

Física:

Universo e os Fenômenos Naturais

Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior
(Organizador)

Atena
Editora

Ano 2021

Física:

O Universo e os Fenômenos Naturais

Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior
(Organizador)

Atena
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfnas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^ª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Física: o universo e os fenômenos naturais

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F537 Física: o universo e os fenômenos naturais / Organizador Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-903-5

DOI 10.22533/at.ed.035211903

1. Física. I. Almeida Junior, Edson Ribeiro de Britto de (Organizador). II. Título.

CDD 530

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

A coletânea “Física: O Universo e os Fenômenos Naturais” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica por intermédio dos trabalhos que compõem seus capítulos. O volume abordará, de forma categorizada e interdisciplinar, resultados de pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que transitam no pluralismo conceitual e epistemológico da Física e seu ensino.

O objetivo central do livro é apresentar, de forma categorizada e clara, estudos desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa do Brasil. A Física é uma ciência natural baseada em experimentos, medições e análises matemáticas com o propósito de encontrar leis físicas quantitativas para tudo, desde o nano mundo do microcosmo aos planetas, sistemas solares e galáxias que ocupam o macrocosmo. Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres, doutores e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela Física e seus processos de ensino e de aprendizagem.

Os autores do primeiro capítulo da obra, por meio dos parâmetros estruturais de um poço quântico de GaAs com barreiras de AlGaAs, simularam os níveis de energia, funções de onda e densidade de probabilidade, por meio de uma solução numérica da Equação de Schrödinger, independente do tempo, para um poço finito. Com os resultados da interação elétron-buraco para os diferentes níveis energéticos do poço, o referido trabalho apresenta um exemplo direto e simples na solução de poços de potenciais quânticos reais. O segundo capítulo apresenta um trabalho experimental, no qual os autores utilizaram um termômetro de infravermelho de baixo custo para estimar a água precipitável na região de Florianópolis-SC. Fundamentado na dinâmica molecular clássica, os autores do terceiro capítulo discutem as propriedades termodinâmicas em sistemas binários e ternários compostos por óleo leve, CO₂ e salmoura para aplicações envolvendo recuperação aprimorada de petróleo. O quarto capítulo apresenta resultados de um estudo dos movimentos orbitais de detritos espaciais na vizinhança da Estação Espacial Internacional com o intuito de rastreá-los, visando evitar colisões entre eles e satélites artificiais operacionais.

Os demais trabalhos apresentam instrumentos e metodologias para o ensino de Física. O quinto capítulo, por exemplo, usam a abordagem da modelagem científica de Bunge, adotando um objeto-modelo experimental e o incorporando na teoria da Mecânica Newtoniana para o desenvolvimento de um modelo teórico-prático validado empiricamente. Seguindo a perspectiva de propostas experimentais para o ensino de Física, o sexto capítulo discute a possibilidade de demonstração do efeito magnético de um ímã em um solenoide por meio da construção de um Trem Magnético. O sétimo capítulo parte da grade comum dos conteúdos ensinados no curso de graduação em Física relacionados à dinâmica de rotações, para explicar o funcionamento do giroscópio, pião, tip-top e spinner, os quais, apesar de serem normalmente utilizados para recreação, possuem também aplicações

educacionais e outras utilidades muito interessantes de serem exploradas na área de Ensino de Física.

Além de práticas experimentais “manuais”, alguns trabalhos contemplam propostas para a ludicidade do ensino de Física. O oitavo trabalho incorporou o estudo de trajetórias bidimensionais de forma integrada, aliando a confecção de uma catapulta caseira em escala, no estilo Trebuchet, à realização de um estudo incisivo dos conceitos físicos necessários para descrição de seu funcionamento. A constituição de dados experimentais e simulações das trajetórias, foram obtidas por intermédio do software livre Tracker. O nono e último trabalho apresenta a potencialidade de recursos, como jogos educativos, como ferramenta de inclusão de alunos surdos, no que diz respeito aos processos de ensino e de aprendizagem de Física I.

Deste modo, essa leitura proporcionará um repertório de trabalhos bem fundamentados e com resultados práticos, obtidos por diversos professores e acadêmicos que arduamente desenvolveram seus trabalhos que aqui serão apresentados de maneira concisa e didática. Sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores exporem e divulguem seus resultados.

Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANALISE ÓPTICA E SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA INTERAÇÃO ELÉTRON-BURACO EM POÇO QUÂNTICO DE GAS COM BARREIRAS DE ALGAS

João Vitor de Souza Paz
Jesus Maria Herazo Warnes
Marcio Daldin Teodoro
Rômulo Ronan Oliveira de Moraes
Leonardo Dias de Souza

DOI 10.22533/at.ed.0352119031

CAPÍTULO 2..... 12

ESTIMATIVAS DA ÁGUA PRECIPITÁVEL ATMOSFÉRICA A PARTIR DE UM TERMÔMETRO DE INFRAVERMELHO

Renato Ramos da Silva
Joana Zanette Crema
Rubinei Dorneles Machado

DOI 10.22533/at.ed.0352119032

CAPÍTULO 3..... 23

MOLHABILIDADE EM INTERFACES BINÁRIAS E TERNÁRIAS COMPOSTAS DE CO₂, SALMOURA E ÓLEO, VIA DINÂMICA MOLECULAR CLÁSSICA

Lucas S. de Lara
Danilo V. dos Santos
Derik W. Gryczak
Taiza A.S. do Carmo
Alexandre C. Junior
Andressa Novatski

DOI 10.22533/at.ed.0352119033

CAPÍTULO 4..... 44

REENTRY AND COLLISION RISK OF SPACE DEBRIS IN LEO REGION

Jarbas Cordeiro Sampaio
Ewerton Felipe Barbosa Paim dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.0352119034

CAPÍTULO 5..... 58

MODELAGEM CIENTÍFICA: CONSTRUÇÃO DE MODELO TEÓRICO DE DUAS MOLAS ASSOCIADAS EM SERIE E EM PARALELO SOB A ABORDAGEM ENERGÉTICA

Ricardo Robinson Campomanes Santana
Vitória Luiza Fernandes Frare
Jean Reinildes Pinheiro

DOI 10.22533/at.ed.0352119035

CAPÍTULO 6.....	72
UMA PROPOSTA EXPERIMENTAL NO ESTUDO DO ELETROMAGNETISMO: TREM MAGNÉTICO SIMPLES	
José Tiago de Sousa	
Isaiane Rocha Bezerra	
Bento Bruno de Sousa	
Gilson Mauriz Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.0352119036	
CAPÍTULO 7.....	79
PIÕES, SPINERS E GIROSCÓPIOS, BRINQUEDOS E APLICAÇÕES FÍSICAS	
Gabrielly Maria Camargo de Jesus	
João Marcos Fávoro Lopes	
Leandro Morais Azevedo	
Luiz Felipe Demétrio	
Pedro Haerter Pinto	
Marcos Cesar Danhoni Neves	
DOI 10.22533/at.ed.0352119037	
CAPÍTULO 8.....	88
TREBUCHET: EFEITO DA RESISTÊNCIA DO AR NO MOVIMENTO DE PROJÉTEIS	
José Flávio Marcelino Borges	
Ráfaga Wiecheteck Vurobi	
Lucas Stori de Lara	
Fabiana Cristina Nascimento Borges (Em memória)	
DOI 10.22533/at.ed.0352119038	
CAPÍTULO 9.....	100
JOGOS EDUCATIVOS ADAPTADOS COMO RECURSO DE APRENDIZAGEM DE FÍSICA I PARA DISCENTES SURDOS NO INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS-IFAM/CMC	
Carla Caroline Melgueira Silva	
Allaiza Thaisa Maia Menezes	
Fabrício de Oliveira Farias	
Klinsley Silva Rosas	
DOI 10.22533/at.ed.0352119039	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	116
ÍNDICE REMISSIVO.....	117

REENTRY AND COLLISION RISK OF SPACE DEBRIS IN LEO REGION

Data de aceite: 01/03/2021

Data de submissão: 17/12/2020

Jarbas Cordeiro Sampaio

IFS – Inst Federal de Sergipe
Lagarto – Sergipe

<http://lattes.cnpq.br/0607563880296149>

Ewerton Felipe Barbosa Paim dos Santos

IFBA – Inst Federal da Bahia
Camaçari – Bahia

<http://lattes.cnpq.br/4223407797613999>

ABSTRACT: The increasing number of uncontrolled objects orbiting the Earth justifies efforts to observe and track them in order to avoid collisions among them and operational artificial satellites. These studies involve different disturbances and resonances in the orbital motion of these objects. Most of the cataloged space debris are found in low earth orbits (LEO). This work studies the orbital motion of space debris in the ISS's neighborhood. Real data from the 2-line element set provided by NORAD (North American Defense) are used to compare with the results obtained for orbital motions. The geopotential and atmospheric drag are used as perturbations in the SGP4 model. Figures show the time behavior of the orbital elements of the space debris in the process of reentry in the Earth and their distances to ISS showing that the collision risks of these objects with operational spacecraft is growing. Solutions for the space debris mitigation are necessary.

KEYWORDS: Space Debris, Reentry, Collision Risk.

RESUMO: O número crescente de objetos descontrolados orbitando a Terra justifica os esforços para observá-los e rastreá-los, a fim de evitar colisões entre eles e satélites artificiais operacionais. Estes estudos envolvem diferentes perturbações e ressonâncias no movimento orbital desses objetos. A maior parte dos detritos espaciais catalogados é encontrada em órbitas baixas da Terra (LEO). Este trabalho estuda o movimento orbital de detritos espaciais na vizinhança da ISS. Dados reais do grupo de elementos 2-linhas fornecidos pelo NORAD (North American Defense) são usados para comparar com os resultados obtidos para os movimentos orbitais. O geopotencial e o arrasto atmosférico são usados como perturbações no modelo SGP4. Figuras mostram o comportamento no tempo dos elementos orbitais dos detritos espaciais no processo de reentrada na Terra e as distâncias destes para a ISS mostrando que o risco de colisão destes objetos com espaçonave operacional está crescendo. Soluções para a diminuição de detritos espaciais são necessárias.

PALAVRAS - CHAVE: Detritos Espaciais, Reentrada, Risco de Colisão.

1 | INTRODUCTION

Since the launch of the first satellite, several space missions have been realized putting objects around the Earth. In this way, several studies are important to preserve the

operability and integrality of the operational artificial satellites, considering the increasing number of distinct objects in the space environment offering collision risks and, consequently, possible lost of mission (OSIANDER and OSTDIEK, 2009).

The International Space Station (ISS) is a great opportunity to use a research platform in space. An international partnership of space agencies of the United States (NASA), Russia (FKA), Japan (JAXA), Europe (ESA), Canada (CSA), among other, provides the operation of the ISS with astronauts since 2000 (ISS, 2015). The ISS is in Low Earth Orbits, in the same region of most of the space debris orbiting the planet. In this way, several studies are important to preserve the operability and integrality of the space station and operational artificial satellites, considering the increasing number of distinct objects in the space environment offering collision risks and, consequently, possible lost of mission (KLINKRAD, 2006; MECHISHNEK, 1995).

The constant monitoring of the ISS's orbit is needed, as well as the monitoring of the orbits of the more than three thousand Earth's satellites currently in operation is also required. The monitoring of temporal variation of the orbital elements of space debris in the LEO's region, as proposed in this paper by using of SGP4 model, can be useful of planning evasive maneuvers to avoid collisions and a premature reentry of spacecrafts (including the ISS). Another example of situation to be avoided is the collision between space debris and satellites that have reached the end of their useful life and are in a forced or planned reentry maneuvers for they do not become space debris too. In this case, collisions would generate more debris into LEO's region yet. Analyses of temporal variation of the orbital elements of space debris can also avoid these unwanted events.

The orbital dynamics of cataloged objects can be analyzed using the 2-line element group, or TLE of the NORAD (North American Defense). The TLE data are composed of seven parameters and epoch (HOOTS and ROEHRICH, 1980; SPACE TRACK, 2019).

Figure 1 shows that most of objects are in the region $13 < n \text{ (rev/day)} < 15$ by the histogram of the mean motion of artificial satellites and space debris in LEO region.

Synchronous satellites in circular or elliptical orbits have been extensively studied in the literature, due to the study of resonant orbits characterizing the dynamics of these objects (SAMPAIO et al., 2014; 2016).

In this work, a study is done about objects with orbital motions around the Earth in LEO region. These space debris reentry in the Planet in some moment. The TLE data of the cataloged objects are used and the orbit propagation is done considering the effects of the Geopotential and Atmospheric Drag. The orbital motions of space debris are studied in the neighborhood of the ISS - International Space Station. The results show that the collision risk of space debris with the ISS is high and solutions to avoid these events and for space debris mitigation are necessary.

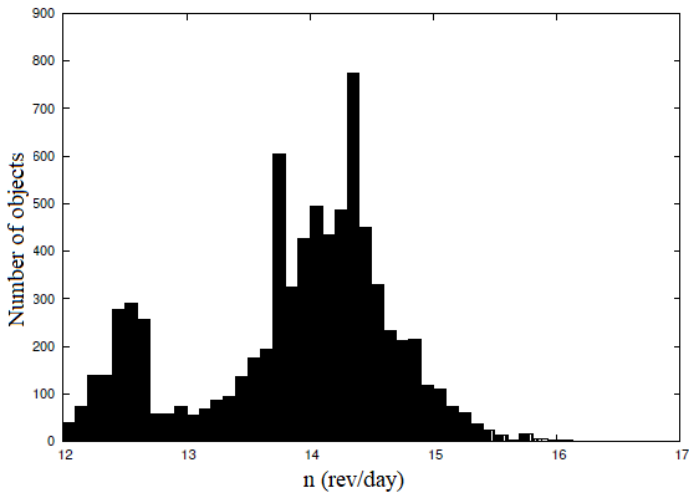


Figure 1: Histogram of the mean motion of the cataloged objects in LEO region.

In the next section, a propagation of the orbit is presented showing solutions for the time behavior of the orbital elements.

2 I PROPAGATION OF THE ORBIT

In this section, a method used to propagate the orbit is described. The initial data of the space debris are taken from the real orbital motions shown in the Two-Line Elements described before (see Figure 1). First, the real data are corrected and then propagated in time using the SGP4 model. More details about this method is shown in (HOOTS and ROEHRICH, 1980). The SGP model was used by the National Space Surveillance Control Center and after by the United States Space Surveillance Network with the goal to track the objects in orbital motions.

A previous study, described in Sampaio et al. 2014, shows a large research in resonant regions with several objects, including space debris. Results show that most of objects are in the region $13 < n < 16$, where n is the mean motion. The International Space Station is in the related region and studies about proximities with space debris, safety orbits and collision risks are natural consequences of the development of the work.

The propagation method shown in the present work considers effects of the geopotential and atmospheric drag, see Eqs. 2.7 to 2.19, while previous works, see Sampaio et al. 2014 and Sampaio et al. 2016, they consider only corrections in the TLE data and effects of the geopotential in the orbital dynamics of space debris shown by Eqs. 2.1 to 2.6.

The corrections in TLE data shown by Eqs. 2.1 to 2.6 are necessary because the Earth's atmosphere cause differences in the data produced by the sensors. Considering n_1 , the mean motion of the 2-line, the semi-major axis a_1 is calculated by Eq. (2.1),

$$a_1 = (\sqrt{\mu}/n_1)^{2/3}, \quad (2.1)$$

where μ is the Earth gravitational parameter, $\mu = 3.986009 \times 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2$. Using a_1 , the parameter δ_1 is calculated by the Eq. (2.2),

$$\delta_1 = \frac{3}{4} J_2 \frac{a_e^2}{a_1^2} \frac{(3\cos^2(I)-1)}{(1-e^2)^{3/2}}, \quad (2.2)$$

where a_e is the Earth mean equatorial radius, $a_e = 6378.135 \text{ km}$, J_2 is the second zonal harmonic, $J_2 = 1,0826 \times 10^{-3}$, e is the eccentricity and I is the inclination of the orbital plane with the equator.

Now, the new semi-major axis a_o is defined using δ_1 from the Eq. (2.2) (HOOTS; ROECHRICH, 1980),

$$a_o = a_1 \left[1 - \frac{1}{3} \delta_1 - \delta_1^2 - \frac{134}{81} \delta_1^3 \right], \quad (2.3)$$

and a new mean motion n'_o and semi-major axis a'_o are found by the parameter δ_o ,

$$\delta_o = \frac{3}{4} J_2 \frac{a_e^2}{a_o^2} \frac{(3\cos^2(I)-1)}{(1-e^2)^{3/2}}, \quad (2.4)$$

$$n'_o = \frac{n_1}{1+\delta_o}, \quad (2.5)$$

$$a'_o = \frac{a_o}{1-\delta_o}. \quad (2.6)$$

The secular effects of gravitation and atmospheric drag are included in the next equations.

$$M' = M + \left[1 + \frac{3J_2 a_e^2 (-1+3\theta^2)}{4a_0'^2 \beta^3} + \frac{3J_2^2 a_e^4 (13-78\theta^2+137\theta^4)}{64a_0'^4 \beta^7} \right] n_0' (t - t_0), \quad (2.7)$$

$$\omega' = \omega + \left[-\frac{3J_2 a_e^2 (1-5\theta^2)}{4a_0'^2 \beta^4} + \frac{3J_2^2 a_e^4 (7-114\theta^2+395\theta^4)}{64a_0'^4 \beta^8} - \frac{15J_4 a_e^4 (3-36\theta^2+49\theta^4)}{32a_0'^4 \beta^8} \right] n_0' (t - t_0) \quad (2.8)$$

$$\Omega' = \Omega + \left[-\frac{3J_2 a_e^2 \theta}{2a_0'^2 \beta^4} + \frac{3J_2^2 a_e^4 (4\theta-19\theta^3)}{8a_0'^4 \beta^8} - \frac{15J_4 a_e^4 \theta (3-7\theta^2)}{16a_0'^4 \beta^8} \right] n_0' (t - t_0) \quad (2.9)$$

$$\delta\omega' = B^* C_3 (\cos(\omega)) (t - t_0) \quad (2.10)$$

$$\delta M' = -\frac{2}{3} (q_0 - \epsilon)^4 B^* q^4 \frac{a_e}{\epsilon \eta} \left[(1 + \eta \cos(M'))^3 - (1 + \eta \cos(M))^3 \right] \quad (2.11)$$

$$M'' = M' + \delta\omega' + \delta M' \quad (2.12)$$

$$\omega'' = \omega' - \delta\omega' - \delta M' \quad (2.13)$$

$$\Omega'' = \Omega' - \frac{21 n_0' J_2 a_e^2 \theta}{4 a_0'^2 \beta^2} C_1 (t - t_0)^2 \quad (2.14)$$

$$e'' = e - B^* C_4 (t - t_0) - B^* C_5 (\sin(M'') - \sin(M)) \quad (2.15)$$

$$a'' = a_0' [1 - C_1 (t - t_0) - D_2 (t - t_0)^2 - D_3 (t - t_0)^3 - D_4 (t - t_0)^4]^2 \quad (2.16)$$

$$\kappa'' = M'' + \omega'' + \Omega'' + n_0' \left[\frac{3}{2} C_1 (t - t_0)^2 + (D_2 + 2C_1^2) (t - t_0)^3 + \frac{1}{4} (3D_3 + 12C_1 D_2 + 10C_1^3) (t - t_0)^4 + \frac{1}{5} (3D_4 + 12C_1 D_3 + 6D_2^2 + 30C_1^2 D_2 + 15C_1^4) (t - t_0)^5 \right], \quad (2.17)$$

$$\beta'' = \sqrt{\{1 - e''^2\}}, \quad (2.18)$$

$$n'' = \sqrt{\frac{\mu}{a''^3}}, \quad (2.19)$$

where ω is the argument of pericentre, Ω is the longitude of the ascending node and M is the mean anomaly. $(t-t_0)$ is the time since epoch, B^* is the drag coefficient and J_4 the fourth gravitational zonal harmonic of the Earth.

Observe that Eqs. 2.7 to 2.19 show transformations, $(a, e, \omega, \Omega, M) \rightarrow (a'', e'', \omega'', \Omega'', M'')$, in the classical orbital elements and in other variables, as mean motion n . These transformations represent corrections in TLE data and effects of geopotential and atmospheric drag are included in orbital motions of space debris.

Some modifications are considered in the equations and used for objects in the process of reentering the Earth. For values for the perigee between 98 km and 156 km, the value of the constant is 1.01222928. So, it is possible to rewrite,

$$\epsilon * = a'_o(1 - e) - \epsilon + a_e \quad (2.20)$$

The value of ϵ is changed again, when the perigee is below 98 km,

$$\epsilon * = \frac{20}{X} + a_e \quad (2.21)$$

where $X = \text{Earth radii} / \text{kilometers} = 6378.135$.

Considering the changes in the constant, the term $(q_0 - \epsilon)^4$ is replaced by

$$(q_0 - \epsilon *)^4 = \left[[(q_0 - \epsilon)^4]^{1/4} + \epsilon - \epsilon * \right]^4 \quad (2.22)$$

where q_0 is a parameter for the SGP4 density function.

The terms used in Eqs. 2.7 to 2.17 $\theta, q, \beta, \eta, C_2, C_1, C_3, C_4, C_5, D_2, D_3$ and D_4 are described in Hoots and Roerich (1980), with the appropriate values of θ and $(q_0 - \epsilon)^4$.

In the next section, the orbital motion of the International Space Station, ISS, is studied.

3 | ORBITAL MOTION OF THE ISS

A theory to study orbital motion of objects in LEO region can be introduced considering perturbations caused, by the Geopotential and atmospheric drag. The orbital dynamics of the International Space Station is propagated using the equations presented in the second section.

Figures 2 to 5 show the time evolution of the classical keplerian elements of the ISS in 2018.

The orbital dynamics of the ISS is constantly monitored and corrections can be done to avoid the process of reentry in the Earth or collisions with space debris.

In Figure 2, it is possible to observe that in some time the ISS begins the process

of reentry needing corrections in your orbit. Several objects are in the same region of the ISS in Low Earth Orbits and orbital maneuvers are necessary to avoid collisions with space debris and the process of reentry in the Planet.

In the next section, the orbital motions of space debris in process of reentry are analyzed.

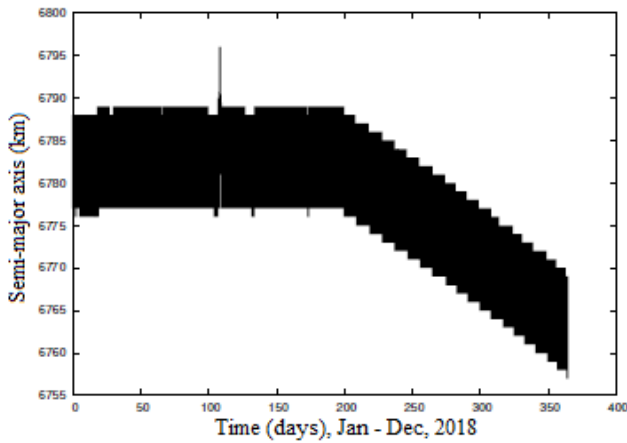


Figure 2: Orbital motion of the ISS corresponding to January/2018 to December/2018: Time behavior of the semi-major axis.

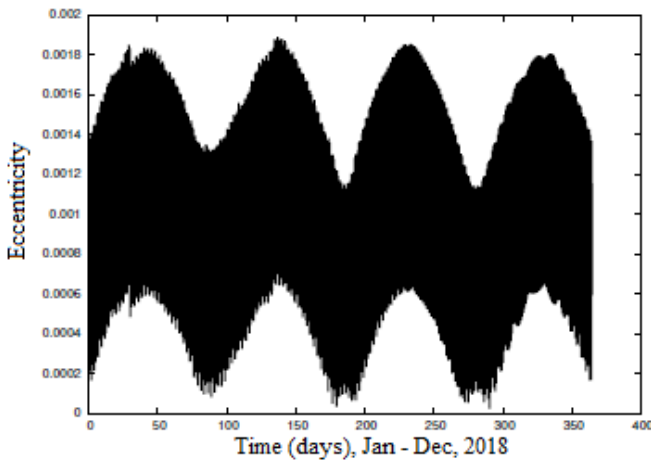


Figure 3: Orbital motion of the ISS corresponding to January/2018 to December/2018: Time behavior of the eccentricity.

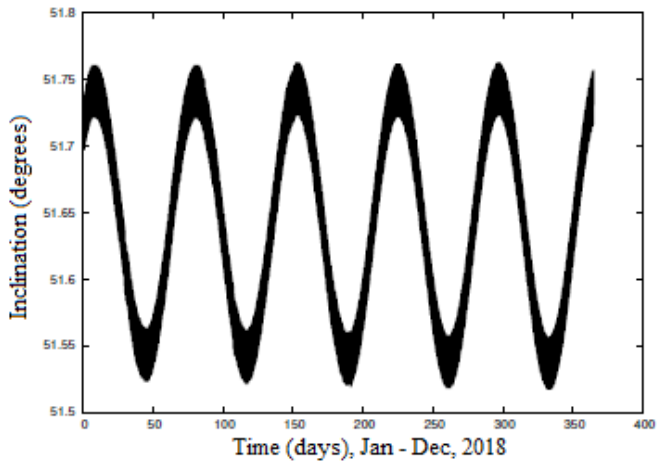


Figure 4: Orbital motion of the ISS corresponding to January/2018 to December/2018: Time behavior of the inclination.

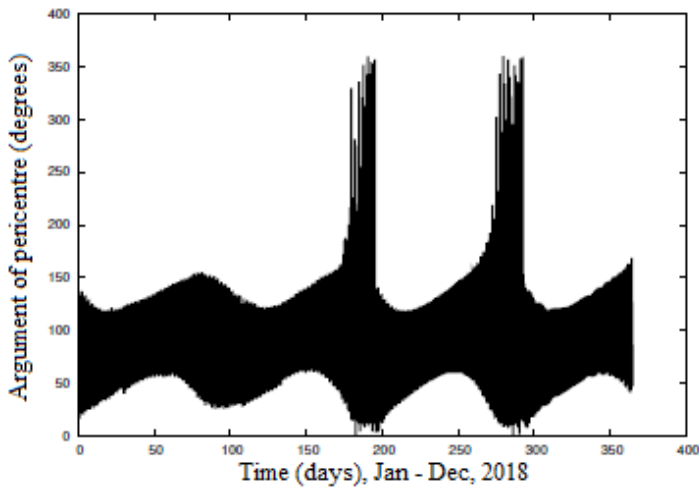


Figure 5: Orbital motion of the ISS corresponding to January/2018 to December/2018: Time behavior of the argument of pericentre.

4 | REENTRY IN THE EARTH

In this section, the orbital motions of space debris are analyzed. The objects, in the process of reentry, are faster when near the Earth's surface. The space debris FENGYUN 30158 has a prediction of reentry for May/2018.

Figures 6 a) and 6 b) show the time behavior of semimajor axis and the time behavior of eccentricity, respectively, of space debris Fengyun 30158. In some months, the process of reentry is completed, when the object reaching the Earth's surface, considering the

Earth's radius.

Figures 7 a) and 7 b) show the time behavior of semimajor axis and the time behavior of eccentricity, respectively, of space debris Techedsat 6 43026. In some months, the process of reentry is completed in May 22, 2018.

Table 1 shows some objects in process of reentry. The space debris analyzed can be fragments, tools, rocket bodies from space missions ISS, IRIDIUM 33 and DELTA 1. The predictions are for 2018 and 2019 and they can represent a safety planning and avoid risks to the population that collisions with the Earth can generate.

Name	Cataloged number	Reentry prediction
ISS deb	43206	November 16, 2018
IRIDIUM 33 deb	33964	May 29, 2018
DELTA 1 deb	00399	September 04, 2019

Table 1: Space debris in process of reentry.

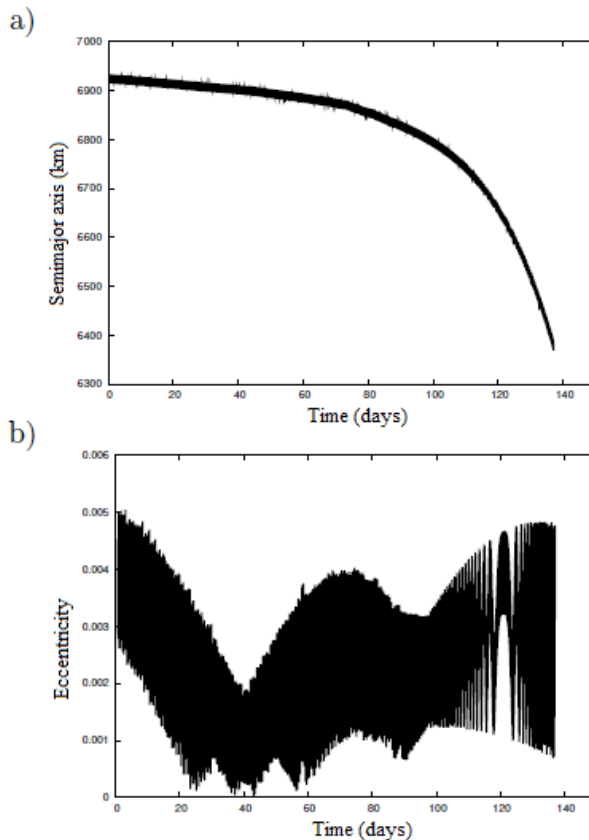


Figure 6: Orbital motion of space debris FENGYUN 30158 corresponding to January/01/2018 to May/18/2018: a) Time evolution of the semimajor axis and b) Time evolution of the eccentricity.

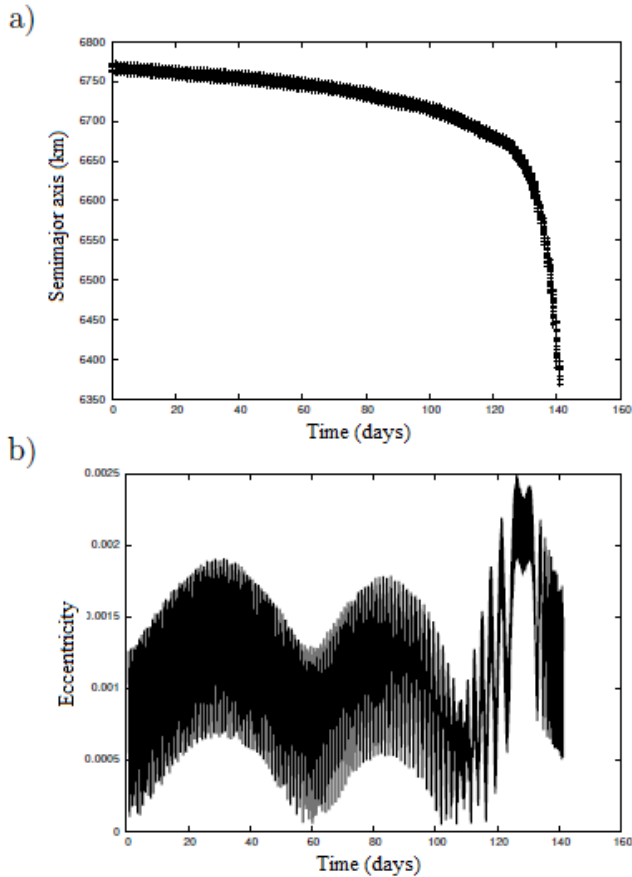


Figure 7: Orbital motion of space debris Techedsat 6 43026 corresponding to January/01/2018 to May/22/2018: a) Time evolution of the semimajor axis and b) Time evolution of the eccentricity.

In the next section, the orbital motions of some space debris are compared with the orbital dynamics of the ISS verifying possible collision risks.

5 I RANGE AND COLLISION RISK

In this section, the orbital motions of space debris and the International Space Station are compared, analyzing the moments of proximities between the orbits. These space debris are in the neighborhood of ISS and can offer collision risks. An impact in the ISS can damage the spaceship in several levels, depending on the size of the object that collided and the relative velocity between them.

The objects, in the process of reentry, are faster when near the Earth's surface. The space debris Sentinel 41803 has a prediction of reentry for September/2017, showing more situations of proximities with the ISS; while SL-18 28961 and Pegasus 24457 had

predictions to reenter in January/2018 and March/2018, respectively, what was confirmed after by real data. Figure 8 shows the orbital motions of space debris Sentinel 41803 and SL-18 28961 crossing the orbital motions of the ISS, by the time behavior of the semimajor axis.

Distances between the ISS and space debris Sentinel 41803 can be observed in Fig. 9, space debris SL-18 28961 in Fig. 10 and involving the ISS and Pegasus 24547, in Fig. 11. Both objects starts the orbital dynamics in the neighborhoods of ISS, but, after some time, the process of reentry is completed for objects Sentinel 41803 and Sentinel 41803. See Fig. 8 where can be observed, probably, the objects reaching the Earth's surface, considering the Earth's radius.

Analyzing the time behavior of the distances between space debris and operational artificial satellites is possible to know about collision risks and if is necessary some orbital maneuver.

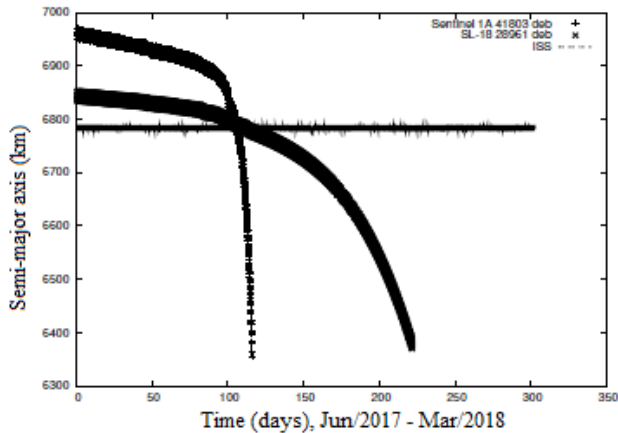


Figure 8: Time behavior of the semimajor axis of the ISS ($a_o=6782.44$ km) and space debris SL-18 28961 ($a_o=6836.26$ km) and Sentinel 41803 ($a_o=6960.46$ km).

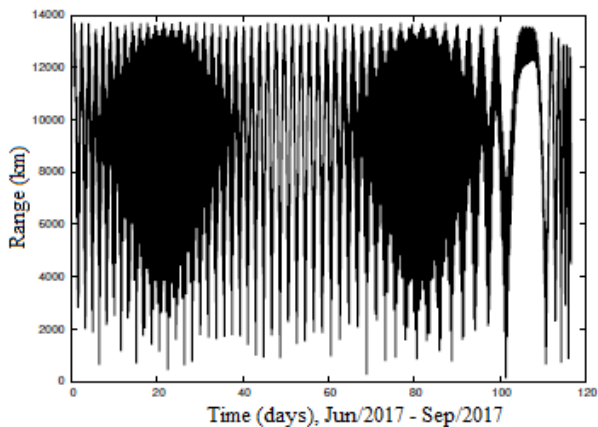


Figure 9: Time behavior of the distance between the orbital motions of the ISS and space debris Sentinel 41803.

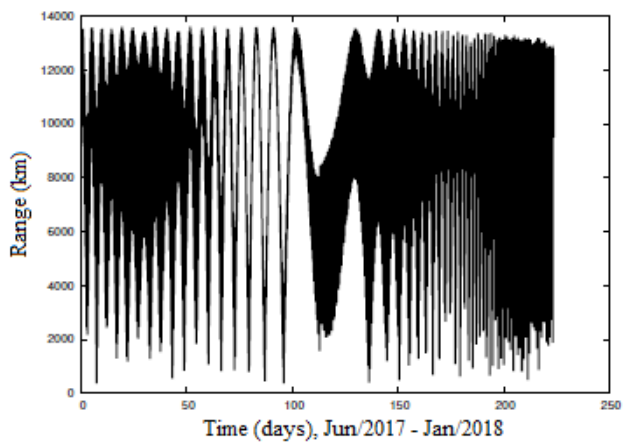


Figure 10: Time behavior of the distance between the orbital motions of the ISS and space debris SL-18 28961.

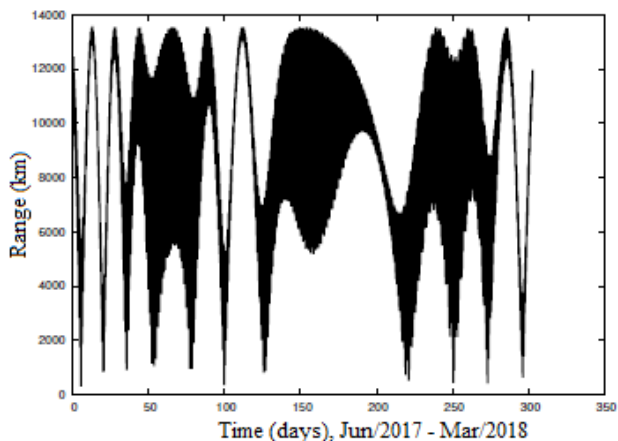


Figure 11: Time behavior of the distance between the orbital motions of the ISS and space debris Pegasus 24547.

6 | CONCLUSIONS

In this work, the orbital dynamics of space debris are studied. There are several operational artificial satellites in Low Earth Orbits, in the same region of most of the space debris orbiting the planet. So, several studies are important to preserve the operability of the space station, considering the increasing number of distinct objects in the space environment offering collision risks and, consequently, possible lost of mission.

The orbital motion of objects are propagated, considering perturbations of geopotential and atmospheric drag. Real data from the Two Line Elements Set of the NORAD are used as initial conditions to the time evolution of the orbital elements. The orbital dynamics of the ISS is compared with space debris and several moments of proximities are indicated.

The process of reentry of Fengyun 30158 and Techedsat 6 43026 in the Earth are observed when the time behavior of the semi-major axis of the space debris are studied.

Distances between the orbital motion of the ISS and the space debris can provide more security and informations about collision risks.

One can observe that the collision risk of space debris with the International Space Station is growing and solutions for the space debris mitigation are necessary.

As a future work, strategies to reduce space debris in LEO region can be studied.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was accomplished with support of the PROPEX / IFS, CNPQ - Brazil (contract 420674/2016-0) and FAPESB (Process 1430/2017).

REFERENCES

Hoots, F. R.; Roehrich, R. L. **Models for Propagation of NORAD Element Sets**, Spacetrack Report No. 3, 1980.

ISS - **International Space Station**. Available at: <www.nasa.gov/mission_pages/station>, accessed in October, 2017.

Klinkrad, H., **Space Debris: Models and Risk Analysis**. Springer-Praxis, Germany, 2006

Mechishnek, M. J., **Overview of the Space Debris Environment**, AEROSPACE REPORT NO. TR-95(5231)-3, 1995.

Osiander R.; Ostdiek, P. **Introduction to Space Debris**, Handbook of Space Engineering, Archeology and Heritage, 2009.

Sampaio, J. C.; Wnuk, E.; Vilhena de Moraes, R.; Fernandes, S. S. **Resonant Orbital Dynamics in LEO Region: Space Debris in Focus**, Mathematical Problems in Engineering, 2014.

Sampaio, J. C.; Vilhena de Moraes, R.; Fernandes, S. S. **Resonant Orbital Dynamics of CBERS Satellites**, In: Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics, v. 4, n. 1, 2016.

Space Track. **Archives of the 2-lines elements of NORAD**. Available at: www.space-track.org, accessed in Jun, 2019.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aplicações Físicas 8, 79

Aprendizagem de física 8, 100

B

Brinquedos 8, 79, 80, 86

D

Dinâmica Molecular 5, 7, 23, 26, 31, 39

Discentes surdos 102, 103, 104, 105, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114

E

Eletromagnetismo 8, 72, 74, 78

Elétron-Buraco 5, 7, 1, 8, 10

Ensino de Física 6, 11, 71, 78, 79, 99, 100, 104, 114, 115, 116

Ensino Tradicional 101

F

Física I 6, 8, 71, 100, 101, 102, 104, 105

G

Giroscópios 8, 79

I

Inclusão 6, 95, 100, 101, 115

Instituto Federal do Amazonas 8, 100

Interfaces ternárias 28, 35, 38

International Space Station 45, 46, 49, 53, 56, 57

J

Jogos educativos 6, 8, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 115

M

Modelagem Científica 5, 7, 58, 59, 60, 61, 70, 71

Modelo Teórico 5, 7, 58, 59, 60, 61, 64, 65, 68, 69, 70, 71

Molas associadas em série 61, 63, 64

Molhabilidade 7, 23

P

Piões 8, 79, 81

Poço Quântico 5, 7, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10

Precipitável 5, 7, 12, 13, 21

Proposta Experimental 8, 72

R

Resistência do ar 8, 88, 95

S

Simulação Numérica 7, 1

space debris 44, 45, 46, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56

Space debris 7, 44, 52

Spinners 8, 79

Surdos 6, 8, 100, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 115

T

Termômetro Infravermelho 14, 15, 16, 17, 20

Trebuchet 6, 8, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 99

Trem Magnético 5, 8, 72, 74, 75, 76, 77, 78

Física:

Universo e os Fenômenos Naturais

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

@atenaeditora

www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Ano 2021

Física:

Universo e os Fenômenos Naturais

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

@atenaeditora

www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Ano 2021