

**Alexandre Igor Azevedo Pereira
(Organizador)**

As Ciências Exatas e da Terra e a Interface com vários Saberes

 **Atena**
Editora
Ano 2019

**Alexandre Igor Azevedo Pereira
(Organizador)**

As Ciências Exatas e da Terra e a Interface com vários Saberes

 **Atena**
Editora
Ano 2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Geraldo Alves
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
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. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobom – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª 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
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª 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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

| Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG) | |
|---|---|
| C569 | As ciências exatas e da terra e a interface com vários saberes [recurso eletrônico] / Organizador Alexandre Igor Azevedo Pereira. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-886-1 DOI 10.22533/at.ed.861192312 1. Ciências exatas e da terra. 2. Engenharia. I. Pereira, Alexandre Igor Azevedo. II. Série. CDD 507 |
| Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422 | |

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2019

APRESENTAÇÃO

Atualmente, a palavra “inovação” tem ganhado os mais variados significados. Dentre eles, a perspectiva de mudanças na forma de se deparar com problemas contemporâneos. Tomadas de decisões que resultem em soluções adequadas e - principalmente - inéditas, em níveis multifacetados, e que agreguem um valor qualitativo para o cotidiano do público ao qual é destinado são permissíveis, apenas, quando equipes com saberes interdisciplinares são sintetizadas. Assim, organizações, corporações, indústrias, empresas, equipes, indivíduos e a sociedade como um todo precisam ser estimuladas a criar e, portanto, pensar por vias da inovação. Pessoas com vários saberes são capazes de enxergar situações de forma mais ampla, propondo soluções mais adequadas e duradouras.

Aliada à premissa que os conhecimentos atrelados à diferentes perspectivas possuem mais amplitude e robustez no desembaraço de dilemas e conflitos contemporâneos, gerando de forma direta inovação na aglutinação do conhecimento inerente a diversos saberes com comunhão às Ciências Exatas e da Terra, a Atena Editora publica a Obra: “As Ciências Exatas e da Terra e a Interface com vários Saberes” que aborda em seus 27 capítulos, soluções para problemas contemporâneos, bem como novas perspectivas metodológicas e descritivas com caráter de excelência do ponto de vista técnico-científico.

No meio profissional, os cursos ligados às Ciências Exatas e da Terra ilustram um futuro promissor no mercado de trabalho devido ao seu amplo espectro funcional. Por isso, desperta o interesse de jovens estudantes, técnicos, profissionais e na sociedade como um todo, pois o ritmo de desenvolvimento atual observado em escala global gera uma consolidada e pungente demanda por recursos humanos cada vez mais qualificados. Não obstante, as Ciências Exatas e da Terra estão ganhando cada vez mais projeção, através da sua própria reinvenção frente às suas intrínsecas evoluções e mudanças de paradigmas impulsionadas pelo cenário tecnológico e econômico. Para acompanhar esse ritmo, a humanidade precisa de recursos humanos atentos e que acompanhem esse ritmo através da incorporação imediata de conhecimento com qualidade e com autonomia de raciocinar soluções inovadoras.

Esperamos que o presente e-book, de publicação da Atena Editora, possa representar como legado a oferta de conhecimento para capacitação de recursos humanos através da aquisição de conhecimentos técnico-científicos de vanguarda; instigando professores, pesquisadores, estudantes, profissionais com as Ciências Exatas e da Terra, entremeados à busca do descobrimento por novos saberes, bem como a sociedade, como um todo, frente a construção de pontes de conhecimento de caráter lógico, aplicado e com potencial de transpor o limiar fronteiro do conhecimento, o que - inclusive - sempre caracterizou o uso de soluções inovadoras ao longo da humanidade.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| A PRODUÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO COMO ESTRATÉGIA DE ENSINO NO NÍVEL SUPERIOR: TENSÃO SUPERFICIAL | |
| André de Azambuja Maraschin Natália Nara Janner Carlos Alberto Soares dos Santos Filho Morgana Welke Márcio Marques Martins | |
| DOI 10.22533/at.ed.8611923121 | |
| CAPÍTULO 2 | 9 |
| ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO NO CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL UTILIZANDO ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X | |
| Caio Cesar Vivian Guedes Oliveira Zilda Baratto Vendrame | |
| DOI 10.22533/at.ed.8611923122 | |
| CAPÍTULO 3 | 17 |
| AVALIAÇÃO DE ESTABILIDADE DAS MICROCÁPSULAS DE GALACTOMANANA CONTENDO LICOPENO | |
| Francisco Valmiller Lima de Oliveira Antonia Fadia Valentim de Amorim Amanda Maria Barros Alves Adriele Sousa Silva Sonia Maria Costa Siqueira Raquel Santiago de Melo | |
| DOI 10.22533/at.ed.8611923123 | |
| CAPÍTULO 4 | 22 |
| CARBOXIMETILQUITOSANA COMO AGENTE BIOADSORVENTE DE ÍONS CD^{+2} | |
| João Lucas Isidio de Oliveira Almeida Flávia Oliveira Monteiro da Silva Abreu Carlos Emanuel de Carvalho Magalhães | |
| DOI 10.22533/at.ed.8611923124 | |
| CAPÍTULO 5 | 27 |
| CINÉTICA DO RETARDAMENTO DA OXIDAÇÃO DO BODIESEL DE ÓLEO DE PINHÃO MANSO PELA AÇÃO DA CURCUMINA COMO ANTIOXIDANTE | |
| Adriano Gomes de Castro Carla Verônica Rodarte de Moura Edmilson Miranda de Moura Barbara Cristina da Silva Leanne Silva de Sousa Juracir Francisco de Brito Darlisson Slag Neri Silva Francisco Cardoso Figueiredo | |
| DOI 10.22533/at.ed.8611923125 | |

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 6 | 40 |
| CONCEPÇÕES DE PROFESSORES DA EDUCAÇÃO BÁSICA SOBRE ASTROBIOLOGIA | |
| Marcos Pedroso | |
| Rachel Zuchi Faria | |
| DOI 10.22533/at.ed.8611923126 | |
| CAPÍTULO 7 | 53 |
| DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE AMOSTRAS DE BIODIESEL OBTIDAS POR TRANSESTERIFICAÇÃO ALCOÓLICA MISTA E CATÁLISE HOMOGÊNEA | |
| Danielly Nascimento Morais | |
| Igor Silva de Sá | |
| Eliane Kujat Fischer | |
| Alberto Adriano Cavalheiro | |
| DOI 10.22533/at.ed.8611923127 | |
| CAPÍTULO 8 | 65 |
| ESTUDO COMPARATIVO DO CARDANOL E SEU ANÁLOGO NO TRATAMENTO DO FITOPATÓGENO LASIODIPLODIA THEOBRAMAE | |
| Stéphany Swellen Vasconcelos Maia | |
| Katiany do Vale Abreu | |
| Danielle Maria Almeida Matos | |
| Maria Roniele Felix Oliveira | |
| Ana Luiza Beserra da Silva | |
| Sara Natasha Luna de Lima | |
| Carlucio Roberto Alves | |
| DOI 10.22533/at.ed.8611923128 | |
| CAPÍTULO 9 | 75 |
| ESTUDO DA AÇÃO CATALÍTICA DO COBRE II VIA CATÁLISE HOMOGÊNEA E HETEROGÊNEA EM PROCESSOS DE TRANSESTERIFICAÇÃO PARA A SÍNTESE DE BIODIESEL | |
| Igor Silva de Sá | |
| Danielly Nascimento Morais | |
| Graciele Vieira Barbosa | |
| Eliane Kujat Fischer | |
| Eduardo Felipe De Carli | |
| Alberto Adriano Cavalheiro | |
| DOI 10.22533/at.ed.8611923129 | |
| CAPÍTULO 10 | 87 |
| ESTUDO DA ESTABILIDADE DE EMULSÕES DE QUITOSANA COM ÓLEO DE <i>Eucalyptus citriodora</i> | |
| Emanuela Feitoza da Costa | |
| Weibson Paz Pinheiro André | |
| Flávia Oliveira Monteiro da Silva Abreu | |
| DOI 10.22533/at.ed.86119231210 | |

CAPÍTULO 11 93

ESTUDO FITOQUÍMICO DE CLONES DE ELITE DE ESTÉVIA

Maria Rosa Trentin Zorzenon
Paula Moro
Heloísa Vialle Pereira Maróstica
Mariane Fernandes Maioral
Cler Antônia Jansen da Silva
Maysa Ariane Formigoni Fasolin
Antonio Sergio Dacome
Paula Gimenez Milani Fernandes
Silvio Claudio da Costa

DOI 10.22533/at.ed.86119231211

CAPÍTULO 12 100

EXPERIMENTAÇÃO UTILIZANDO RESÍDUO ALIMENTAR (EPICARPO DE UVA) COMO ADSORVENTE NO DESCORAMENTO DE SOLUÇÃO AQUOSA CONTENDO CORANTE VIOLETA CRISTAL

Ana Luiza Lêdo Porto
Gabriele Elena Scheffler
Kelly Vargas Treicha
Mariene Rochefort Cunha
Nilton Fabiano Gelos Mendes Cimirro
Flávio André Pavan

DOI 10.22533/at.ed.86119231212

CAPÍTULO 13 113

LUDICIDADE NO ENSINO FUNDAMENTAL I: UMA CONCEITUADA ESTRATÉGIA PARA O APRENDIZADO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

Sharise Beatriz Roberto Berton
Maria Cecília Becel Roberto
Lusia Aparecida Becel
Makoto Matsushita
Elton Guntendorfer Bonafé
Milena do Prado Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.86119231213

CAPÍTULO 14 124

MAGNETOMETRIA DE IO, LUA DE JÚPITER

Pedro Henrique Leal Hernandez
Vinicius de Abreu Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.86119231214

CAPÍTULO 15 136

O OLHAR QUÍMICO SOBRE A AUTOMEDICAÇÃO: A INTERDISCIPLINARIDADE DENTRO DE SALA DE AULA

Juracir Francisco de Brito
Angélica de Brito Sousa
Darlisson Slag Neri Silva
Samuel de Macêdo Rocha
Tiago Linus Silva Coelho
Hudson de Carvalho Silva

DOI 10.22533/at.ed.86119231215

CAPÍTULO 16 149

OBTENÇÃO DO HIDROGÊNIO PELA ELETRÓLISE E SUA IMPORTÂNCIA COMO FONTE ALTERNATIVA DE ENERGIA SUSTENTÁVEL

José Erilanio Lacerda de Oliveira
Jonatan Raubergue Marques de Sousa
João Nogueira de Oliveira
Maria Elane Nunes
Claudia Maria Pinto da Costa

DOI 10.22533/at.ed.86119231216

CAPÍTULO 17 158

OBTENÇÃO E ANÁLISES ORGANOLÉPTICAS DE BIOHIDROGEL DE GALACTOMANANA ADITIVADO COM NANOEMULSÃO DE ÓLEO DE URUCUM

Amanda Maria Barros Alves
Antonia Fadia Valentim de Amorim
Adriele Sousa Silva
Francisco Valmiller Lima de Oliveira
Sonia Maria Costa Siqueira
Raquel Santiago de Melo

DOI 10.22533/at.ed.86119231217

CAPÍTULO 18 164

PETROGRAFIA DA FÁCIES LEUCOGRANÍTICA DO GRANITO SANTO FERREIRA, CAÇAPAVA DO SUL, RS

João Pedro de Jesus Santana
Cristiane Heredia Gomes
Luis Fernando de Lara
Diogo Gabriel Sperandio

DOI 10.22533/at.ed.86119231218

CAPÍTULO 19 176

PRODUÇÃO DE BIOSURFACTANTE COM O USO DE POLISSACARÍDEO NATURAL E GLICERINA COMO FONTES DE CARBONO ALTERNATIVAS

Ana Luiza Beserra da Silva
Katiany do Vale Abreu
Liange Reck
Maria Roniele Félix Oliveira
Stephany Swellen Vasconcelos Maia
Danielle Maria Almeida Matos
Carlucio Roberto Alves

DOI 10.22533/at.ed.86119231219

CAPÍTULO 20 185

PROSPECÇÃO FITOQUÍMICA DO EXTRATO DE JAMBO-VERMELHO (*Syzygium malaccense*) E AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES ANTIOXIDANTE E ANTI-ACETILCOLNESTERÁSICA

Micheline Soares Costa Oliveira
Beatriz Jales De Paula
Cristiane Duarte Alexandrino Tavares

DOI 10.22533/at.ed.86119231220

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 21 | 194 |
| RELAÇÃO DA ERODIBILIDADE E ATRIBUTOS DO SOLO EM UMA TRANSEÇÃO | |
| Thais Palumbo Silva | |
| Letiéri da Rosa Freitas | |
| Cláudia Liane Rodrigues de Lima | |
| Maria Cândida Moitinho Nunes | |
| Jânio dos Santos Barbosa | |
| Raí Ferreira Batista | |
| Suélen Matiasso Fachi | |
| DOI 10.22533/at.ed.86119231221 | |
| CAPÍTULO 22 | 206 |
| SONDAS GAMA PORTÁTEIS INTRAOPERATIVAS: IMPACTO DA METROLOGIA NA SUA APLICAÇÃO NO DIAGNÓSTICO DE CÂNCER ATRAVÉS DE LINFONODO SENTINELA | |
| Samara Silva de Carvalho Rodrigues | |
| Sérgio Augusto L. Souza | |
| Lídia Vasconcellos de Sá | |
| DOI 10.22533/at.ed.86119231222 | |
| CAPÍTULO 23 | 213 |
| UM APLICATIVO INTELIGENTE PARA ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS | |
| Camila Campos Colares das Dores | |
| Gerardo Valdisio Rodrigues Viana | |
| José Braga Lima Júnior | |
| DOI 10.22533/at.ed.86119231223 | |
| CAPÍTULO 24 | 218 |
| UMA REFLEXÃO SOBRE A FÍSICA DENTRO DO CONTEXTO INTERDISCIPLINAR | |
| Lázaro Luis de Lima Sousa | |
| Luciana Angélica da Silva Nunes | |
| Jusciane da Costa e Silva | |
| Nayra Maria da Costa Lima | |
| DOI 10.22533/at.ed.86119231224 | |
| CAPÍTULO 25 | 226 |
| USO DE QUITOSANA E DERIVADO CARBOXIMETILADO COMO AGENTES DE REMOÇÃO DE COR E TURBIDEZ DE ÁGUAS | |
| Raimundo Nonato Lima Júnior, | |
| Flávia Oliveira Monteiro da Silva Abreu, | |
| DOI 10.22533/at.ed.86119231225 | |
| CAPÍTULO 26 | 232 |
| USO DO MCMC PARA ESTIMAÇÃO DOS PARÂMETROS DOS PROCESSOS ARFIMA (p,d,q) | |
| Cleber Bisognin | |
| Letícia Menegotto | |
| DOI 10.22533/at.ed.86119231226 | |

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 27 | 242 |
| UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS EM PRÁTICAS DE QUÍMICA ORGÂNICA I | |
| Maria Claudia Teixeira Vieira Rodrigues | |
| Franciglauber Silva Bezerra | |
| Maria da Conceição Lobo Lima | |
| Djane Ventura de Azevedo | |
| Luisa Célia Melo Pacheco | |
| Francisco André Andrade de Aguiar | |
| DOI 10.22533/at.ed.86119231227 | |
| SOBRE O ORGANIZADOR..... | 246 |
| ÍNDICE REMISSIVO | 247 |

MAGNETOMETRIA DE IO, LUA DE JÚPITER

Data de aceite: 29/11/2019

Pedro Henrique Leal Hernandez

Universidade Federal do Pampa, Geologia
Caçapava do Sul – RS

Vinicius de Abreu Oliveira

Universidade Federal do Pampa, Geologia
Caçapava do Sul – RS

RESUMO: Io, o primeiro satélite galileano de Júpiter, chama a atenção pela magnitude de sua atividade vulcânica. Apresentando vulcanismos de alta temperatura ($>1.600\text{ }^{\circ}\text{C}$) e com erupções alcançando algumas centenas de metros de altura. Esta atividade vulcânica é causada por um processo conhecido como aquecimento por maré, que por sua vez é criado pela atração gravitacional e pela ressonância orbital de Io com Júpiter e dois de seus outros satélites: Europa e Ganimedes. Utilizando dados geofísicos da missão espacial Galileo, lançada em 18 de outubro de 1989, que realizou voos de sondagem do Sistema Júpiter entre 1995 e 2003, este trabalho tem como objetivo analisar a interação entre o campo magnético de Júpiter e o campo magnético induzido em Io. E desta forma, estimar um valor para este campo magnético induzido.

PALAVRAS-CHAVE: Io. Júpiter. Sistema Júpiter. Magnetometria.

MAGNETOMETRY OF IO, JUPITER'S MOON

ABSTRACT: Io, Jupiter's first Galilean satellite, draws attention by the magnitude of its volcanic activity. Featuring high-temperature volcanism ($> 1,600\text{ }^{\circ}\text{C}$) and eruptions reaching a few hundred meters high. This volcanic activity is caused by a process known as tidal heating, which is in turn created by the gravitational pull and orbital resonance of Io with Jupiter and two of its other satellites: Europa and Ganymede. Using geophysical data from Galileo space mission, launched on October 18, 1989, which conducted Jupiter System probing flights between 1995 and 2003, this paper aims to analyze the interaction between Jupiter's magnetic field and the Io-induced magnetic field. And so, estimate a value for this induced magnetic field.

KEYWORDS: Io. Jupiter. Jupiter system. Magnetometry.

1 | INTRODUÇÃO

1.1 IO

Io é o satélite galileano, isto é, observado por Galileu 1609, mais próximo de Júpiter. O satélite possui dimensões e composição bem próximas da nossa própria Lua (Tabela 1). No entanto, é o corpo mais vulcanicamente ativo

do Sistema Solar, atualmente ele possui centenas de pontos vulcânicos ativos em sua superfície (Lopes e Spencer, 2007).

| Parâmetro | Io | Lua |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|
| Planeta Parental | Júpiter | Terra |
| Tamanho (diâmetro) | 3.630 km | 3.475 km |
| Massa | $8,94 \times 10^{22}$ kg | $7,35 \times 10^{22}$ kg |
| Densidade | $3,53 \text{ g/cm}^3$ | $3,34 \text{ g/cm}^3$ |
| Distância orbital | 421.600 km | 384.400 km |
| Período orbital | 42 horas | 28 dias |
| Período de rotação | 42 horas | 28 dias |
| Velocidade orbital | 17,33 km/s | 1,02 km/s |
| Momento de inércia | $0,37824 \pm 0,00022$ | $0,3929 \pm 0,0009$ |

Tabela 1 – Comparação dos parâmetros físicos entre Lua e Io.

Fonte: adaptado de Estalick (2000)

Este vulcanismo exacerbado é causado por um fenômeno conhecido como aquecimento de maré, que por sua vez é proveniente da Ressonância de Laplace (Lopes e Spencer, 2007). Neste fenômeno, os satélites galileanos periodicamente se alinham com Júpiter, onde a cada órbita completada por Ganimedes ao redor de Júpiter, Europa completa duas e Io completa quatro. Esta ressonância periódica causa a deformação e o aquecimento interno dos satélites interiores de Júpiter (Io e Europa).

Além da interação gravitacional entre Júpiter e Io, também é notável a interação que o campo magnético de Júpiter – o maior apresentado por um planeta do Sistema Solar, com a magnitude de 400.000 nT (CONNERNEY et al., 1998) – possui com as partículas expelidas pelo vulcanismo de Io e com seu interior rochoso aquecido. O campo magnético do planeta é capaz de ionizar as partículas expelidas por Io, criando um torus de plasma situado na órbita de Io (Figura 1).

Utilizando dados de magnetometria da missão Galileo disponibilizados pela NASA, que realizou a sondagem dos quatro satélites galileanos e também da magnetosfera de Júpiter entre 1995 e 2003, foram filtrados intervalos de influência de Io no campo magnético de Júpiter, e calculado o campo magnético induzido pela lua.

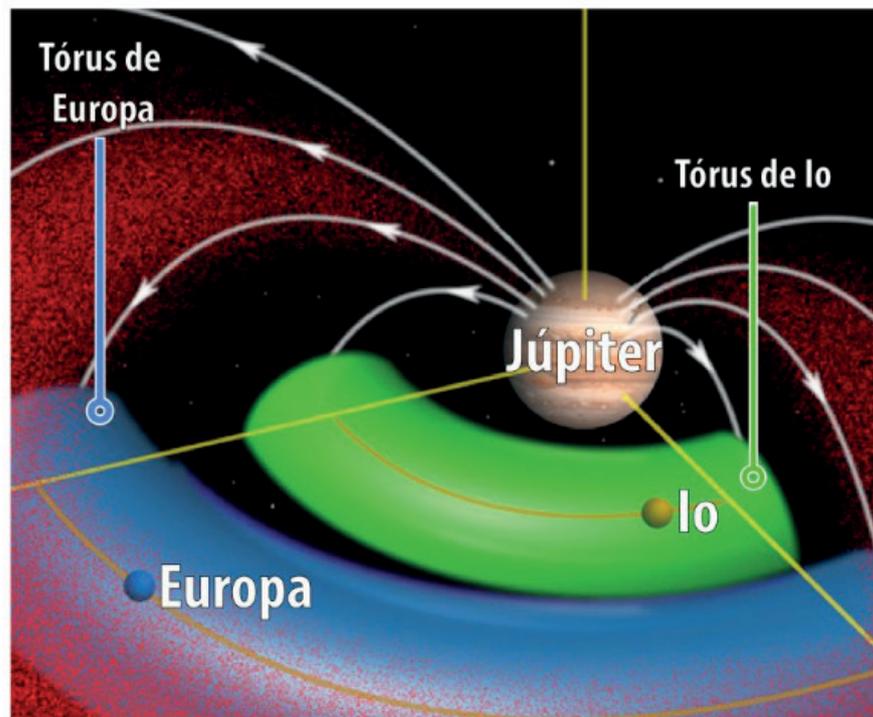


Figura 1 – O Torus de Io, com indicação das linhas de campo magnético de Júpiter e das órbitas dos satélites Io e Europa

Fonte: adaptado de Johns Hopkins (2003)

1.2 Magnetometria

O principal método geofísico utilizado neste trabalho foi a magnetometria, este utiliza leituras do campo magnético de um corpo para a investigação de rochas e estruturas em subsuperfície. Um campo magnético externo é capaz de induzir um campo magnético secundário em rochas e estruturas (REYNOLDS, 2011). Este campo magnético induzido pode se combinar ou contrapor o campo inicial. A indução também depende da temperatura: se alta o suficiente, a agitação termal destrói o alinhamento dos dipolos magnéticos, se baixa o suficiente, dificulta a movimentação dos elétrons (DENTITH; MUDGE, 2014).

A magnetometria analisa essas alterações do campo magnético de referência. Estes valores são medidos de acordo com cada região (REYNOLDS, 2011). A diferença captada é usada para interpretação dos diferentes materiais que estão em subsuperfície.

É interessante ressaltar a equação da diluição geométrica, também conhecida como a Lei do Inverso do Quadrado da Distância. Uma relação conhecida e válida para gravidade; ondas eletromagnéticas; campo magnético; e outras grandezas da natureza (KEPLER; SARAIVA, 2004). A Figura 2 exemplifica que um mesmo valor inicial se dispersa por uma área cada vez maior com o aumento da distância.

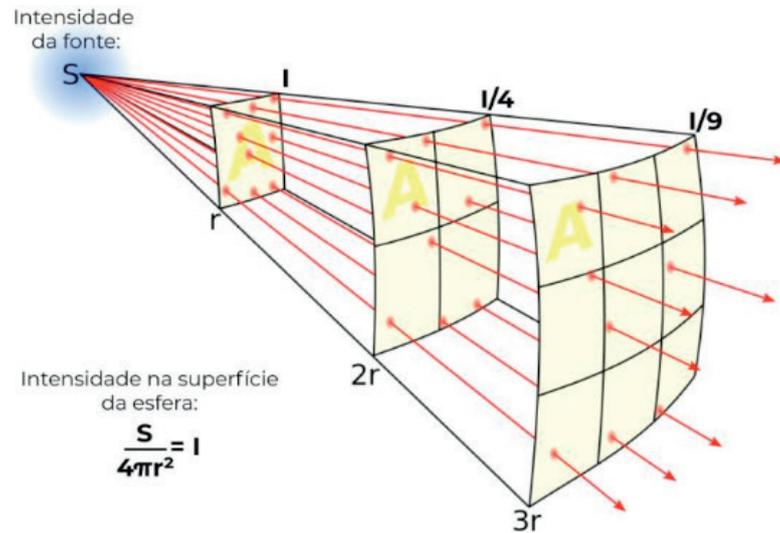


Figura 2 - Exemplo visual de diluição geométrica
 Fonte: adaptado de Wikipedia, *Inverse Square Law*, 2008

Considerando esta diluição geométrica é possível inferir uma equação geral dada por:

$$I = \frac{S}{4\pi r^2} \quad (1.1)$$

onde:

I = Intensidade do campo magnético a uma distância radial r;

S = Intensidade do campo magnético da fonte;

r = Distância radial até a fonte.

2 | MATERIAIS

2.1 A missão galileo: a sonda

a missão Galileo realizou um total de 34 órbitas ao redor de Júpiter. Porém, nem todas resultaram na captação de dados do objeto de estudo deste projeto, de fato, apenas cinco destas órbitas estavam programadas para captar dados (geofísica e imageamento) de Io. Cada órbita da Galileo foi numerada sequencialmente iniciando na órbita 0, como a primeira ao redor do Sistema Júpiter. Desta forma as órbitas 0, 24, 27, 31 e 32 são as de interesse para o presente trabalho. Por vezes, devido ao sistema de segurança da própria sonda, em algumas órbitas não é possível obter dados utilizáveis, este foi o caso em duas órbitas realizadas em Io, as órbitas 25 e 33.

Esta missão foi constituída por duas espaçonaves, uma orbitante e uma sonda atmosférica, a espaçonave orbitante tinha sua estrutura dividida em duas seções. A Figura 3 mostra o diagrama da Galileo, com suas ferramentas separadas em quatro

classes: aparelhos de engenharia (em verde), instrumentos de campos e partículas (em azul), a sonda atmosférica (em amarelo) e instrumentos de sensoriamento remoto (em vermelho).

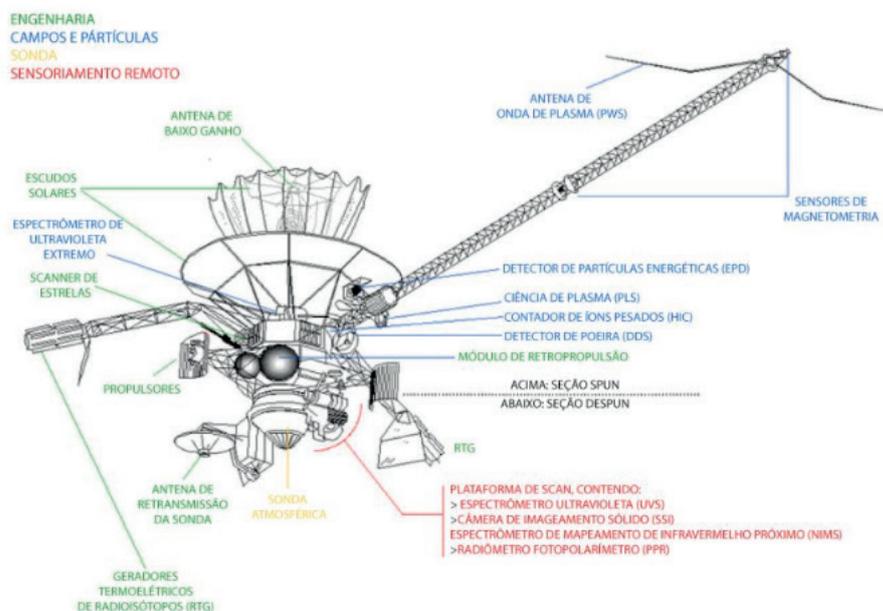


Figura 3- Diagrama da espaçonave orbitante Galileo com a sonda ainda acoplada

Fonte: traduzida de NASA (1989).

2.2 A missão galileo: dados

Os dados de magnetometria realizadas pela sonda Galileo, estão disponibilizados pela NASA em sites específicos da missão. Cada volume de dados é composto de 2 arquivos:

- Formato .tab: tabelas com os dados brutos;
- Formato .lbl: rótulo de cada coluna da tabela de dados brutos, com uma descrição sucinta de cada item.

Ambos os arquivos podem ser visualizados utilizando-se algum editor de texto simples, como o bloco de notas. A Figura 4 traz juntamente uma imagem contendo a pasta com os volumes e os dois arquivos citados acima aberto com a ferramenta citada.

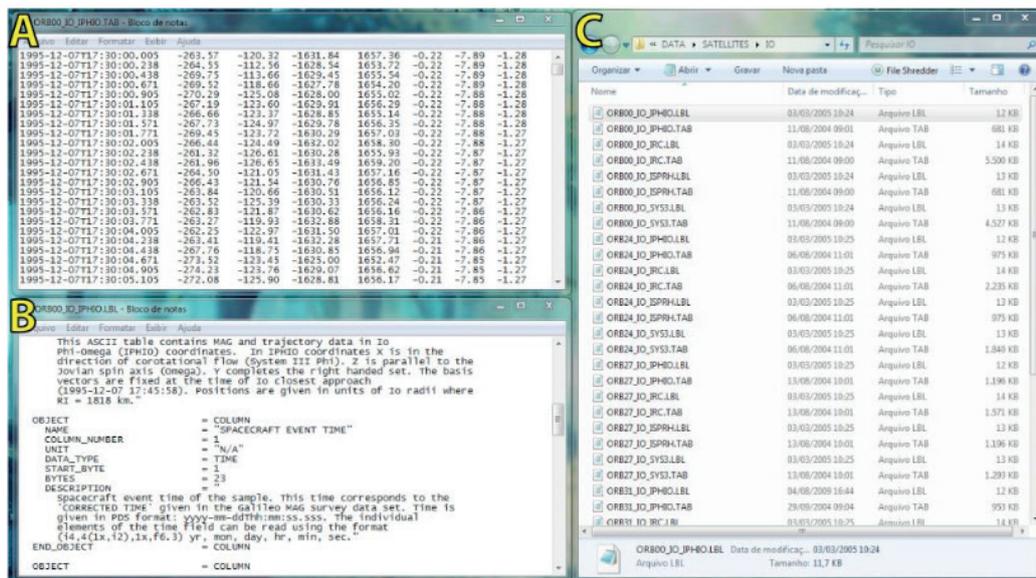


Figura 4 - Arquivo com os dados brutos (A), arquivo com os rótulos (B) ambos para magnetometria da órbita 0, e pasta contendo os volumes (C).

Fonte: confeccionado pelo autor utilizando dados disponíveis em Kivelson et al. (1997).

Foram obtidos um total de 20 volumes de dados, sendo estes referentes às cinco órbitas que foram realizadas em Io durante os oito anos de sondagem do Sistema Júpiter. Cada órbita conta com quatro leituras de magnetometria em formas de coordenadas diferentes (a forma de coordenada não altera o valor da leitura para um mesmo momento):

- IPHIO: Leitura em coordenadas Phi-Omega;
- IRC: Leitura em coordenadas da espaçonave despun;
- ISPRH: Leitura em coordenadas de mão direita centradas em Io;
- SYS3: Leitura realizada em Sistema de coordenadas 3 para Io;

Partindo das cinco órbitas, e dos quatro tipos de coordenadas, para este trabalho será utilizada a Órbita 0, isso devido a leitura ter sido realizada de forma linear e sem mudanças bruscas no percurso. Já para os tipos de coordenada, a SYS3 será utilizada, por apresentar a maior quantidade de leituras (49.840 leituras).

3 | MÉTODOS

3.1 Análise inicial dos dados

O primeiro passo para uma análise dos dados disponíveis é converter os arquivos .tab em planilhas eletrônicas. A Figura 5 é uma amostra dos dados disponíveis na SYS3 para a órbita 0.

| SPACECRAFT EVENT TIME | BR (nT) | BTHETA (nT) | BPHI (nT) | CAMPO MAGNÉTICO OBSERVADO (nT) | ALCANCE (R _J) | LATITUDE (deg) | LONGITUDE LESTE (deg) | LONGITUDE OESTE (deg) |
|-------------------------|---------|-------------|-----------|--------------------------------|---------------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| 1995-12-07T15:21:01.776 | 299,01 | 779,02 | -29,05 | 834,94 | 7,72 | -1,8 | 155,54 | 204,46 |
| 1995-12-07T15:21:02.009 | 300,51 | 778,88 | -26,69 | 835,27 | 7,72 | -1,8 | 155,54 | 204,46 |
| 1995-12-07T15:21:02.243 | 298,7 | 778,24 | -26,09 | 834 | 7,72 | -1,8 | 155,53 | 204,47 |
| 1995-12-07T15:21:02.443 | 300,75 | 778,91 | -26,8 | 835,38 | 7,72 | -1,8 | 155,53 | 204,47 |
| 1995-12-07T15:21:02.676 | 301,91 | 778,62 | -26,19 | 835,51 | 7,72 | -1,8 | 155,53 | 204,47 |
| 1995-12-07T15:21:02.909 | 298,66 | 779,85 | -26,87 | 835,52 | 7,72 | -1,8 | 155,53 | 204,47 |
| 1995-12-07T15:21:03.109 | 300,61 | 784,28 | -27,26 | 840,36 | 7,72 | -1,8 | 155,53 | 204,47 |
| 1995-12-07T15:21:03.343 | 301,57 | 779,91 | -27,55 | 836,64 | 7,72 | -1,8 | 155,52 | 204,48 |
| 1995-12-07T15:21:03.576 | 299,42 | 779,86 | -26,31 | 835,78 | 7,72 | -1,8 | 155,52 | 204,48 |
| 1995-12-07T15:21:03.776 | 300,1 | 779,19 | -25,4 | 835,37 | 7,72 | -1,8 | 155,52 | 204,48 |

Figura 5 - Exemplo de dados disponíveis para a SYS3 da órbita 0

Fonte: confeccionado pelo autor utilizando dados disponíveis em Kivelson et al. (1997).

Para analisar o comportamento do campo magnético, de acordo com a distância até Júpiter, foi confeccionado um gráfico de dispersão de Magnitude do campo magnético contra Alcance, mostrado na Figura 6. Sabendo-se que lo orbita Júpiter a 421.800 km de distância em média, e que o raio de Júpiter é de 71.492 km no equador, então lo está a uma distância de aproximadamente 5,9 raios de Júpiter do centro do planeta. Através da Figura 6 fica evidente, justamente nesta posição, a existência de uma grande perturbação no campo magnético de Júpiter.

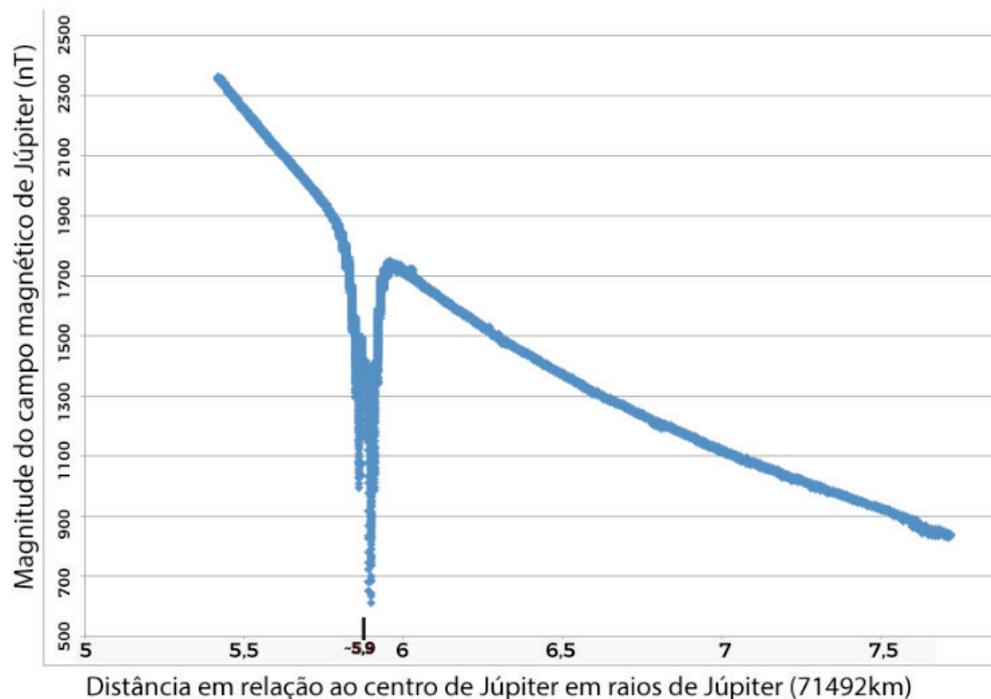


Figura 6 - Comportamento do Campo Magnético de Júpiter de acordo com a distância ao centro do planeta

Fonte: confeccionado pelo autor utilizando dados disponíveis em Kivelson et al. (1997).

Para obter um maior nível de detalhe, um novo gráfico de dispersão foi criado com os dados de coordenada IPHIO (Figura 7), pois estes dados apresentam as

coordenadas em relação ao centro de Io em raios do próprio satélite ($R_i = 1.815 \text{ km}$).

Desta forma, foi observado que para as distâncias bem próximas a Io ($0,3 R_i$, ou aproximadamente 600 m) a variação do campo magnético é pequena. De fato, a maior perturbação do campo magnético de Júpiter começa em distâncias maiores que $0,3 R_i$ ($> 600 \text{ m}$) e condizem com a altura do material expelido pelo vulcanismo, esta grande oscilação pode, então, ser causada pelo torus de plasma de Io que fica situado aproximadamente nesta altura.

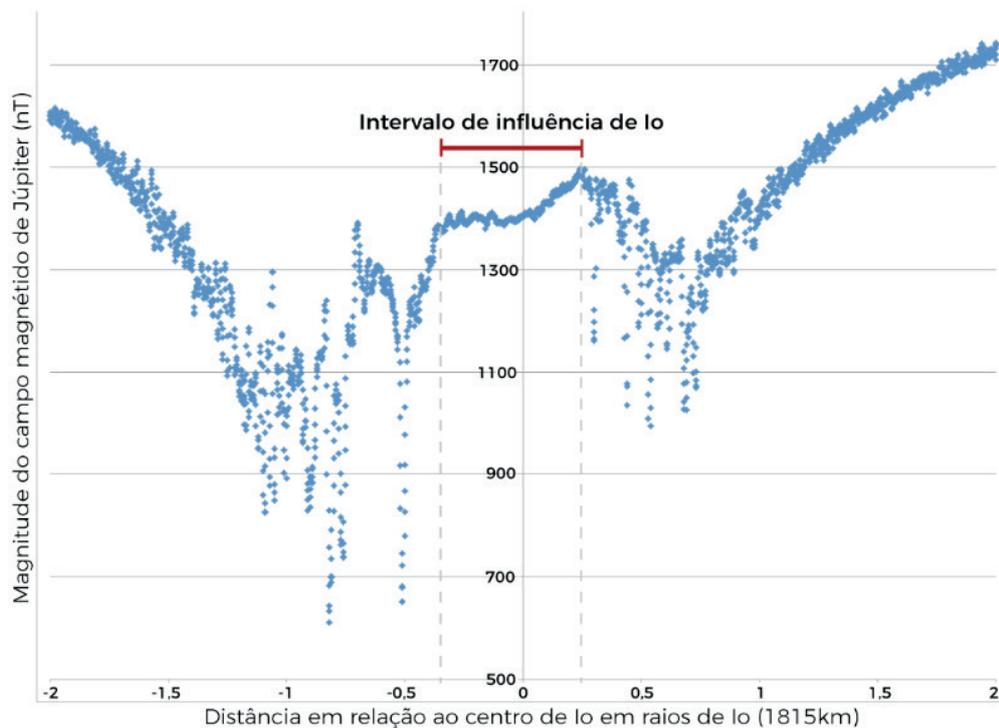


Figura 7 - Comportamento do Campo Magnético de Júpiter nas proximidades de Io.

Fonte: confeccionado pelo autor utilizando dados disponíveis em Kivelson et al. (1997).

3.1 Filtragem dos dados

Como observado na Figura 6, o torus de plasma ao redor de Io afeta muito mais o campo magnético de Júpiter do que o satélite em si. Deste modo, foram filtrados os dados para que apenas o campo dentro da influência de Io fosse utilizado. Para isto foram utilizados os dados da leitura IPHIO que mostra o comportamento do campo magnético de Júpiter, porém com os dados centrados em Io. Então, apenas os alcances entre $-0,35R_i$ e $+0,25R_i$ foram utilizados.

Estes valores filtrados equivalem a 343 leituras, em um período de 2 minutos. Além destes valores, também foram filtrados os alcances sob a influência do torus de plasma de Io, para melhor averiguar o comportamento do campo magnético de Júpiter sem essas perturbações. O intervalo de valores filtrado foi de $5,8$ até $5,95 R_i$, visualmente separados no gráfico de dispersão da SYS3 da órbita 0.

Desta forma foi possível plotar um novo gráfico de dispersão para análise do comportamento do campo magnético de Júpiter (Figura 8). De onde, com o auxílio

da ferramenta de linha de tendência da planilha eletrônica, notou-se que o campo magnético de Júpiter não obedece exatamente a Lei do Quadrado do Inverso da Distância. Com a sua potência de curva de tendência sendo -2,854 como evidenciado pelo gráfico, e não -2 o que indicaria diluição geométrica. Isso se deve a presença de interações magnéticas com partículas ionizadas (Io) e corpos (Ganimedes) com campo intrínseco dentro da magnetosfera de Júpiter (GURNETT et al., 1996; MAUK et al., 2002).

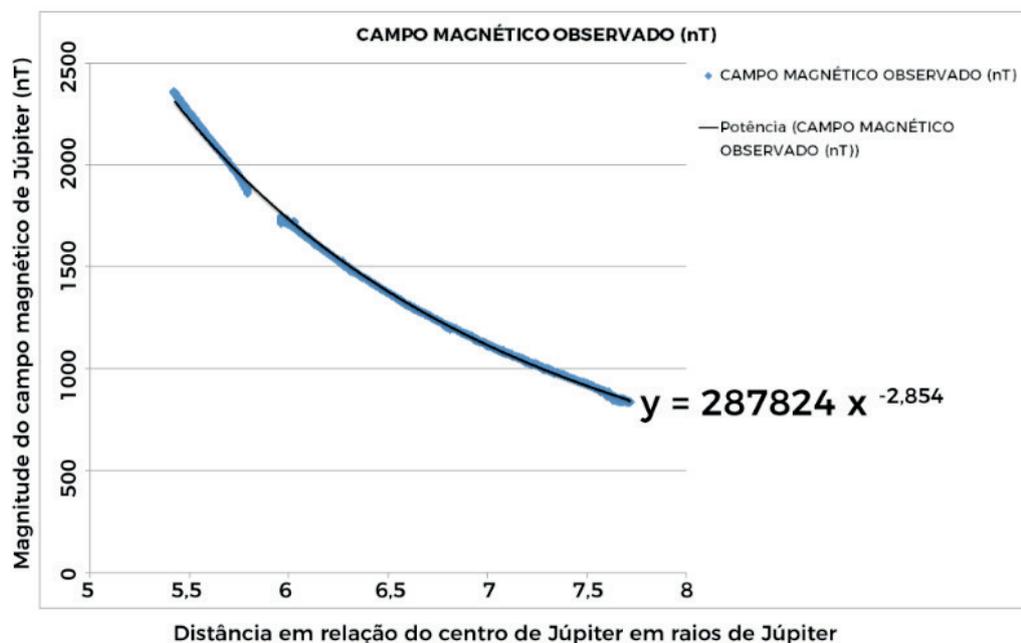


Figura 8 - Comportamento do campo magnético de Júpiter sem a presença de Io, a linha escura representa o modelo criado

Fonte: confeccionado pelo autor utilizando dados disponíveis em Kivelson et al. (1997).

4 | CÁLCULO DO CAMPO MAGNÉTICO INDUZIDO

Como evidenciado na Figura 8, o ajuste da curva não respeita a diluição geométrica. Sendo assim, não é um bom modelo utilizar a Equação 1.1 com os valores de distância radial disponíveis no banco de dados da órbita 0 com a SYS3, e como valor para o campo de Júpiter igual a 4 G (400.000 nT), valor referente ao campo magnético sobre o equador de Júpiter (CONNERNEY et al., 1998).

4.1 Cálculo do campo magnético induzido: diluição geométrica

Pelo método da diluição geométrica, foram obtidos valores do campo magnético que deveria ser observado a certa distância da fonte. A média dos valores para as distâncias disponíveis em R_j resultou em 921,40 nT. Cada valor individual foi subtraído do valor real observado, sobrando assim então o campo magnético induzido pelas rochas de Io. Para este obteve-se um valor médio de 493,21 nT.

A Figura 10 traz uma amostra da tabela com as etapas de cálculo (os autores

podem disponibilizar as planilhas para aqueles que se interessarem).

| SPACECRAFT EVENT TIME | CAMPO MAG. OBSERVADO (nT) | ALCANCE (R _i) | DILUIÇÃO GEOMÉTRICA (nT) | CAMPO INDUZIDO (nT) |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|
| 1995-12-07T17:45:48.004 | 1384,78 | 5,89 | 917,5284465 | 467,2515535 |
| 1995-12-07T17:45:48.237 | 1380,58 | 5,89 | 917,5284465 | 463,0515535 |
| 1995-12-07T17:45:48.437 | 1382,85 | 5,89 | 917,5284465 | 465,3215535 |
| 1995-12-07T17:45:48.671 | 1381,49 | 5,89 | 917,5284465 | 463,9615535 |
| 1995-12-07T17:45:48.904 | 1378,13 | 5,89 | 917,5284465 | 460,6015535 |
| 1995-12-07T17:45:49.104 | 1378,17 | 5,89 | 917,5284465 | 460,6415535 |
| 1995-12-07T17:45:49.337 | 1374,28 | 5,89 | 917,5284465 | 456,7515535 |
| 1995-12-07T17:45:49.571 | 1375,43 | 5,89 | 917,5284465 | 457,9015535 |
| 1995-12-07T17:45:49.771 | 1373,38 | 5,89 | 917,5284465 | 455,8515535 |
| 1995-12-07T17:45:50.004 | 1374,91 | 5,89 | 917,5284465 | 457,3815535 |
| 1995-12-07T17:45:50.237 | 1373,37 | 5,89 | 917,5284465 | 455,8415535 |

Figura 10 - Amostra da tabela de cálculo do campo magnético induzido pelo método da diluição geométrica

Fonte: confeccionado pelo autor utilizando dados disponíveis em Kivelson et al. (1997).

4.2 Cálculo do campo magnético induzido: regressão não linear

No presente caso, notamos que o melhor modelo seria calcular uma regressão não linear dos dados para uma potência maior do que dois. Desta forma, gera-se uma equação para o campo magnético de acordo com o comportamento dos dados disponíveis, ajustando o modelo aos dados observados.

A regressão não linear primeiramente foi realizada com auxílio da extensão XLSTAT para o software de planilha eletrônica, porém, como os resultados não foram muito discrepantes do cálculo manual ($R^2= 0,95$ para o cálculo com o XLSTAT e $R^2= 0,98$ para o cálculo manual). Sendo assim, se preferiu manter o cálculo manual por ser executado mais rapidamente e por gerar valores únicos para cada leitura ao invés de um valor médio como o XLSTAT.

Para o cálculo manual da regressão, foram utilizados os valores do campo magnético observado, alcance em R_i respectivo e a potência desejada. Para as potências, foram utilizados dois valores, -2 por ser usual do inverso do quadrado da distância e -3 por ser compatível com a diluição geométrica de dipolos magnéticos. Com isto, foram calculados os coeficientes da equação do campo magnético induzido utilizando a equação:

$$y = bx^a$$

onde:

y = campo magnético dependente de x;

x = distância;

b = coeficientes;

a = potência de decaimento;

Foram obtidos a partir desta equação, isolando-se **b**, os coeficientes para as potências -2 e -3. Assim, ao se fazer a razão entre esta nova equação com potência conhecida, e a equação gerada automaticamente pela planilha eletrônica com a

linha de tendência, tem-se uma equação que deduz o campo magnético induzido em um dado ponto (Figura 9).

| POTÊNCIA | | COEFICIENTE | | EQUAÇÃO | |
|--------------------|--------|-------------|-----------|---------|-----------------------------|
| a= | -2,854 | b= | 287824 | y = | 287824 x ^{-2,854} |
| a= | -2 | b= | 48865,772 | y = | 48865,772 x ⁻² |
| EQUAÇÃO RESULTANTE | | | | | |
| a= | -0,854 | b= | 5,8900942 | y = | 5,89009 x ^{-0,854} |

| POTÊNCIA | | COEFICIENTE | | EQUAÇÃO | |
|--------------------|--------|-------------|-----------|---------|----------------------------|
| a= | -2,854 | b= | 287824 | y = | 287824 x ^{-2,854} |
| a= | -3 | b= | 287188,57 | y = | 287189 x ⁻³ |
| EQUAÇÃO RESULTANTE | | | | | |
| a= | 0,146 | b= | 1,0022126 | y = | 1,00221 x ^{0,146} |

Figura 9 – Resultados do cálculo manual das equações do campo magnético induzido

Fonte: confeccionado pelo autor utilizando dados disponíveis em Kivelson et al. (1997).

Assim, o método da regressão não linear forneceu duas equações, nominalmente dois modelos, que descrevem o campo magnético induzido por Io a uma dada distância R_j . A média dos valores encontrados para o campo magnético induzido para a potência -2 foi de 1,29793 nT, enquanto que para a potência -3 foi de 1,29795 nT. A Figura 11 apresenta uma amostra da tabela com as etapas de cálculo.

| SPACECRAFT EVENT TIME | CAMPO MAGNÉTICO OBSERVADO (nT) | ALCANCE (R_j) | COEFICIENTE [-3] | COEFICIENTE [-2] | CAMPO INDUZIDO [-2] (nT) | CAMPO INDUZIDO -3 |
|-------------------------|--------------------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------------|-------------------|
| 1995-12-07T17:45:48.004 | 1384,78 | 5,89 | 282961,0555 | 48040,92624 | 1,295518974 | 1,298364665 |
| 1995-12-07T17:45:48.237 | 1380,58 | 5,89 | 282102,8424 | 47895,21942 | 1,295518974 | 1,298364665 |
| 1995-12-07T17:45:48.437 | 1382,85 | 5,89 | 282566,6862 | 47973,97049 | 1,295518974 | 1,298364665 |
| 1995-12-07T17:45:48.671 | 1381,49 | 5,89 | 282288,7886 | 47926,78923 | 1,295518974 | 1,298364665 |
| 1995-12-07T17:45:48.904 | 1378,13 | 5,89 | 281602,218 | 47810,22377 | 1,295518974 | 1,298364665 |
| 1995-12-07T17:45:49.104 | 1378,17 | 5,89 | 281610,3915 | 47811,61146 | 1,295518974 | 1,298364665 |
| 1995-12-07T17:45:49.337 | 1374,28 | 5,89 | 280815,5226 | 47676,65919 | 1,295518974 | 1,298364665 |
| 1995-12-07T17:45:49.571 | 1375,43 | 5,89 | 281050,5096 | 47716,5551 | 1,295518974 | 1,298364665 |
| 1995-12-07T17:45:49.771 | 1373,38 | 5,89 | 280631,6198 | 47645,4363 | 1,295518974 | 1,298364665 |
| 1995-12-07T17:45:50.004 | 1374,91 | 5,89 | 280944,2546 | 47698,51521 | 1,295518974 | 1,298364665 |
| 1995-12-07T17:45:50.237 | 1373,37 | 5,89 | 280629,5764 | 47645,08938 | 1,295518974 | 1,298364665 |
| 1995-12-07T17:45:50.437 | 1374,49 | 5,88 | 279430,3423 | 47522,16706 | 1,297400328 | 1,298042595 |
| 1995-12-07T17:45:50.671 | 1376,17 | 5,88 | 279771,882 | 47580,25205 | 1,297400328 | 1,298042595 |

Figura 11 - Amostra da tabela de cálculo do campo magnético induzido pelo método da regressão não linear.

Fonte: confeccionado pelo autor utilizando dados disponíveis em Kivelson et al. (1997).

5 | DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O torus de plasma de Io apresenta uma influência limitada espacialmente, causando uma oscilação no decaimento do campo magnético de Júpiter apenas em sua extensão. Desta forma leituras bem próximas a superfície de Io, assim como aquelas fora do limite espacial do torus, apresentam valores bem mais próximos dos

reais esperados.

Como visto, o uso apenas da diluição geométrica para o cálculo do campo induzido por Io não se mostra o suficiente, necessitando de um expoente de decaimento maior que -2. Fisicamente este expoente maior sugere que o decaimento do campo magnético de Júpiter é mais lento nesta região.

Tal comportamento para o decaimento do campo magnético de Júpiter pode estar associado com a interação magnética que existe entre o planeta e suas luas, que preenchem a vizinhança de Júpiter com partículas carregadas. Não é descartado, que estes satélites possuam algum tipo de campo magnético induzido, o que faria com que o decaimento do campo magnético de Júpiter seja muito mais complexo.

REFERÊNCIAS

CONNERNEY, J. E. et al. **New models of Jupiter's magnetic field constrained by the Io flux tube footprint.** Journal of Geophysical Research: Space Physics, Wiley Online Library, v. 103, n. A6, p. 11929–11939, 1998.

DENTITH, M.; MUDGE, S. T. **Geophysics for the mineral exploration geoscientist.** [S.l.]: Cambridge University Press, 2014.

GURNETT, D. et al. **Evidence for a magnetosphere at Ganymede from plasma-wave observations by the Galileo spacecraft.** Nature, Nature Publishing Group, v. 384, n. 6609, p. 535, 1996.

KEPLER, S.; SARAIVA, M. **Astronomia e astrofísica.** Porto Alegre: Editora Livraria da Física, 2004.

KIVELSON, M. et al. **GALILEO ORBITER AT JUPITER CALIBRATED MAG HIGH RES V1.0.** 1997.

LOPES, R. M.; SPENCER, J. R. **Io after Galileo: a new view of Jupiter's volcanic moon.** [S.l.]: Springer Science and Business Media, 2007.

MAUK, B. et al. **Transient aurora on Jupiter from injections of magnetospheric electrons.** Nature, Nature Publishing Group, v. 415, n. 6875, p. 1003, 2002.

NASA. **Photo Journal.** 1997. Disponível na internet: <<https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/?IDNumber=PIA00583>>.

NASA. **Photo Journal.** 2003 NASA/JPL/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory: Disponível na internet: <<https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA04433>>

REYNOLDS, J. M. **An introduction to applied and environmental geophysics.** [S.l.]: John Wiley and Sons, 2011.

Wikipedia, **Inverse square law**, 2008. Disponível na internet: <https://en.wikipedia.org/wiki/File:Inverse_square_law.svg>

SOBRE O ORGANIZADOR

Alexandre Igor Azevedo Pereira - é Engenheiro Agrônomo, Mestre e Doutor em Entomologia pela Universidade Federal de Viçosa. Professor desde 2010 no Instituto Federal Goiano e desde 2012. Gerente de Pesquisa no Campus Urutaí. Orientador nos Programas de Mestrado em Proteção de Plantas (Campus Urutaí) e Olericultura (Campus Morrinhos) ambos do IF Goiano. Alexandre Igor atuou em 2014 como professor visitante no John Abbott College e na McGill University em Montreal (Canadá) em projetos de Pesquisa Aplicada. Se comunica em Português, Inglês e Francês. Trabalhou no Ministério da Educação (Brasília) como assessor técnico dos Institutos Federais em ações envolvendo políticas públicas para capacitação de servidores federais brasileiros na Finlândia, Inglaterra, Alemanha e Canadá. Atualmente, desenvolve projetos de Pesquisa Básica e Aplicada com agroindústrias e propriedades agrícolas situadas no estado de Goiás nas áreas de Entomologia, Controle Biológico, Manejo Integrado de Pragas, Amostragem, Fitotecnia e Fitossanidade de plantas cultivadas no bioma Cerrado.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acetilcolinesterase 185, 187, 190, 192
Adsorção 22, 23, 24, 25, 26, 79, 81, 82, 88, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 111
Algoritmo exato 213
Análise estatística 87, 88, 90
Análise química 9
Antioxidante 27, 29, 31, 32, 33, 36, 37, 55, 72, 93, 94, 96, 98, 159, 185, 187, 189, 191, 192, 193
Astrobiologia 40, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51
Astronomia 40, 42, 43, 45, 46, 51, 135
Automedicação 136, 137, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 147, 148
Azo-composto 66, 74

B

Biocoagulantes 226, 227, 229
Biocombustível 53, 54, 61, 75, 76, 77
Biodiesel 8, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 53, 54, 55, 56, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 84, 85, 86, 178, 182, 183
Biohidrogel 158, 159, 160, 161
Biossurfactante 176, 179, 180, 181, 182, 183

C

Cádmio 22, 23, 25
Caixeiro viajante 213, 214, 215
Carboximetilação 22, 23
Catálise 53, 55, 56, 62, 75, 76, 77, 78, 79, 82, 83, 84
Combustível alternativo 54, 149
Composição centesimal 94, 95, 98
Constituintes químicos e bioquímicos 94
Contextualização 136, 137, 138, 139, 147, 148
Curso de extensão 40, 46

E

Eletrólise da água 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157
Emulsões 87, 88, 89, 90, 91, 159
Encapsulamento 20, 87
Energia limpa e renovável 149
Ensino-aprendizagem 113, 116, 121, 137, 138, 145, 224, 243
Ensino de química 1, 122, 136, 137, 138, 139, 141, 143, 145, 147, 148, 242, 243
Ensino fundamental I 113, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 121
Epicarpo de uva 100
Estabilidade oxidativa 27, 28, 31, 32, 36, 37
Estimação 232, 235, 236, 237, 238, 239, 240

F

Física 44, 47, 69, 88, 122, 135, 193, 206, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 245
Físico-química 1, 3, 21, 88, 228
Fitoquímicos 95, 98, 185, 186, 187, 188, 189
Folhas de jambo 185, 188, 191, 192, 193
Fontes alternativas 150, 176, 181
Formação de professores 40
Fungicida 65, 66, 69, 73

G

Granitoides 164, 165, 166, 168, 170, 173
Granito santo ferreira 164, 165, 166, 167, 169, 171

H

Hidrogênio 7, 24, 69, 110, 145, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 159, 244

I

Interdisciplinaridade 42, 51, 136, 137, 139, 143, 145, 146, 210, 218, 219, 221, 222, 223, 224, 225

J

Júpiter 124, 125, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 134, 135

L

Leucogranitos 164
Licopeno 17, 18, 19, 20
Longa dependência 232, 233, 235
Ludicidade 113, 114, 115, 116, 121, 122

M

Magnetometria 124, 125, 126, 128, 129
Materiais alternativos 242, 243, 245
Material didático digital 1, 3, 7
Matéria orgânica 80, 194, 195, 197, 198, 199, 201, 202, 203, 227
Medicina nuclear 206, 207, 208, 210, 211
Microcápsulas 17, 18, 19, 20
Mistura de álcoois 53, 56
Multiconhecimento 218

N

Nanoemulsão 158, 160, 161, 162

O

Óleo de soja 28, 53, 56, 58, 59, 60, 62, 75, 76, 79, 82, 83, 180, 181, 182
Óleo de urucum 158, 159, 162

P

Perda de solo 194, 195, 200, 201
Petrografia 164, 166, 170
Pinhão-manso 27, 28, 30, 37
Planetário 40, 46, 51
Práticas de química orgânica 62, 242, 243
Processos arfima 232
Propriedades físico-químicas 53, 61

Q

Quitosana 22, 23, 24, 25, 26, 87, 88, 89, 90, 91, 162, 226, 227, 228, 229, 230

R

Raio-x 9, 11, 14
Rancimat 27, 28, 31, 38
Remoção de cor 100, 105, 106, 107, 108, 226
Reprodutibilidade 206, 207, 208, 211
Roteirização 213, 214, 215, 217

S

Simulações de monte carlo 232, 236
Sistema júpiter 124, 127, 129
Solo 9, 11, 12, 15, 184, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204
Solução aquosa 29, 100, 105, 106, 111, 189
Sonda gama 206, 207, 208, 209, 210, 211
Stevia rebaudiana 93, 94, 95, 96, 99

T

Tensão superficial 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 176, 177, 179, 180, 181, 182
Tipo de álcool 56, 57, 76
Tolerância à perda 194, 196
Tratamento de águas 101, 226, 227

