurement of the Hubble diagram $D_L(z)$. In this talk I will discuss two proposed approaches for this cross-correlation. The first one, dubbed line-of-sight dark sirens, is the more traditional one and relies on identifying candidate host galaxies for each GW. The second, named Peak Sirens, relies only on the statistical proximity of the dark sirens and galaxies (a general property of large-scale structures) and is model-independent. I will compare the power of each technique both in terms of precision and robustness to systematics. I show forecasts for run 5 of LIGO-Virgo-KAGRA, as well as for the third-generation observatories Einstein Telescope and Cosmic Explorer. Finally, I will show the first real-data results of the peak sirens method.



Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação

FENÔMENOS EXTREMOS DO
UNIVERSO



Dr. Davi Cabral Rodrigues

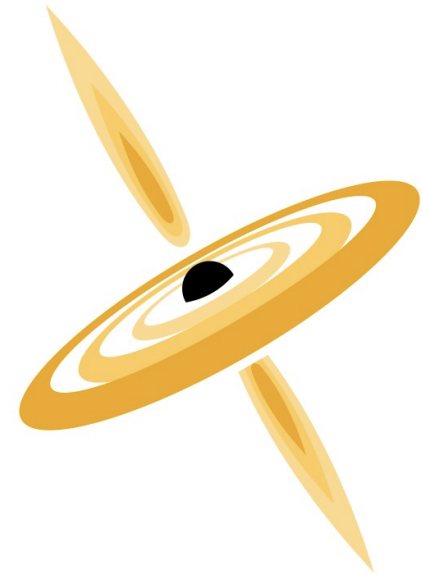
Professor - UFES

davi.rodrigues@ufes.br

As origens de uma rara explosão cósmica: a candidata a kilonova GRB 230307A

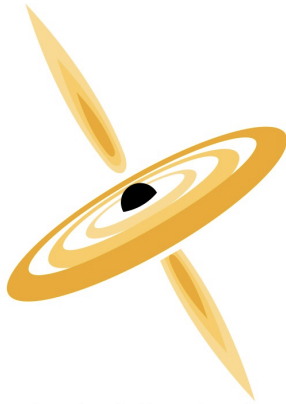
Em março de 2023, foi observada uma explosão de raios gama conhecida como GRB 230307A. Estudos recentes sugerem que esse evento foi uma kilonova, resultado da fusão de estrelas de nêutrons. Nesta apresentação, explorarei sua provável galáxia hospedeira e o fato de a explosão ter ocorrido a cerca de 40 kpc de distância dela. Ao tentar conciliar as observações com modelos e simulações teóricas, vemos que a concordância é possível, mas uma tensão da ordem de 2σ é encontrada. Isso levanta questões sobre como tais sistemas se formam e evoluem. Nenhuma onda gravitacional foi detectada neste caso em particular, mas o estudo do GRB 230307A auxilia na compreensão da população de kilonovas, o que é especialmente relevante para a próxima geração de observatórios de ondas gravitacionais.

Comunicações



Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação

FENÔMENOS EXTREMOS DO
UNIVERSO



Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação

FENÔMENOS EXTREMOS DO
UNIVERSO



Dr. Manoel F. Sousa

Pós-doutorado - USP/São Carlos

mfelipe.sousa@ifsc.usp.br

Non-Thermal Emission from Particle Populations around the Magnetars CXOU J171405.7–381031 and Swift J1834.9–0846

High-energy cosmic particles provide valuable insight into the most extreme astrophysical sources. Magnetars, a subclass of neutron stars characterized by ultra-strong magnetic fields ($B \sim 10^{14} - 10^{15}$ G), have been proposed as efficient particle accelerators and potential sources of high-energy emission. The detection of non-thermal radiation in their vicinity, spanning from radio wavelengths to very-high-energy gamma rays, points to the presence of relativistic particle populations interacting with their surrounding media. Motivated by the gamma-ray sources identified in the sky regions of known magnetars, this work presents a comprehensive multiwavelength study of the environments of CXOU J171405.7–381031 and Swift J1834.9–0846, focusing on their potential as cosmic accelerators. We investigate emission mechanisms within both leptonic and lepto-hadronic frameworks, including synchrotron radiation, inverse Compton scattering, and pion decay. Our analysis shows that the observed gamma-ray emission from these regions can be consistently interpreted through a combination of leptonic and hadronic processes, with pion decay providing the dominant contribution at TeV energies, especially in dense environments. These results support the view that magnetars embedded within supernova remnants and/or pulsar wind nebulae can serve as efficient accelerators of cosmic rays.



Dr. Leonardo de Lima

Professor - UTFPR

leonardolima@utfpr.edu.br

Modelos de Relaxação Cosmológica da Escala Eletrofraca

Modelos de Relaxação Cosmológica da Escala Eletrofraca oferecem uma alternativa interessante para resolver o problema da hierarquia da escala eletrofraca. Nestes modelos, um campo escalar, chamado Relaxion se acopla linearmente ao campo de Higgs e adquire um valor esperado de vácuo (vev). A medida que este vev realiza slow-rolling sob a expansão de Hubble, o termo de massa do Higgs evolui, até o Relaxion ficar preso em um mínimo do potencial gerado dinamicamente que é da ordem da escala eletrofraca, estabilizando também o vev do Higgs. Apresentaremos modelos que são realizações do Relaxion baseadas em modelos de N sítios e de dimensão extra curva, capazes de gerar naturalmente o potencial adequado ao mecanismo de relaxação.



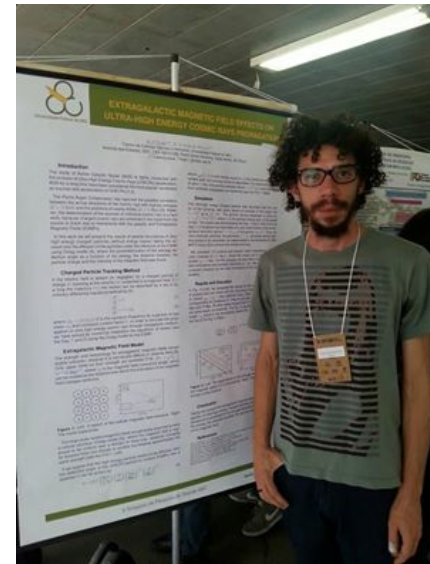
Dr. Marcelo Emilio

Professor - UEPG

marcelo_emilio@yahoo.com

Determinação Precisa da Forma Solar com Observações Espaciais de Longa Duração

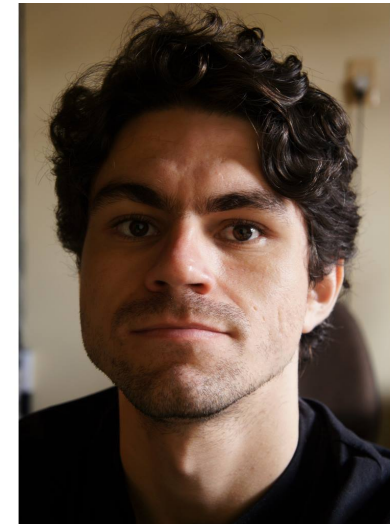
Apesar de décadas de observações modernas, ainda não tínhamos uma determinação precisa da forma real do Sol. Espera-se que o limbo solar desvie muito pouco de um círculo perfeito, mas mesmo pequenas diferenças — chamadas de asfericidades — podem revelar informações importantes sobre o interior solar e sua atmosfera, áreas de difícil acesso por outros meios. Neste estudo, utilizamos dados de um experimento espacial de longa duração, com alta resolução, para investigar a forma do Sol. Descobrimos que o Sol apresenta uma oblatidade (achatamento nos polos) constante ao longo do tempo, praticamente insensível às variações do ciclo solar. Além disso, verificamos que esse achatamento é menor do que o previsto por modelos teóricos, o que pode indicar que a rotação nas camadas mais externas do Sol é mais lenta do que se pensava. Esses resultados contribuem para uma melhor compreensão da estrutura e dinâmica solar e mostram como medições extremamente precisas podem revelar aspectos sutis, porém fundamentais do Sol.



Dr. Rubens Jr. Costa
Pós-doutorado - UTFPR
rubensp@utfpr.edu.br

Modeling very-high energy gamma-ray emission from HESS J1825-137 and neighboring regions

This work analyzes gamma-ray emission from relativistic electron and proton populations, focusing on the very-high-energy (VHE, $E > 0.1$ TeV) gamma-ray region HESS J1825-137. Associated with pulsar PSR J1826-1334, HESS J1825-137 has been extensively studied by High Energy Stereoscopic System (H.E.S.S.), High-Altitude Water Cherenkov Gamma-Ray Observatory (HAWC), and Large High Altitude Air Shower Observatory (LHAASO), and is notable for its flux levels compared to the Crab Nebula. This study models new observational data using a single-zone approach with Naima and Markov Chain Monte Carlo (MCMC) methods. We also evaluate the capabilities of the upcoming Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO). Our findings indicate inverse Compton scattering as the primary gamma-ray production mechanism, with pion decay as a secondary contributor.



Dr. Alan Wagner Pereira
Pós-doutorado - UEPG
alan.pereira@uepg.br

Caracterização da variabilidade em estrelas Be com dados espaciais e de solo

As estrelas Be são rotadores rápidos de tipo B que ejetam matéria formando um disco equatorial, mas o mecanismo que provoca essas ejeções ainda não é totalmente compreendido. A presença deste disco resulta na característica emissão em linhas de Hidrogênio. A principal hipótese atribui a ejeção de massa à energia adicional fornecida por pulsações não-radiais (NRPs)[1]. Este trabalho tem como objetivo investigar tal conexão por meio de uma abordagem sinérgica, combinando fotometria espacial de alta cadência (TESS e Kepler/K2), dados astrométricos (Gaia) e espectroscopia de solo, que inclui tanto dados de bancos de dados quanto observações realizadas nos observatórios Pico dos Dias e SOAR. A metodologia foca em um tratamento de dados cuidadoso para preservar as características astrofísicas relevantes. Foram investigadas diferentes técnicas de remoção de tendências (detrending) para garantir que a variabilidade associada aos outbursts não fosse suprimida. Além disso, em campos estelares densos, foram utilizadas máscaras de extração customizadas e investigados métodos de disponíveis para mitigar a contaminação por fontes vizinhas (deblending). A análise de Fourier, por meio de pre-whitening iterativo, permite a identificação das frequências de pulsação, e a estabilidade temporal dos sinais é avaliada com ferramentas como a análise de wavelets [2]. Medidas da largura equivalente da linha H-alpha, principal traçador da atividade do disco, são obtidas dos espectros. Os resultados demonstram a interdependência entre a fotosfera e o disco, onde a modulação do brilho estelar pelas pulsações está diretamente ligada às mudanças na atividade do disco, evidenciadas pela linha H-alpha [3]. Esta caracterização detalhada é fundamental para testar os

modelos que conectam os processos internos da estrela à dinâmica do seu ambiente circunstelar, fornecendo evidências para a compreensão do fenômeno Be.

Bibliography

- [1] Rivinius, T., Baade, D., Stefl, S., et al. Stellar and circumstellar activity of the Be star MU Centauri. II. Multiperiodic low-order line-profile variability. *Astronomy and Astrophysics*, 336:177–190, 1998.
- [2] Pereira, A. W., Janot-Pacheco, E., Emilio, M., et al. Characterizing B stars from Kepler/K2 Campaign 11. Optical analysis and seismic diagnostics. *Astronomy and Astrophysics*, 686, A20, 2024.
- [3] Pereira, A.W., Janot-Pacheco, E., Andrade, L., and Emilio, M. The persistent Be enigma: The case of HD 212044. *Astronomy and Astrophysics*, 691, L4, 2024.



Dr. Chrystian Luciano Pereira
Pós-doutorado - ON/MCTI
chrystianpereira@on.br

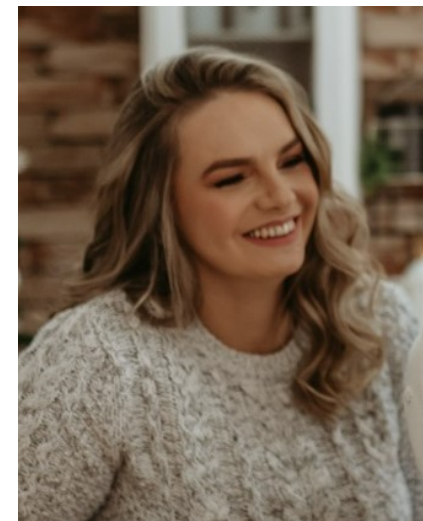
The rings of (2060) Chiron

In addition to the giant planets, rings have been found around three small Solar System bodies: Centaur Chariklo [1], dwarf planet Haumea [2], and TNO Quaoar [3, 4], with Quaoar's rings lying beyond its Roche limit. Earlier stellar occultations of Centaur Chiron in the 1990s and 2011 revealed surrounding material interpreted as jets, shells, or rings. To investigate further, new stellar occultations were observed in 2018, 2019, 2022, and 2023. The 2018 event set detection limits for nearby structures, while the 2019 multi-chord event helped constrain Chiron's size, shape, and density[5]. In 2022, large telescopes detected an extended disk (~ 580 km) with two dense regions at 325 ± 16 km and 423 ± 11 km from Chiron's center, consistent with rings[6]. The most recent occultation, on Sept. 10, 2023, was observed using both professional and amateur telescopes in Chile, Argentina, and Brazil[7]. This event produced the highest number of detection chords for Chiron and enabled a detailed study using high S/N and high-cadence data. Several secondary extinction features were seen in the light curve from the 1.6-m Perkin-Elmer telescope at Observatório do Pico dos Dias (Brazil), matching structures from past events. A comprehensive analysis of this and previous occultations confirms the existence of a three-ring system around Chiron, located at average distances of 273 km, 325 km, and 438 km, with the outermost ring beyond its Roche limit. The rings share a common mean pole with ecliptic coordinates $\lambda = 151^\circ \pm 4^\circ$ and $\beta = 20^\circ \pm 6^\circ$. They are embedded within a broader disk-like structure whose optical depth decreases outward from ~ 200 km, with another material concentration near ~ 550 km. A faint external feature was also detected at $\sim 1,380$ km. The variability in the amount and distribution of material observed over the years suggests that Chiron hosts an

active and evolving ring system, which may be fed by outbursts, characterizing it as one of the most interesting ring systems discovered so far.

Bibliography

- [1] Braga-Ribas, F., Sicardy, B., Ortiz, J. L., et al. 2014, *Nature*, 508, 72.
- [2] Ortiz, J. L., Santos-Sanz, P., Sicardy, B., et al. 2017, *Nature*, 550, 219.
- [3] Morgado, B. E., Sicardy, B., Braga-Ribas, F., et al. 2023, *Nature*, 614, 239.
- [4] Pereira, C. L., Sicardy, B., Morgado, B. E., et al. 2023, *Astronomy & Astrophysics*, 673, L4.
- [5] Braga-Ribas, F., Pereira, C. L., Sicardy, B., et al. 2023, *Astronomy & Astrophysics*, 676, A72.
- [6] Ortiz, J. L., Pereira, C. L., Sicardy, B., et al. 2023, *Astronomy & Astrophysics*, 676, L12.
- [7] Pereira, C. L., Braga-Ribas, F., Sicardy, B., et al. 2025, *The Astrophysical Journal*, accepted.



Dra. Danuce Marcele Dudek
Professora - UTFPR/Toledo
danucedudek@utfpr.edu.br

MasterClass Física de Partículas

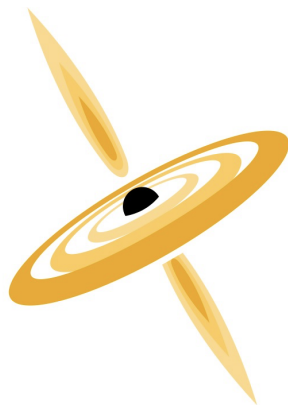
O MasterClass Física de Partículas é um evento anual ofertado para estudantes e professores do Ensino Médio de Toledo e região. Nesse evento o público tem acesso a palestras de temas atuais da física que são muito pouco abordados na disciplina de física do Ensino Médio, como, Cosmologia, Física Nuclear, Mecânica Quântica, Raios Cósmicos e a Física de Partículas, em linguagem acessível a todos. Os estudantes aprendem sobre os constituintes fundamentais da matéria, funcionamento de aceleradores de partículas, em especial do Large Hadron Collider (LHC), são colocados em contato com a forma como é feita a análise de dados do LHC. Para verificar a aprendizagem, os estudantes têm a oportunidade de serem “físicos de partículas experimentais” por um dia, analisando dados reais das colisões de próton-próton, do LHC.



Dra. Camila Sitko
Professora - UTFPR
camilasitko@utfpr.edu.br

Calculadoras de Harvard: Desafios, histórias e desenvolvimentos científicos das mulheres da Astronomia

Nesta palestra, será discutido a respeito da participação das chamadas "Calculadoras de Harvard" na construção dos conhecimentos da Astronomia Moderna, ao mesmo tempo em que se traz à tona a omissão de duas contribuições para a área, e a relação disso com as questões de gênero na ciência.



Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação

FENÔMENOS EXTREMOS DO
UNIVERSO



Dr. Ronaldo C. Batista

Professor - UFRN

rbatista@ect.ufrn.br

A energia escura consegue explicar um alto índice de crescimento das estruturas cosmológicas?

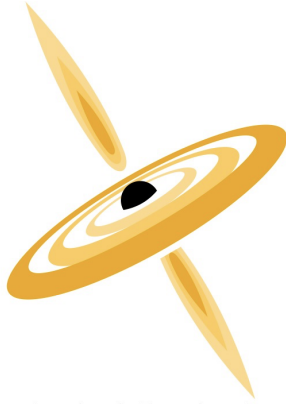
Recentemente, foi medido um alto índice de crescimento das estruturas cosmológicas, $\gamma = 0,633^{+0.025}_{-0.024}$. Esse índice determina a taxa de crescimento das perturbações cosmológicas de matéria, dada por $d \ln \delta_m / d \ln a \simeq \Omega_m^\gamma(a)$ e seu valor teórico para o modelo Λ CDM é $\gamma = 0,55$, significativamente abaixo do valor medido (tensão $\sim 4\sigma$). Nesta apresentação, mostraremos que modelos de energia escura, tanto homogênea como aglomerativa, descritas pela parametrização $w_0 w_a$ não são capazes de explicar esse valor medido.



Dr. André Steklain
Professor - UTFPR
steklain@utfpr.edu.br

Astrofísica de Neutrinos Solares

Os neutrinos estão entre as partículas fundamentais produzidas nas reações nucleares que ocorrem no interior do Sol. Seu estudo tem sido essencial tanto para a compreensão das reações que ocorrem no interior das estrelas quanto para o entendimento das propriedades dos próprios neutrinos, como a oscilação entre sabores. Nesta palestra, será apresentada uma introdução ao papel dos neutrinos solares na física de partículas e na astrofísica, abordando os principais experimentos históricos e os desafios atuais na detecção dessas partículas. Discutiremos também o papel de diversos experimentos de neutrinos da atualidade na astrofísica multimessageira.



Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação

FENÔMENOS EXTREMOS DO
UNIVERSO



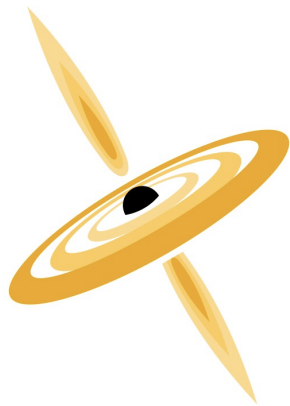
Dr. Carlos H. Coimbra Araújo

Professor - UFPR

carlos.coimbra@ufpr.br

Merger de buracos negros binários e seus possíveis outflows

Atualmente os sistemas binários de buracos negros (BBHs) são amplamente estudados na astrofísica, principalmente porque os mergers de buracos negros de massa estelar agora são detectados na forma de ondas gravitacionais. Embora muitos estudos recentes tenham se dedicado às últimas fases dos BBHs, onde os buracos negros são cercados por um disco circumbinário final, a estrutura desses sistemas antes da formação do disco permanece amplamente inexplorada. Neste trabalho, apresentaremos a história de formação do disco circumbinário a partir da investigação de possíveis modificações induzidas pela presença de um buraco negro secundário na estrutura do disco de acreção que envolve o buraco negro primário. Discorreremos também sobre as possíveis características específicas do fluxo de acreção durante o processo de fusão e como isso pode ajudar na identificação desses sistemas por meio, não só de ondas gravitacionais, mas também – num quadro mais amplo de astronomia multi mensageira – da identificação do espectro de emissão eletromagnética do sistema e também da possível emissão de raios cósmicos de ultra alta energia.



Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação

FENÔMENOS EXTREMOS DO
UNIVERSO



Dr. Thiago Gilberto do Prado

Professor - UTFPR

thiagoprado@professores.utfpr.edu.br

Buracos negros BTZ e a correspondência ADS/CFT: uma abordagem via fórmula de Cardy-Verlinde

As propriedades dos buracos negros, tanto clássicos quanto quânticos, motivaram por décadas a busca por modelos simplificados que preservassem suas características fundamentais sem as complexidades inerentes às soluções em dimensões mais altas. Nesse contexto, Bañados, Teitelboim e Zanelli (BTZ) propuseram um buraco negro tridimensional com constante cosmológica negativa [1], que se tornou um paradigma para o estudo da gravitação quântica e da correspondência AdS/CFT. O princípio holográfico, formulado originalmente por 't Hooft e Susskind, sugere que a informação contida em um volume de espaço-tempo pode ser codificada em sua fronteira. No cenário de um universo fechado de Friedman-Robertson-Walker (FRW) dominado por radiação, Verlinde derivou uma fórmula notável que relaciona a entropia de uma teoria de campo conforme (CFT) à energia de Casimir via uma generalização da fórmula de Cardy [2]:

$$S = \frac{2\pi R}{n} \sqrt{E_C(2E - E_C)}, \quad (1)$$

onde S é a entropia na fronteira da CFT, R é o raio da fronteira, E_C é a energia de Casimir, n é a dimensão da seção espacial da fronteira e E é a energia total do sistema. A correspondência AdS/CFT, proposta por [3], estabelece uma dualidade entre uma teoria gravitacional em um espaço anti-de Sitter (AdS) e uma teoria de campo conforme (CFT) em sua fronteira. O buraco negro BTZ, por sua simplicidade e propriedades termodinâmicas análogas às de buracos negros em dimensões superiores, tornou-se um laboratório ideal para testar essa correspondência [4]. A aplicação da fórmula de Cardy-Verlinde ao buraco negro BTZ permite relacionar as propriedades

termodinâmicas do bulk gravitacional com aquelas na fronteira conforme. Resultados recentes mostram que a entropia do BTZ pode ser recuperada via a fórmula de Cardy em CFTs bidimensionais [5], reforçando a robustez da correspondência $\text{AdS}_3/\text{CFT}_2$. Além disso, discussões contemporâneas abordam extensões dessa relação para cenários com quebra de conformalidade ou em presença de matéria escura efetiva [6], demonstrando a relevância contínua do modelo BTZ para o estudo da gravitação quântica e do princípio holográfico.

Bibliography

- [1] M. Banados, C. Teitelboim, and J. Zanelli. The black hole in three-dimensional space-time. *Physical Review Letters*, 69(13):1849–1851, 1992. doi: 10.1103/PhysRevLett.69.1849.
- [2] E. Verlinde. On the holographic principle in a radiation dominated universe. *Journal of High Energy Physics*, 2000(04):060, 2000. doi: 10.1088/1126-6708/2000/04/060.
- [3] J. Maldacena. The large n limit of superconformal field theories and supergravity. *Advances in Theoretical and Mathematical Physics*, 2(2):231–252, 1998. doi: 10.1023/A:1026654312961.
- [4] S. Carlip. Conformal field theory, (2+1)-dimensional gravity, and the btz black hole. *Classical and Quantum Gravity*, 22(12):R85–R124, 2005. doi: 10.1088/0264-9381/22/12/R01.
- [5] A. Strominger. Black hole entropy from near-horizon microstates. *Journal of High Energy Physics*, 1998(02):009, 1998. doi: 10.1088/1126-6708/1998/02/009.
- [6] D. Grumiller, R. McNees, and J. Salzer. Holographic applications of logarithmic conformal field theories. *Physics Reports*, 721:1–60, 2017. doi: 10.1016/j.physrep.2017.10.001. %newblock *Annalen der Physik*, 17:891–921, 1905.



Dr. Disrael Camargo Neves da Cunha
Pós-doutorado - UnB
disrael.dacunha@mail.mcgill.ca

Rastros de cordas cósmicas em estruturas de larga escala: uma abordagem com inteligência artificial

As cordas cósmicas são defeitos topológicos previstos em diversos cenários de física de altas energias no universo primordial. Sua detecção representaria uma evidência decisiva de processos além do Modelo Padrão e da cosmologia padrão. Um dos principais sinais associados a essas estruturas é a formação de rastros (“wakes”) na distribuição de matéria em larga escala, cuja morfologia se diferencia das flutuações típicas da estrutura cósmica. A busca por esses rastros enfrenta, entretanto, dificuldades significativas devido ao ruído estatístico e à complexidade do crescimento não linear da matéria.

Neste trabalho, uma continuação de [1], apresentamos um projeto em desenvolvimento que busca aplicar técnicas de inteligência artificial, em particular redes neurais convolucionais, para distinguir a presença ou ausência de rastros de cordas cósmicas em mapas cosmológicos simulados. A estratégia consiste em utilizar pares de simulações com e sem a inserção do sinal de wake, de modo a treinar a rede a reconhecer padrões sutis característicos dessas estruturas.

Embora ainda não tenhamos resultados quantitativos, espera-se que a metodologia ofereça uma alternativa promissora às análises tradicionais, aumentando a sensibilidade à detecção de cordas cósmicas em futuros levantamentos de grande escala. Este projeto busca, assim,

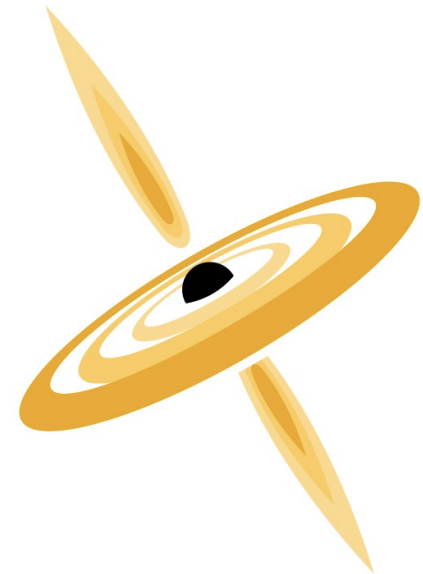
contribuir para a exploração de fronteiras na cosmologia computacional e na interseção entre inteligência artificial e física fundamental.

Palavras-chave: Cosmologia; Cordas cósmicas; Estrutura em larga escala; Inteligência artificial; Redes neurais.

Bibliography

- [1] D. C. N. da Cunha, “Signature of a cosmic string wake at $z = 3$,” JCAP **06** (2020), 016 [arXiv:1810.07737 [astro-ph.CO]].

Apresentações



Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação

FENÔMENOS EXTREMOS DO
UNIVERSO



Autor: André F. S. Cardoso¹

Co-autores: Rita de Cassia Dos Anjos²

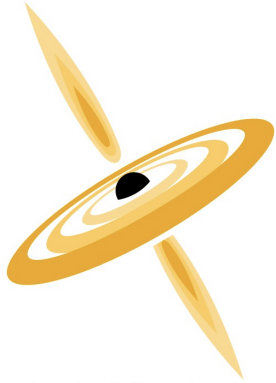
¹UFES, ²UFPR

¹Estudante de Doutorado

andre.f.cardoso@edu.ufes.br

Simulação de jatos relativísticos em rádio galáxias FR0

As rádio-galáxias constituem uma classe de galáxias caracterizadas por intensa emissão em ondas de rádio, produzida principalmente por buracos negros supermassivos que estão acumulando matéria em núcleos ativos (AGNs). A presença desses AGNs frequentemente dá origem a jatos poderosos, capazes de atingir velocidades relativísticas e transportar partículas de alta energia. As classes bem conhecidas de rádio-galáxias, FRI e FRII, exibem jatos altamente energéticos, que tipicamente se estendem por mais de 30 kpc. Mais recentemente, entretanto, foi identificada uma nova classe: as rádio-galáxias FR0. Esses sistemas também apresentam atividade de jato, mas menos extensa, atingindo no máximo cerca de 5 kpc. As FR0s são encontradas predominantemente no universo próximo ($z < 0.05$), são geralmente hospedadas por galáxias elípticas com linhas de baixa excitação, e apresentam luminosidades em rádio em 1.4 GHz no intervalo $38.19 < \log(L_{1.4}) < 40.27$, com massas de buracos negros entre $7.4 < \log(M_{BH}) < 9.0$. Como as FR0s compartilham muitas semelhanças físicas com as FRIs, nosso objetivo é modelar a turbulência em seus jatos hidrodinâmicos e simular sua evolução utilizando o código PLUTO. Nesta primeira etapa, focaremos no regime de hidrodinâmica relativística, desconsiderando os efeitos de campos magnéticos, para investigar o ambiente dos jatos das FR0s. A partir de mapas em rádio de duas fontes específicas, pretendemos analisar a morfologia de seus jatos e reproduzir a extensão espacial observada de sua emissão. Além disso, exploraremos a possível detectabilidade desses objetos pelo Cherenkov Telescope Array (CTA), a fim de avaliar potenciais processos de aceleração de partículas em altas energias. Em estudos futuros, planejamos incluir os efeitos do campo magnético e examinar sua influência na evolução de partículas-teste, comparando os resultados com observações em raios gama já reportadas na direção dessas duas fontes FR0.



Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação
**FENÔMENOS EXTREMOS DO
UNIVERSO**

Autor: Bruno H. S. Nogueira^{1,*}

Co-autores: Mariana Penna-Lima¹

¹UnB

***Estudante de Doutorado**

858bruno@gmail.com

Expansion of the Universe in Bianchi I Cosmology

The standard cosmological model assumes spatial homogeneity and isotropy, assumptions that are supported by cosmic microwave background observations on scales larger than 100 Mpc. However, local measurements suggest that these assumptions may break down at smaller scales. In this work, we revisit the Friedmann model and extend its methodology to the anisotropic Bianchi I metric, which allows for distinct scale factors along each spatial direction. We derive the equations of motion for these scale factors and define directional Hubble functions analogous to the standard Hubble parameter. The energy densities of cosmological fluids (matter, radiation, and cosmological constant) are adapted to the anisotropic framework, incorporating directional pressure components.

Analytical solutions for the scale factors are obtained for matter-dominated and cosmological-constant-dominated universes, revealing asymptotic convergence to the Friedmann solutions at late times. Our results confirm that anisotropies decay as $t^{2/3}$ in a matter-dominated era and as $e^{\sqrt{\Lambda/3}t}$ in a Λ -dominated regime, preserving consistency with large-scale isotropy. Future work will focus on expressing directional Hubble functions in terms of redshift and angular position to probe anisotropies at different scales using type Ia supernovae and low- z galaxies, aiming to determine the scale below which the Friedmann model ceases to be valid.

Bibliography

- [1] T. Koivisto and D. F. Mota, *Anisotropic dark energy: dynamics of the background and perturbations*, J. Cosmol. Astropart. Phys., 2008.
- [2] S. M. Carroll, *Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity*, Pearson Education, 2014.



Autor: Cinthia N. de Lima^{1,*}

Co-autores: Sandro D. P. Vitenti¹

¹UEL

***Estudante de Doutorado**

cinthia.n.lima@uel.br

Exploring Richness–Mass Relation Modeling with the CosmoDC2–LSST Catalog

Galaxy clusters are powerful cosmological probes, and their abundance provides important constraints on cosmological parameters and the nature of dark energy. The abundance of galaxy clusters is estimated through the mass function. However, since cluster masses cannot be measured directly, they are inferred through observable proxies—such as optical richness—which are linked to mass via empirical scaling relations. Richness, defined as the number of member galaxies within a cluster, is a widely used proxy in optical surveys. The scatter on the richness–mass scaling relation is typically modeled using a log-normal distribution, which is accounted for in cluster abundance analyses. Recent studies have indicated deviations from the commonly assumed linear model of this richness–mass relation [1], indicating that selection effects may introduce biases in the estimated relation. In this work, we investigate the functional form of the richness–mass scaling relation using cosmoDC2 data, testing both linear and quadratic models to explore dependencies on mass and redshift. Our results aim to refine the modeling of this relation, thereby contributing to more accurate cosmological inferences from cluster abundance measurements.



Autor: Débora Beatriz Götz^{1,*}

Co-autores: Rita de Cássia dos Anjos²

¹UEL, ²UFPR

***Estudante de Doutorado**

debora.beatriz.gotz@uel.br

Multi-Wavelength Modeling of the SNR G353.6-0.7 / HESS J1731-347 Region

Supernova remnants (SNRs) are considered among the possible sources of Galactic cosmic rays, with the capability of accelerating particles up to PeV energies ($10^{15} eV$). The SNR G353.6–0.7, coincident with HESS J1731–347, shows clear evidence of non-thermal emission in radio, X-rays, and gamma rays, indicating particle acceleration up to TeV energies ($10^{12} eV$). In this work, we modeled the observational data of this source under two scenarios: a purely leptonic model and a lepto-hadronic model. The simulations were performed using Naima, a Python package, with MCMC methods applied to fit the spectral parameters. In both scenarios, the Exponential Cutoff Power Law (ECPL) function provided a good description of the data, with the lepto-hadronic model showing better agreement with the observed emission. We also present the expected sensitivity curves of the Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO) for this region, together with predicted flux points that may be detected in future observations.



Autor: Henrique Lettieri^{1,*}

Co-autores: C.N. de Lima, S. Vitenti, M. Penna-Lima and L. F. Demétrio

¹UEL

***Estudante de Doutorado**

henrique.cnl23@uel.br

Previsão de parâmetros cosmológicos do CosmoDC2 usando contagens de aglomerados

O Observatório Vera C. Rubin é um dos novos experimentos que fornecerá catálogos de aglomerados de galáxias. Esses catálogos serão maiores e conterão dados mais precisos do que os disponíveis atualmente. Naturalmente, com esses catálogos, surge a necessidade de desenvolver softwares capazes de lidar com o novo tamanho e a nova precisão. Além disso, a necessidade de testar diferentes hipóteses físicas requer ferramentas cosmológicas modularizadas. Usando esses software, podemos testar cada modelo de forma independente, incluir e testar cada aspecto necessário para as análises finais. Em nosso trabalho, desenvolvemos em uma dessas estruturas cosmológicas, a NumCosmo que será usada pela equipe de pesquisas da colaboração LSST-DESC, a estrutura necessária para restrição de parâmetros cosmológicos a partir da contagem de aglomerados de galáxias. Ao decorrer do trabalho desenvolvemos todas as passagens necessárias, desde a determinação da correspondência entre cada detecção de aglomerado e halo de matéria escura, a relação massa observável e a relação entre número de aglomerados e a cosmologia para realizar uma análise completa de MCMC, para restringindo os parâmetros cosmológicos usados para criar a simulação CosmoDC2.



Co-autores: Ricardo Gonzatto Rodrigues, Vitoria Menegon Gomes, Thiago dos Santos Pereira¹

Autor: João Gabriel Vicente^{1,*}

¹UEL

*Estudante de Doutorado

jgabvicente.2000@uel.br

Reconstructing the local expansion rate with anisotropic and incomplete sky coverage

We infer the first three multipoles of the local expansion rate using the Cosmicflows-4 catalog, a heterogeneous compendium of redshifts and distance moduli of galaxies in the nearby Universe. We focus on galaxies within the spherical shell of $30h^{-1} - 150h^{-1}$ Mpc. To account for the anisotropic sky coverage and the systematic lack of data along the Galactic Plane, we apply a pixelization and masking procedure, where empty or inhomogeneously sampled pixels are masked. The full-sky map is then reconstructed via a maximum-likelihood estimation of the masked harmonic coefficients. We validate this methodology by performing several simulations of models with different levels of anisotropy, statistical noise, sample distributions, and sky coverage. In the context of the Λ CDM model, our preliminary results indicate a bulk flow of (174 ± 13) km s⁻¹ directed towards Galactic coordinates $(l, b) = (293, -2) \pm (4, 2)$. Additionally, the quadrupole and the octopole are roughly four and ten times less intense than the dipole, respectively. We find that, while the quadrupole and octopole are consistent with Λ CDM predictions, such an intense dipole has only a 0.8% chance of occurring in a perturbed Λ CDM cosmology. These results are consistent with previous studies, providing an independent inference.



Autor: Luana N. Padilha^{1,*}

Co-autores: Rita de Cássia dos Anjos²

¹UEL, ²UFPR

***Estudante de Doutorado**

luana.natalie.padilha@uel.br

Oblique Shocks in Massive Star Clusters: A Model to interpret LHAASO observations

This work establishes oblique shocks in Massive Star Clusters (MSC) as a primary mechanism for accelerating cosmic rays (CR) up to the knee region of the energy spectrum. Considering the complex dynamics resulting from collective stellar winds and supernova explosions in these environments, we developed a model that incorporates the combined contribution of these processes, with emphasis on the influence of the shock obliquity angle on the maximum energy reached by the accelerated particles. Our model successfully reproduces the recent data from the LHAASO observatory, demonstrating that powerful MSC are capable of accelerating particles to PeV-scale energies. The model also provides predictions for the associated gamma-ray and neutrino emission. We find that local turbulence and shock geometry are dominant factors in determining acceleration efficiency and shaping the resulting CR composition. This study reinforces the importance of MSC as galactic sources of cosmic rays, connecting theory and recent observations.



Autor: Lucca Lopes Dias Santos^{1,*}

Co-autores: Mariana Penna-Lima, Bruno Henrique Sousa Nogueira¹

¹UnB

*Estudante de Doutorado

lopes.lucca@aluno.unb.br

Energy Condition Bounds in $f(R)$ Theories for Observational Confrontation: an Application to the Hu-Sawicki Model

Observational data suggest a recent accelerated expansion of the universe [1]. Within the framework of the Standard Model of Cosmology, such expansion is regarded as a consequence of dark energy [2]. An alternative approach, however, involves geometric modifications to General Relativity, leading to modified theories of gravity [3]. The energy conditions are a set of physical assumptions that impose constraints on the Ricci and energy-momentum tensors, which translate into inequalities when applied to some gravity theory [4]. These constraints can be written in terms of cosmographic functions, such as the Hubble $H(z)$, the deceleration $q(z)$, the jerk $j(z)$, and the snap $s(z)$ functions [5], which can be reconstructed from observational data [6]. In this work, we derive the equations of motion for a general $f(R)$ gravity model and evaluate the energy conditions within the Hu-Sawicki $f(R)$ theory, obtaining bounds for its parameters in terms of these cosmographic functions. We also find expressions for $j(z)$ and $s(z)$ in terms of $H(z)$, $q(z)$, and their derivatives. Then, we reconstruct $q(z)$ using data from type Ia supernovae, cosmic chronometers, and baryon acoustic oscillations, obtaining observational constraints on the Hu-Sawicki $f(R)$ parameters.

Bibliography

- [1] Adam G. Riess, Alexei V. Filippenko, Peter Challis, Alejandro Clocchiatti, Alan Diercks, Peter M. Garnavich, Ron L. Gilliland, Craig J. Hogan, Saurabh Jha, Robert P. Kirshner, B. Leibundgut, M. M. Phillips, David Reiss, Brian P. Schmidt, Robert A. Schommer, R. Chris Smith, J. Spyromilio, Christopher Stubbs, Nicholas B. Suntzeff, and John Tonry. Observational evidence from supernovae for an accelerating universe and a cosmological constant. *The Astrophysical Journal*, 116(3):1009–1038, 1998. DOI: 10.1086/300499.
- [2] Edmund J. Copeland, M. Sami, and Shinji Tsujikawa. Dynamics of dark energy. *International Journal of Modern Physics D*, 15(11):1753–1935, 2006. DOI: 10.1142/S021827180600942X.
- [3] Timothy Clifton, Pedro G. Ferreira, Antonio Padilla, and Constantinos Skordis. Modified gravity and cosmology. *Physics Reports*, 513(1):1–189, March 2012. DOI: 10.1016/j.physrep.2012.01.001.
- [4] Stephen W. Hawking and George F. R. Ellis. *The Large Scale Structure of Space-Time*. Cambridge University Press, 1973.
- [5] M. Penna-Lima, S. D. P. Vitenti, M. E. S. Alves, J. C. N. de Araujo, and F. C. Carvalho. Reconstruction of energy conditions from observations and implications for extended theories of gravity. *The European Physical Journal C*, 79:175, 2019. DOI: 10.1140/epjc/s10052-019-6668-9.
- [6] S. D. P. Vitenti and M. Penna-Lima. A general reconstruction of the recent expansion history of the universe. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, 2015(09):045, September 2015. DOI: 10.1088/1475-7516/2015/09/045.



Autor: Matheus Leal Castanheira^{1,*}

Co-autores: Marcelo Emilio¹, Gabriel Pinto¹, Rodrigo Arantes Reis¹

¹UEPG

***Estudante de Doutorado**

mlcastanheira@gmail.com

Ciência cidadã na escola desenvolvendo um protocolo para o monitoramento da qualidade do céu no Paraná

A poluição luminosa, embora seja uma forma de degradação ambiental ainda pouco reconhecida pelo público e frequentemente negligenciada, exerce impactos significativos sobre a biodiversidade, a saúde humana e a prática da observação astronômica. Alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protocolo de ciência cidadã destinado ao monitoramento da qualidade do céu noturno no estado do Paraná. A proposta busca aproximar a comunidade escolar da problemática da poluição luminosa, fomentando a alfabetização científica e a formação cidadã por meio da observação astronômica. A metodologia foi elaborada para estudantes da educação básica e utiliza recursos acessíveis, como um guia de campo e um aplicativo móvel, que orientam a coleta de dados de maneira padronizada. O procedimento envolve a caracterização do ambiente de observação (condições locais, presença de iluminação artificial) e a classificação da visibilidade do céu noturno a partir da Escala de Bortle, adotando as constelações de Órion ou Escorpião como referência. Esse desenho metodológico garante tanto a simplicidade na execução quanto a comparabilidade entre diferentes localidades, permitindo a construção de uma base de dados consistente. Os resultados preliminares incluem a produção e validação de materiais didático-pedagógicos, que foram testados por professores da rede pública de ensino, possibilitando ajustes para melhor adequação ao contexto escolar. A etapa seguinte prevê a implementação do protocolo na plataforma do Programa Interinstitucional de Ciência Cidadã na Escola (PICCE), o que viabilizará a geração de um mapa colaborativo da poluição luminosa no Paraná. Esse produto oferecerá subsídios para a comunidade científica, gestores públicos e educadores, fortalecendo tanto a pesquisa em astronomia e ecologia urbana quanto ações de mitigação e conscientização socioambiental.



Autor: Ricardo Gonzatto Rodrigues^{1,*}

Co-autores: Thiago dos Santos Pereira¹ e Miguel Quartin²

¹UEL, ²CBPF

*Estudante de Doutorado

ricardo.gonzatto11@uel.br

Fréchet Vectors – A new tool to test the symmetries of CMB.

Cosmological data collected on a sphere, such as CMB anisotropies, are typically represented by the spherical harmonic coefficients, denoted as $a_{\ell m}$. The angular power spectrum, or C_ℓ , serves as the fundamental estimator of the variance in this data. Alternatively, spherical data and their variance can also be characterized using Multipole Vectors (MVs) and the Fréchet variance. The vectors that minimize this variance, known as Fréchet Vectors (FVs), define the center of mass of points on a compact space, making them highly sensitive to small displacements of these points. This sensitivity makes FVs excellent indicators of statistical correlations between different multipoles. We demonstrate this using both simulations and real data. Through simulations, we show that FVs enable a blind detection and reconstruction of the location associated with a mock Cold Spot anomaly introduced in an otherwise isotropic sky. Applying this to the 2018 Planck maps, we implement several improvements on previous model-independent tests of Gaussianity and statistical isotropy, down to arc-minute scales. When compared with simulated maps that incorporate masking and anisotropic noise, for $2 \leq \ell \leq 1500$, while Planck's MVs appear consistent with these hypotheses, the corresponding FVs reject them with significances between 5.2 and 8.3σ , depending on the component separation method.



Co-autores: Rubens Jr. Costa², Adriel G.B. Mocellin³, Carlos H. Coimbra-Araújo⁴, Rita de Cássia dos Anjos⁴

Autor: Rodrigo Sasse^{1,*}

¹UEL, ²UTFPR, ³CO/USA, ⁴UFPR

*Estudante de Doutorado

rodrigo.sasse1@uel.br

Propagação de UHECRs e os seus multi mensageiros: limites superiores e o impacto do campo magnético

A detecção de multi mensageiros astrofísicos de alta energia estabelece uma conexão entre os raios cósmicos de ultra-alta energia (UHECRs) e os poderosos aceleradores cósmicos. As interações dos UHECRs com campos de radiação e matéria interestelar geram raios gama e neutrinos de energia muito alta (VHE), tornando-os componentes-chave na estrutura multi mensageira. Este estudo examina os fluxos de raios gama e neutrinos cosmogênicos resultantes da propagação de UHECRs em galáxias starburst com remanescentes de supernovas, com foco particular na NGC 1068, uma fonte bem estabelecida de neutrinos de alta energia. Usando simulações extragalácticas, calculamos o limite superior da luminosidade dos raios cósmicos, aplicando limites superiores aos fluxos de raios gama derivados de observações dos observatórios H.E.S.S. e MAGIC. Nossa análise incorpora os efeitos dos campos magnéticos extragalácticos e galácticos na propagação de partículas, restringindo a intensidade máxima do campo magnético extragaláctico (EGMF) a 10^{-14} G para garantir que pelo menos 90% dos UHECRs injetados cheguem com sucesso à Terra. Os resultados fornecem limites superiores para os fluxos de raios gama e neutrinos, estimativas da luminosidade dos UHECRs para fontes individuais e previsões para as capacidades de detecção do Observatório Cherenkov Telescope Array em relação à emissão de raios gama da NGC 1068. A combinação de observações de raios gama, neutrinos e UHECR reforça a importância das abordagens multi mensageiras na compreensão da natureza das fontes astrofísicas de alta energia e seu papel na aceleração dos raios cósmicos.



Autor: Samik Dutta^{1,*}

Co-autores: Rita de Cássia dos Anjos^{1,2}

¹UFES, ²UFPR

*Estudante de Doutorado

samik.dutta@edu.ufes.br

CTAO Detectability of the Pulsar Halo 1LHAASO J0622+3754

Recent observations have shown that the large extent of pulsar wind halos makes them an ideal source for Galactic cosmic rays. The Large High Altitude Air Shower Observatory (LHAASO) has detected an extended source of very high energy (VHE) gamma rays around the pulsar PSR J0622 + 3749. We model the gamma ray spectrum from this source within a time-dependent leptonic scenario to constrain the magnetic field and diffusion zones around pulsar halos. We also evaluate the detectability of this source with the forthcoming Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO) and discuss its prospects against current-generation instruments.



Autor: Samuel Victor Bernardo da Silva^{1,*}

Co-autores: Rita de Cássia dos Anjos^{1,2}, Luiz Augusto Stuani Pereira³

¹UEL, ²UFPR, ³USP

***Estudante de Doutorado**

samuel.vb.silva@edu.ufes.br

Non-thermal emission in FR 0 radio galaxies

Fanaroff–Riley type 0 (FR 0) radio galaxies are a recently identified class of compact, low-luminosity radio-loud AGN. They are defined by the absence of extended kiloparsec-scale jets, unlike classical FR I and FR II sources. Instead, FR 0s are dominated by a bright radio core, with jet emission confined to very small (parsec) scales. Typically hosted by massive elliptical galaxies with LINER-type nuclei and supermassive black holes similar to those of FR I hosts, FR 0s share many host and nuclear properties with FR I sources, but their jets remain much shorter or even absent on large scales. Very-long-baseline interferometry (VLBI) observations confirm that collimated jets are launched in FR 0s, but these jets are often two-sided and only mildly relativistic. This bilateral morphology implies that FR 0 jets decelerate rapidly or are choked by the dense galactic medium, preventing them from extending to large scales. Theoretical models propose that FR 0 jets may be structured, with a weak inner spine and a slower sheath, or that they originate from low-spin black holes. Studying FR 0 galaxies is important for understanding jet formation in the low-power regime and the role of AGN feedback in galaxy evolution. As the most abundant class of radio-loud AGN in the local Universe, FR 0s may represent the typical conditions of jet activity. This work investigates the non-thermal emission of FR 0 radio galaxies by modeling particle acceleration and radiative channels in their compact jets (synchrotron, SSC/EC, and hadronic components) and by planning coordinated observations across radio, millimeter, and X-ray bands using VLBI imaging, timing, and polarimetry to measure jet power, magnetic fields, and how efficiently the jets radiate.



Autor: William Araújo^{1,*}

Co-autores: Luiz Felipe Demétrio¹, Sandro Dias Pinto Vitenti¹

¹UEL

*Estudante de Doutorado

william.araujo@uel.br

Escolhas de Calibre e Regime Linear para Perturbações Cosmológicas em Modelos de Ricochete

Os modelos inflacionários representam o paradigma predominante para descrever os estágios iniciais do universo primordial, resolvendo com sucesso problemas fundamentais do modelo cosmológico padrão Λ CDM, como os problemas do horizonte, da planeza e da causalidade [1, 2]. Além disso, preveem um espectro de perturbações adiabáticas, aproximadamente Gaussianas e quase invariantes de escala ($n_s \approx 0.96$), em concordância com as observações da Radiação Cósmica de Fundo (RCF) [3, 6]. No entanto, a inflação não aborda a questão da singularidade cosmológica inicial, uma limitação intrínseca da Relatividade Geral. Como uma alternativa que evita essa singularidade, os modelos de ricochete (bounce models) propõem um cenário no qual o universo em contração atinge um volume mínimo não nulo antes de transitar para a fase de expansão observada [4]. Embora esses modelos também possam resolver os problemas clássicos do Λ CDM, o espectro de potência para modelos de ricochete com aproximação de um fluido não prevê um espectro de potência coerente com as observações da RCF [5]. Além disso, para uma descrição completa e coerente da formação e evolução das estruturas em larga escala e da distribuição de matéria no universo, devemos ter uma teoria de perturbação cosmológica consistente em todas as fases, incluindo no momento do ricochete [7]. Nesse sentido, este trabalho investiga o regime de validade das perturbações cosmológicas escalares nos modelos de ricochete. Durante a fase de contração, o potencial de Bardeen Φ irá se amplificar, tornando-se não-linear ($|\Phi| \gg 1$) próximo ao ponto de ricochete. Discutimos no trabalho essa violação e exploramos o regime de validade das condições mais fortes, i.e, para as perturbações da métrica ($|\delta g_{\mu\nu}| \ll 1$) e para as equações de Einstein linearizadas ($|\delta G_{\mu\nu}| \ll |G_{\mu\nu}|$). Analisamos essa questão em diferentes calibres (gauges) cosmológicos de modo a avaliar quais calibres podem ser fisicamente realizáveis nos modelos estudados.

Bibliography

- [1] Guth, A. H. (1981). Inflationary universe: A possible solution to the horizon and flatness problems. *Physical Review D*, 23(2), 347.
- [2] Linde, A. D. (1982). A new inflationary universe scenario: a possible solution of the horizon, flatness, homogeneity, isotropy and primordial monopole problems. *Physics Letters B*, 108(6), 389-393.
- [3] Mukhanov, V. F. and Chibisov, G. V. (1981). Quantum fluctuations and a nonsingular universe. *ZhETF Pisma Redaktsiiu*, 33, 549-553.
- [4] Novello, M. and Bergliaffa, S. E. P. (2008). Bouncing cosmologies. *Physics Reports*, 463(4), 127-213.
- [5] Pinto-Neto, N. (2021). Bouncing quantum cosmology. *Universe*, 7(4), 110.
- [6] Starobinsky, A. A. (1982). Dynamics of phase transition in the new inflationary universe scenario and generation of perturbations. *Physics Letters B*, 117(3-4), 175-178.
- [7] Vitenti, S. D. P. and Pinto-Neto, N. (2012). Large adiabatic scalar perturbations in a regular bouncing universe. *Physical Review D*, 85(2), 023524.



Autor: Andrey Mota de Oliveira^{1,*}

Co-autores: Rubens E. G. Machado²

¹UFPR, ²UTFPR

***Estudante de Graduação**

andreymota.oliveira@gmail.com

Espessamento do Disco Galáctico Devido a Fusões

Colisões de galáxias satélites podem afetar a espessura do disco estelar de uma galáxia, dependendo da massa da galáxia satélite e do seu raio orbital. O objetivo é calcular o quanto uma colisão entre uma galáxia satélite e uma galáxia central pode afetar a velocidade vertical das partículas da galáxia central. Para isso, foram realizadas simulações de N-corpos, contendo uma galáxia satélite e uma galáxia central, variando a massa da galáxia satélite, e sua distância em relação ao centro da galáxia central, sendo: $R_1 = 10\text{kpc}$, $R_2 = 30\text{kpc}$, $M_1 = 0.1 \times 10^{10} M_\odot$ e $M_2 = 1.0 \times 10^{10} M_\odot$. Assim sendo feito as seguintes simulações, M1R1, M1R2, M2R1, M2R2 e uma simulação da galáxia central isolada, para comparações e medidas. Verificou-se que o caso M2R1 causa uma perturbação significativa na galáxia central, resultando em um aumento de $\approx 17\%$ nas velocidades verticais. Já no caso M2R2, o aumento é de apenas $\approx 5\%$. No caso M1, ambos os raios produzem aumentos semelhantes, resultando em uma média de $\approx 3\%$ de aumento nas velocidades verticais.



Autor: Eduardo Fonseca Morato^{1,*}

Co-autores: Felipe Braga Ribas¹

¹UTFPR

***Estudante de Graduação**

morato@alunos.utfpr.edu.br

Desenvolvimento e aplicação de câmera astronômica para estudo de objetos do Sistema Solar

A técnica de ocultações estelares, que consiste em observar o fluxo de luz de uma estrela ser bloqueado pela passagem de um corpo celeste, possibilita o estudo de pequenos corpos do Sistema Solar, mesmo aqueles mais afastados do Sol, como os Centauros e Transnetunianos. Como resultado desta observação obtém-se medidas do perfil do objeto no instante do evento, chamadas de "cordas", sendo possível obter diversas cordas para um mesmo evento, se esse for observado em diferentes sítios. Essas cordas são então projetadas no plano do céu para podermos determinar o perfil do objeto e assim as suas dimensões, quanto maior o número de cordas obtidas, mais precisa será essa medida, podendo atingir precisões na ordem de poucos quilômetros[1]. Dessa forma, é desejável a participação de observadores amadores, para se obter um maior número de cordas[2]. A fim de facilitar o registro de tais eventos por astrônomos cidadãos, foi desenvolvido e montado um dispositivo chamado ASTRID (Astro Imaging Device), uma câmera com sistema embarcado em RaspberryPI. Esse dispositivo é capaz de reconhecer o céu e controlar montagens automáticas, o que facilita o apontamento para o campo em que os eventos serão observados. O presente trabalho dá continuidade o trabalho realizado no período anterior à respeito do desenvolvimento e montagem do ASTRID, com a montagem de uma segunda unidade, a realização de testes de aferimento de tempo e a comparação com telescópios inteligentes, como o Seestar 50 da ZWO e o eVscope da Unistellar. Além disso, apresenta o registro de três ocultações estelares com o dispositivo, assim como a análise dos dados obtidos a partir desses eventos e as cordas geradas com esses dados.

Bibliography

- [1] Sicardy, B., Braga-Ribas, F., Buie, M.W. et al. “Stellar occultations by trans-Neptunian objects” , *Astronomy and Astrophysics Review*, v.32 (2024)
- [2] Braga-Ribas, F. Ocultações estelares: os 10 anos da descoberta dos anéis de Chariklo, e os avanços no estudo do Sistema Solar. , *Cadernos de Astronomia*, v. 5, p. 56–64, 2024.



Autor: Alessandra Ribeiro Ferreira^{1,*}

Co-autores: A. C. Amaro de Faria Jr¹, C. Nassif²

¹UTFPR, ²UFOP

***Estudante de Mestrado**

alessandraf@alunos.utfpr.edu.br

Velocidade mínima, simetrias quebradas e uma nova perspectiva sobre a constante cosmológica

O valor extremamente pequeno da constante cosmológica, associado à densidade de energia do vácuo e à aceleração da expansão do universo, permanece como um dos principais enigmas da física contemporânea. Neste trabalho, apresentamos uma abordagem alternativa baseada na hipótese de uma velocidade mínima invariante, além da velocidade da luz como limite superior. Essa nova constante universal introduz um referencial de fundo preferencial que quebra a simetria de Lorentz da relatividade especial, originando uma versão modificada da teoria, conhecida como Relatividade Especial Simétrica (SSR). Nessa estrutura, a presença de um limite inferior de velocidade impede a existência do repouso absoluto e leva à deformação da métrica de Minkowski. Como consequência, o espaço-tempo assume características semelhantes à métrica de de Sitter em escalas cosmológicas, permitindo interpretar a energia do vácuo como o efeito residual de uma simetria mais fundamental. A equação de estado da energia escura, com pressão negativa $p = -\rho$, emerge naturalmente, e a constante cosmológica assume um valor pequeno e positivo, em concordância com observações astronômicas. Além disso, o modelo prevê efeitos relativísticos não usuais em regimes de energia muito baixa, como a dilatação do tempo próprio para partículas com velocidades próximas ao limite inferior, o que sugere novas interpretações para a dinâmica de sistemas ultra-frios. A abordagem oferece uma possível ponte entre cosmologia, física de partículas e gravidade quântica em baixas energias, trazendo uma nova perspectiva para o problema da constante cosmológica.



Autor: Gustavo Barreto de Oliveira^{1,*}

Co-autores: Sandro Dias Pinto Vitinti¹

¹UEL

***Estudante de Mestrado**

gustavo.barreto@uel.br

Em busca de indícios de decoerência na dinâmica quântico-clássica das perturbações primordiais

O presente trabalho insere-se no campo da cosmologia teórica e tem como objetivo investigar a transição quântico-clássica das perturbações primordiais no contexto inflacionário. O foco principal recai sobre a descrição do processo de decoerência no espaço de Hilbert completo, a partir do qual são posteriormente impostos os vínculos da formulação. No estágio atual do trabalho, desenvolveu-se a formulação das perturbações cosmológicas escalares em espaços de fundo do tipo Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker (FLRW), com ênfase na análise da liberdade de calibre e na construção de variáveis invariantes. A quantização canônica será utilizada para identificar as restrições e compreender o papel dos geradores de transformações, estabelecendo o arcabouço necessário para o estudo da dinâmica quântica dos modos de perturbação. A etapa seguinte concentra-se na investigação da decoerência associada ao regime super-Hubble, em que a equação de Mukhanov-Sasaki fornece a base para descrever a evolução dos modos escalares. Por construção, esse cenário favorece a introdução e análise de estados comprimidos (squeezed states), que desempenham papel central na caracterização estatística das flutuações quânticas. O objetivo é identificar possíveis assinaturas do processo de decoerência no Universo primordial, relacionando a dinâmica inflacionária à transição das perturbações quânticas para comportamentos efetivamente clássicos.



Autor: Jainara Baptista Gaspar^{1,*}

Co-autores: Alexandre José Tuoto Silveira Mello¹

¹UTFPR

*Estudante de Mestrado

jainara@alunos.utfpr.edu.br

Detecção de Exoplanetas a partir do uso de dispositivo DMD coronógrafo

A óptica adaptativa tem como objetivo melhorar a resolução de imagens astronômicas, corrigindo distorções atmosféricas causadas por turbulência e ruídos. Entre as técnicas utilizadas, a coronografia busca bloquear a luz estelar, permitindo a detecção de objetos mais tênues em sua vizinhança. No entanto, o bloqueio estelar gera um halo luminoso que dificulta a observação de alvos de baixa luminosidade ao seu redor [1, ?]. Assim, este trabalho objetiva simular uma combinação de técnicas de óptica adaptativa e coronografia, a fim de minimizar ruídos ópticos e aprimorar os mecanismos de captura de imagens e detecção exoplanetas. Utilizamos softwares para simulação de um coronógrafo em conjunto com um DMD, pensando especialmente no caso do futuro telescópio PLANETS, enquanto o coronógrafo bloqueia a luz da estrela, o DMD contém milhares de micro espelhos controláveis individualmente, sendo capaz desviar e direcionar a luz de acordo com as nossas necessidades de adaptações e, com isso, otimizar a relação sinal-ruído. Tornando possível detectar exoplanetas ou outros objetos até milhares de vezes mais fracos que a estrela principal. A metodologia consiste em deslocar dinamicamente o bloqueio da luz em diferentes regiões da pupila adaptativa, capturar múltiplas imagens de curta exposição e sobrepor os resultados. A análise dos padrões de interferência e das manchas escuras permite distinguir ruídos atmosféricos de potenciais exoplanetas. Ao integrar técnicas de óptica adaptativa com coronografia e DMD, buscamos contribuir para o avanço das estratégias de imageamento em telescópios terrestres e para o aprimoramento da detecção de sistemas binários e exoplanetas.

Bibliography

- [1] OSBORN, James. Adaptive pupil masking for quasi-static speckle suppression. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, v. 424, n. 3, p. 2282-2291, 2012.



Autor: Johannes A. N. Rodrigues^{1,*}

Co-autores: F. Braga-Ribas¹, J. Desmars^{2,7}, J. L. Ortiz^{3,6}, B. Sicardy^{4,5}, M. Kretlow^{3,6}

¹UTFPR, ²LIneA, ³IMCCE/Paris, ⁴LESIA/Paris, ⁵ON, ⁶CSIC/Spain, ⁷UFRJ

***Estudante de Mestrado**

johannes.anr@gmail.com

Determining the shape and size of the Trojan 1143 Odysseus through stellar occultations technique and 3D modeling

Jupiter Trojan objects are minor bodies of the Solar System located in the Lagrangian points of Jupiter, approximately 5.2 astronomical units (au) from the Sun. One of the largest individuals is (1143) Odysseus, discovered on January 28th 1930 by Reinmuth, K. at Heidelberg. Some of its physical and orbital characteristics available in the literature are its diameter ($114,6 \pm 0,6$ km), its rotational period at ($10,114 \pm 0,079$ h), and its absolute magnitude ($8,418 \pm 0,003$). This work makes use of the stellar occultations and light curve inversion techniques to determine its shape and dimensions more accurately. For that we use data from mult and single-chord occultations observed from October 2023 to April 2024, and rotation curves ranging from 2014 up to 2022, available in the ALCDEF database. This data set also provides precise astrometric positions that improve the object's ephemeris and predictions of future occultation events for the body. We will present the first three dimension shape obtained for Odysseus along with its precise size and albedo. A non-convex is obtained, showing that these bodies may have evolved in a highly collisional environment.

Bibliography

[1] Mottola, S., Di Martino, M., Erikson, A., et al. 2011, AJ, 141, 170



Autor: John Mosquera^{1,*}

Co-autores: Rita de Cássia dos Anjos²

¹Unila, ²UFPR

***Estudante de Mestrado**

john.mosquera@unila.edu.br

Modelagem de Distribuições Espectrais de Energia (SEDs) em Núcleos Ativos de Galáxias

Núcleos Ativos de Galáxias (AGNs) estão entre as fontes mais energéticas do universo, emitindo radiação em um amplo espectro eletromagnético devido a processos físicos de alta energia em seus jatos relativísticos. A construção de Distribuições Espectrais de Energia (SEDs) é uma ferramenta essencial para compreender os mecanismos de emissão e testar modelos teóricos. Neste trabalho, apresentamos os resultados obtidos na modelagem de SEDs das fontes IC 1531, NGC 315 e PKS 2153-69, utilizando o software JETSET. Adotamos um cenário leptônico padrão com emissão síncrotron e synchrotron self-Compton (SSC), testando adicionalmente um termo external Compton (EC) sob campos externos plausíveis. Também avaliamos a atenuação de fótons de alta energia pelo fundo extragaláctico de luz. Os ajustes reproduzem de forma consistente o espectro amplo das três fontes e impõem restrições físicas aos parâmetros do jato (intensidade de campo magnético, fator Doppler, tamanho da região emissora e distribuição de elétrons). Em particular, o componente SSC explica a maior parte da emissão de alta energia, enquanto o EC é relevante apenas em condições específicas, dentro das incertezas observacionais. Os resultados fornecem uma linha de base para estudos leptó-hadônicos futuros e para previsões observacionais em faixas de alta energia.

Bibliography

- [1] Chen, Y., Gu, Q., Fan, J., Yu, X., Ding, N., Xiong, D., & Guo, X. (2023). General physical properties of gamma-ray-emitting radio galaxies. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 265(60), 1–9. <https://doi.org/10.3847/1538-4365/acc57f>
- [2] Fraija, N., & Marinelli, A. (2016). Neutrino, γ -ray, and cosmic-ray fluxes from the core of the closest radio galaxies. *The Astrophysical Journal*, 830(81), 1–13. <https://doi.org/10.3847/0004-637X/830/2/81>
- [3] Bassi, T., Migliori, G., Grandi, P., Vignali, C., Pérez-Torres, M. A., Baldi, R. D., Torresi, E., Siemiginowska, A., & Stanghellini, C. (2017). Faint γ -ray sources at low-redshift: the radio galaxy IC 1531. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 000, 1–10. <https://arxiv.org/abs/1810.02668>



Autor: Luiz F. FERREIRA^{1,*}

Co-autores: Rita de Cássia dos Anjos²

¹UTFPR, ²UFPR

***Estudante de Mestrado**

luizfelipeferreira@alunos.utfpr.edu.br

Morfologia e dinâmica do jato de Pictor A

Os Núcleos Ativos de Galáxias (AGNs), alimentados pela acreção em buracos negros supermassivos, podem lançar jatos relativísticos que percorrem centenas de quiloparsecs (kpc). A interação desses jatos com o meio extragaláctico gera choques terminais e regiões de retorno que formam hotspots brilhantes, característicos de fontes Fanaroff–Riley II (FR II). Pictor A é uma Galáxia desta classe, exibindo um jato contínuo em raios X com extensão ≈ 100 kpc, cuja emissão é compatível com síncrotron de elétrons relativísticos, evidenciando aceleração de partículas. Tais estruturas são candidatas a acelerar raios cósmicos de ultra-alta energia (UHECRs). Este trabalho investiga a morfologia e a dinâmica do jato de Pictor A por meio de simulações 2D em hidrodinâmica relativística (RHD) com o código PLUTO, modelando a injeção de um jato ultra-relativístico em um meio intracluster (ICM) estático. Analisamos a evolução de choques internos e terminais e a geração de turbulência no entorno do jato, com ênfase nas propriedades termodinâmicas relevantes à aceleração de partículas. Os resultados fornecem morfologia e dinâmica consistentes com a classe FR II e estabelecem condições físicas plausíveis para a produção de emissão síncrotron em raios X e para cenários de aceleração eficientes.

Palavras chave: Relativistic Jets; Relativistics fluid dynamics; Pictor A; Hydrodynamics simulations;



Autor: Peiro A. P. Molinari^{1,*}

Co-autores: Paola C. M. Delgado, Rodrigo F. Pinheiro, Nelson Pinto-Neto

¹CBPF

*Estudante de Mestrado

pieromolinari@cbpf.br

Quasi-de sitter expansion in a non-singular quantum cosmological

We investigate a cosmological model in the framework of Canonical Quantum Gravity by considering the Wheeler-DeWitt equation under the minisuperspace approximation. The non-unitary propagation of an initial Gaussian *ansatz* gives rise to a non-singular, asymmetric bouncing background with a well-defined classical limit. Building upon earlier results, we analyze the role played by non-unitarity on the avoidance of the initial singularity.

Analyzing the background properties, it is found that for a radiation fluid the bouncing dynamics presents an intermediary near-inflationary period. This epoch is governed by an effective energy density characterized by an emergent de Sitter constant, which is associated to the maximum energy scale of the model. A second parameter, y , controls the asymmetry of the bounce and is directly related to the number of e-folds of the quasi-de Sitter expansion.

Through semi-analytical estimates alongside a numerical solution to the Mukhanov-Sasaki equation for scalar perturbations, we confront the results with CMB observations (*Planck* 2018) to constrain the energy scale of the model to lie over four orders of magnitude below the Planck scale, around 10^{15} GeV. Moreover, y is constrained to generate over 64 e-folds of near-inflationary expansion, with the background providing an analytical quantum-to-classical transition (a “reheating”-like period). We also comment on the tensor-to-scalar ratio predicted by the model. The present results were published in Ref. [1].

Bibliography

- [1] P. A. P. Molinari, P. C. M. Delgado, R. F. Pinheiro, N. Pinto-Neto. Radiation-dominated bouncing model with slow contraction and inflation. *Physical Review D*, **109**:043531(1-15), 2024.



Autor: Ruan Carlos Rocha Borges^{1,*}

Co-autores: Prof. Dr. Celso de Araujo Duarte¹

¹UFPR

*Estudante de Mestrado

ruanborges@yahoo.com.br

Ensaio em física matemática acerca do tensor métrico e do tensor de Ricci

O presente trabalho investiga aspectos teóricos da Relatividade Geral a partir de um estudo sobre a métrica do espaço-tempo e o tensor de Ricci. O objetivo principal foi explorar modelos perturbativos que aproximam a métrica de Minkowski em situações de campo fraco, avaliando suas implicações físicas e matemáticas. A pesquisa foi estruturada em duas etapas. No primeiro caso, considerou-se a inclusão de termos proporcionais ao tensor de Ricci na métrica, resultando em um modelo consistente dentro da aproximação perturbativa. Em seguida, assumiu-se a proporcionalidade entre curvatura e densidade de matéria, o que permitiu estabelecer uma formulação que evidencia a interação entre conteúdo material e geometria do espaço-tempo. Os resultados alcançados demonstram que o método de perturbações pode ser uma ferramenta eficaz para compreender a relação entre densidade de matéria e curvatura, além de contribuir para interpretações alternativas da métrica espaço-temporal. O estudo reforça a relevância de abordagens matemáticas no aprofundamento da Relatividade Geral e evidencia caminhos promissores para investigações futuras no campo da Física Matemática. **Palavras-chave:** Relatividade Geral; Tensor de Ricci; Espaço-tempo; Perturbações.



Autor: Thiago Fajardo da Cruz^{1,*}

¹UTFPR

***Estudante de Mestrado**

thiagocruz397@gmail.com

Atualização dos limites dos parâmetros de violação da invariância de Lorentz em DUNE

O Modelo Padrão descreve as interações fundamentais entre partículas, porém evidências experimentais, como as oscilações de neutrinos, indicam a necessidade de extensões para essa teoria. Dentre os cenários propostos, a possibilidade de violação da invariância de Lorentz (LIV) tem sido investigada no contexto da Física Além do Modelo Padrão. Experimentos de Long Baseline, como o Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE), com uma linha de 1300 km, constituem um ambiente ideal para testar efeitos de LIV. Neste trabalho, utilizamos o software GLOBES, com modificações específicas para incluir termos associados à LIV, a fim de realizar um mapeamento sistemático dos parâmetros a e c desses termos. Foram consideradas taxas de eventos simuladas com e sem a presença de termos de LIV, permitindo a identificação dos valores de a e c que induzem uma variação de 10% a partir disso, foram extraídas estimativas de sensibilidade para o experimento DUNE frente a diferentes componentes dessas matrizes. Os resultados obtidos foram comparados com limites previamente reportados na literatura, evidenciando compatibilidades e divergências atribuídas a distintas abordagens metodológicas.



Autor: Thiago Cesar Dias Pinto^{1,*}
Co-autores: Rita de Cássia dos Anjos²
¹UTFPR, ²UFPR
*Estudante de Mestrado
thiagopinto.2024@alunos.utfpr.edu.br

Estudo da origem do deutério cósmico galáctico e sua influência nos raios gama

A astrofísica de altas energias tem avançado rapidamente desde as medições pioneiras de Victor F. Hess, culminando em instrumentos orbitais como o AMS-02, que medem o fluxo de partículas sem os efeitos da atmosfera. Medidas recentes do AMS-02 (1,9–21 GeV) indicam um excesso de deutério (D) em alta energia, levantando a questão de sua origem. O cenário padrão atribui o D a produção secundária por fragmentação de núcleos leves durante a propagação no meio interestelar. Neste trabalho, reavaliamos essa hipótese utilizando o GALPROP v57 e testamos o impacto de uma nova distribuição espacial de supernovas. Exploramos dois cenários: (i) puramente secundário e (ii) híbrido, com injeção primária de D nos aceleradores. Para cada caso, ajustamos parâmetros de transporte (incluindo difusão, reaceleração e altura do halo) aos dados do AMS-02 e calculamos a emissão de raios gama associada às interações de raios cósmicos, avaliando a consistência com o gama difuso do meio interestelar. Apresentamos resultados que quantificam a fração primária de D e discutimos sua produção na fonte e na propagação de núcleos mais pesados. Os resultados ajudam a discriminar entre revisões nucleares, componentes primários e modificações no modelo de propagação, estabelecendo vínculos observacionais entre raios cósmicos e raios gama. **Palavras-chave:** Raios cósmicos. Raio gama. Deutério galáctico.



Autor: Willian Costa de Paula^{1,*}

Co-autores: Rita de Cássia dos Anjos²

¹UTFPR, ²UFPR

***Estudante de Mestrado**

williancostapaula@alunos.utfpr.edu.br

Relativistic Jet Dynamics and Particle Acceleration in Active Galactic Nuclei

Massive galaxies are typically home to a central supermassive black hole (SMBH), whose mass can span from millions to billions of times that of the Sun. When these SMBHs accrete surrounding matter, they power active galactic nuclei (AGN), capable of producing tightly collimated relativistic jets from the galactic core. Such jets can accelerate particles to extreme energies through mechanisms involving shocks or electromagnetic interactions. In this study, we conduct a qualitative investigation of relativistic jet behavior, aiming to pinpoint regions that favor particle acceleration while also examining the internal and external environments of the jets. Employing two-dimensional simulations with the PLUTO code, we varied the jet injection velocity across three cases—linear, precessing, and perturbed profiles—to explore how distinct dynamical conditions impact jet propagation and morphology. Our findings demonstrate that velocity differences strongly affect jet stability, internal structure, and interactions with the surrounding medium. These results offer valuable insights into the physical conditions that foster efficient particle acceleration within AGN jets.

Autores

Anjos

Rita C., 9

Araújo

William, 54

Armstrong

James D., 13

Batista

Ronaldo C., 29

Borges

Ruan C. R., 70

Cardoso

André F. S., 39

Castanheira

Matheus L., 49

Coimbra-Araújo

Carlos H., 31

Costa

Rubens Jr., 20

Cruz

Thiago F., 71

Cunha

Disrael C. N., 35

Durek

Danuce M., 27

Dutta

Samik, 52

Emilio

Marcelo, 19

FERREIRA

L.F., 67

Ferreira

Alessandra R., 59

Furlanetto

Cristina, 10

Gaspar

Jainara B., 61

Götz

Débora B., 43

Lettieri

H., 44

Lima

Cinthia N., 42

Leonardo, 18

Lima Neto

Gastão C. B., 12

Molinari

Piero A. P., 68

Morato

Eduardo F., 57

Mosquera

John, 65

Nogueira
Bruno H. S., 40

Oliveira
Andrey M., 56
Gustavo B., 60

Padilha
Luana N., 46

Paula
Willian C., 73

Pereira
Alan W., 21
Chrystian L., 24

Pinto
Thiago C. D., 72

Prado
Thiago G., 32

Quartin
Miguel B., 14

Ribas

Felipe Braga, 11
Rodrigues

J. A. N., 63
Davi C., 15
Ricardo G., 50

Santos
Lucca L. D., 47

Sasse
Rodrigo, 51

Silva
Samuel V. B., 53

Sitko
Camila, 28

Sousa
Manoel F., 17

Steklain
André, 30

Vicente
João G., 45