

XII Reunião de Trabalho sobre Ciências Planetárias

XII Taller de Ciencias Planetarias

LIVRO DE RESUMOS LIBRO DE RESÚMENES

© Thierry Cohen

XII Taller de Ciencias Planetarias

XII Reunião de Trabalho de Ciências Planetárias

- Física y dinámica de cuerpos del Sistema Solar
- Formación y evolución de sistemas planetarios
- Dinámica orbital
- Meteoritos • Exoplanetas
- Proyectos de instrumentación y monitoreo

26 de febrero al
1 de marzo de 2024

Observatório Nacional
São Cristóvão
Rio de Janeiro, Brasil

Comité Organizador Científico

Adrián Rodríguez Colucci (UFRJ – Brasil)	Mario Melita (IAFE – Argentina)
Andrea Sosa (UdelaR – Uruguay)	Martin Leiva (UNC – Argentina)
Daniela Lazzaro (ON – Brasil)	Ricardo Hil-Hutton (UNSJ – Argentina)
Fernando Roig (ON – Brasil)	Romina Di Sisto (UNLP – Argentina)
Julio Fernández (UdelaR – Uruguay)	Silvia Giuliatti-Winter (UNESP – Brasil)

Comité Organizador Local

Adrián Rodríguez Colucci (UFRJ)	Fernando Roig (ON)
Anderson Ribeiro (UGB)	Jorge Carvano (ON)
Bruno Morgado (UFRJ)	Plicida Arcoverde (ON)
Eduardo Rondón (ON)	Priscilla Pires (FAT/UERJ)

Organização:



Apoio:



[sites.google.com/
view/tallercp2024](https://sites.google.com/view/tallercp2024)



26 de fevereiro a 01 de março de 2024

Observatório Nacional, ON
Rio de Janeiro, RJ, Brasil

As Reuniões de Trabalho sobre Ciências Planetárias têm como objetivo fundamental reunir os pesquisadores sulamericanos que trabalham em aspectos teóricos, computacionais e observacionais dos diferentes objetos que compõem os sistemas planetários. São promovidas discussões acerca do estudo das propriedades físicas, químicas, da evolução orbital e dos processos de formação de planetas e corpos menores como cometas, asteroides e meteoros, tanto no Sistema Solar como em sistemas extrassolares. As Reuniões incentivam também a participação de alunos de graduação e pós-graduação, impulsionando a colaboração científica e acadêmica entre os diversos grupos de ciências planetárias da região. Visando um alcance que atinja não apenas à comunidade científica, são também oferecidas palestras para o público em geral sobre os mais atuais e relevantes temas associados às ciências planetárias.

Comissão Organizadora

Comitê Organizador Científico

Adrián Rodríguez (OV/UFRJ, Brasil)
Andrea Sosa Oyarzábal (CURE/UdelaR, Uruguay)
Daniela Lazzaro (ON/MCTI, Brasil)
Fernando Roig (ON/MCTI, Brasil)
Julio Fernández (FCien/UdelaR, Uruguay)
Mario Melita (IAFE/CONICET-UBA y FCAGLP/UNLP, Argentina)
Martín Leiva (OAC/UNC, Argentina)
Ricardo Gil-Hutton (CONICET y UNSJ, Argentina)
Romina Di Sisto (IALP/CONICET-UNLP y FCAGLP/UNLP, Argentina)
Silvia Giuliatti Winter (FEG/UNESP, Brasil)

Comitê Organizador Local

Adrián Rodríguez (OV/UFRJ)
Anderson Ribeiro (UGB-FERP/UFF)
Bruno Morgado (OV/UFRJ)
Eduardo Rondón (ON)
Fernando Roig (ON)
Jorge Carvano (ON)
Plícida Arcoverde (ON)
Priscilla Pires (FAT/UERJ)

Histórico do Evento

O Taller de Ciencias Planetarias ocorre a cada dois anos desde 2006, sendo a primeira edição no ano de 1999 na cidade de Buenos Aires (Argentina). O primeiro Taller surgiu como um dos desdobramentos do Rio de Janeiro International Workshop on Planetary Sciences, ocorrido no Observatório Nacional no ano de 1998, com o objetivo de de trocar ideias e avanços na área de ciências planetárias na América Latina, a partir de encontros de trabalho entre pesquisadores, professores e estudantes universitários.

Desde seu início, essas oficinas vêm ampliando seus temas e crescendo em número de participantes. Entre os tópicos abordados durante o Taller, destacam-se:

- Dinâmica orbital;

XII Taller de Ciencias Planetarias, 2024
Observatório Nacional, ON, 26 de fevereiro a 01 de março de 2024
Rio de Janeiro, RJ, Brasil

- Dinâmica e física de pequenos corpos;
- Física de atmosferas, superfícies e interiores planetários;
- Formação e evolução de sistemas planetários;
- Exoplanetas;
- Projetos de instrumentação e monitoramento.

Esta XII edição do Taller, segunda sediada no Brasil, ocorrerá no Observatório Nacional, localizado na cidade do Rio de Janeiro, entre 26 de fevereiro a 01 de março de 2024.

Las Jornadas de Trabajo en Ciencias Planetarias tienen el objetivo fundamental de reunir a investigadores sudamericanos que trabajan en aspectos teóricos, computacionales y observacionales de los diferentes objetos que conforman los sistemas planetarios. Se promueven debates sobre el estudio de las propiedades físicas y químicas, la evolución orbital y los procesos de formación de planetas y cuerpos menores como cometas, asteroides y meteoros, tanto en el Sistema Solar como en sistemas extrasolares. Los Encuentros también fomentan la participación de estudiantes de pregrado y posgrado, impulsando la colaboración científica y académica entre los distintos grupos de ciencia planetaria de la región. Con el objetivo de llegar no sólo a la comunidad científica, también se ofrecen conferencias al público en general sobre los temas más actuales y relevantes asociados a las ciencias planetarias.

Comité Organizador

Comité Científico Organizador

Adrián Rodríguez (OV/UFRJ, Brasil)
Andrea Sosa Oyarzábal (CURA/UdelaR, Uruguay)
Daniela Lazzaro (ON/MCTI, Brasil)
Fernando Roig (ON/MCTI, Brasil)
Julio Fernández (FCien/UdelaR, Uruguay)
Mario Melita (IAFE/CONICET-UBA y FCAGLP/UNLP, Argentina)
Martín Leiva (OAC/UNC, Argentina)
Ricardo Gil-Hutton (CONICET y UNSJ, Argentina)
Romina Di Sisto (IALP/CONICET-UNLP y FCAGLP/UNLP, Argentina)
Silvia Giuliatti Winter (FEG/UNESP, Brasil)

Comité Organizador Local

Adrián Rodríguez (OV/UFRJ)
Anderson Ribeiro (UGB-FERP/UFF)
Bruno Morgado (OV/UFRJ)
Eduardo Rondón (ON)
Fernando Roig (ON)
Jorge Carvano (ON)
Plícida Arcoverde (ON)
Priscilla Pires (FAT/UERJ)

Historial de eventos

El Taller de Ciencias Planetarias se realiza cada dos años desde 2006, siendo la primera edición en 1999 en la ciudad de Buenos Aires (Argentina). El primer Taller surgió como uno de los desarrollos del Rio de Janeiro International Workshop on Planetary Sciences, realizado en el Observatorio Nacional en 1998, con el objetivo de intercambiar ideas y avances en el área de las ciencias planetarias en América Latina, a través de reuniones de trabajo entre investigadores, docentes y estudiantes universitarios.

Desde sus inicios, estos talleres han ampliado sus temas y crecido en el número de participantes. Entre los temas tratados durante el Taller se destacan los siguientes:

- Dinámica orbital;

XII Taller de Ciencias Planetarias, 2024
Observatório Nacional, ON, 26 de fevereiro a 01 de março de 2024
Rio de Janeiro, RJ, Brasil

- Dinámica y física de cuerpos pequeños;
- Física de atmósferas, superficies e interiores planetarios;
- Formación y evolución de sistemas planetarios;
- Exoplanetas;
- Proyectos de instrumentación y seguimiento.

Esta XII edición del Taller, la segunda que se realiza en Brasil, tendrá lugar en el Observatorio Nacional, ubicado en la ciudad de Río de Janeiro, entre el 26 de febrero y el 1 de marzo de 2024.

XII Taller de Ciencias Planetarias, 2024
Observatório Nacional, ON, 26 de fevereiro a 01 de março de 2024
Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Apoio / Apoyo



Agradecimentos / Agradecimientos



Instruções para apresentações orais

Palestras orais longas

As palestras orais longas têm tempo total reservado de **40 minutos**, sendo **30 minutos** para apresentação e **10 minutos** para perguntas.

Palestras orais curtas

As palestras orais curtas têm tempo total reservado de **20 minutos**, sendo **15 minutos** para apresentação e **5 minutos** para perguntas. Em função do grande número de apresentações, e para evitar atrasos na programação, estes tempos deverão ser rigorosamente respeitados.

Instruções para apresentação de pôsteres

O pôster deverá ser elaborado em formato A0 (**90 cm de largura x 120 cm de altura**) e deverá possuir barras de sustentação na parte superior e inferior, com barbante para ser pendurado em suporte tipo tripé. Não será possível colar o pôster em parede ou superfície lisa.

Os suportes estarão numerados de acordo com o número do pôster que consta no Programa.

Os pôsteres serão divididos em 3 sessões. Os pôsteres não ficarão afixados durante todo o evento, devendo ser pendurados antes da respectiva sessão e retirados imediatamente após o fim da sessão.

Instrucciones para presentaciones orales

Conferencias orales largas

Las conferencias orales largas tienen un tiempo total reservado de **40 minutos**, con **30 minutos** para presentación y **10 minutos** para preguntas.

Conferencias orales cortas

Las conferencias orales cortas tienen un tiempo total reservado de **20 minutos**, con **15 minutos** para presentación y **5 minutos** para preguntas. Debido al gran número de presentaciones, y para evitar retrasos en la programación, se deberán respetar estrictamente estos horarios.

Instrucciones para la presentación del poster

El cartel debe estar elaborado en formato A0 (**90 cm ancho x 120 cm alto**) y debe tener barras de soporte en la parte superior e inferior, con cordel para colgar en un soporte tipo trípode. No será posible pegar el pôster en una pared o superficie lisa.

Los soportes estarán numerados según el número de cartel que figura en el Programa.

Los carteles se dividirán en 3 sesiones. Los carteles no se exhibirán durante todo el evento y deberán colgarse antes de la sesión respectiva y retirarse inmediatamente después de finalizar la sesión.

XII Reunião de Trabalho sobre Ciências Planetárias – 2024 XII Taller de Ciencias Planetarias – 2024 Programa						
	Segunda-feira / Lunes 26/02	Terça-feira / Martes 27/02	Quarta-feira / Miércoles 28/02	Quinta-feira / Jueves 29/02	Sexta-feira / Viernes 01/03	
09:00		Bruno Morgado	Romina García	Rodney Gomes	Irina San Sebastián	
09:10						
09:20						
09:30						
09:40		Jorge Correa-Otto	Eduardo Rondón	Demetrio Ceccatto	Raphael Alves Silva	
09:50						
10:00		Othon Winter	Felipe Braga Ribas	Natalia Rossignoli	Octavio Guilera	
10:10						
10:20						
10:30		Intervalo	Intervalo	Intervalo	Intervalo	
10:40						
10:50						
11:00		Beatriz Siffert	Gonzalo Tancredi	Mario Melita	Carolina Chavero	
11:10						
11:20						
11:30		Marçal Evangelista	André Amarante	Marcelo Assafin	Matías Cerioni	
11:40						
11:50						
12:00		Almoço / Almuerzo	Almoço / Almuerzo	Almoço / Almuerzo		Philipp Weber
12:10						Encerramento / Cierre
12:20						
12:30						
12:40						
12:50						
13:00						
13:10						
13:20						
13:30						
13:40						
13:50						
14:00	Abertura / Apertura	Plícida Arcoverde	Paula Benavidez	Federico Zoppetti		
14:10						
14:20	Sylvio Ferraz Mello	Giuliano Margoti	Nair Trógolo	Nelson Callegari		
14:30						
14:40						
14:50						
15:00	Emmanuel Gianuzzi	Maria Angélica Leal	Pedro Henrique Hasselmann	Silvia Winter		
15:10						
15:20	Jose Luis Gomez	Pôsteres / Posters	Pôsteres / Posters	Pôsteres / Posters		
15:30						
15:40	Felipe Ferreira					
15:50						
16:00	Intervalo	Sessão 1 / Sesión 1	Sessão 2 / Sesión 2	Sessão 3 / Sesión 3		
16:10						
16:20						
16:30	María Paula Ronco	Intervalo	Intervalo	Intervalo		
16:40						
16:50	Adrián Rodríguez					
17:00						
17:10	Chrystian Luciano Pereira	Nicolás Pan	Filipe Monteiro	Mesa redonda		
17:20						
17:30	Daniela Lazzaro	Ricardo Gil Hutton	Tabaré Gallardo			
17:40						
17:50	Eduardo Luis Tello Huanca	Rodolfo Degen	Valerio Carruba			
18:00						
18:10	Carla Coronel	Julio Fernández	Julio Camargo			
18:20						
18:30						
18:40						
18:50						
19:00						
19:10						
19:20						
19:30						
19:40	Palestra de divulgação / Charla de divulgación	Palestra de divulgação / Charla de divulgación		Jantar de confraternização / Cena de camaradería		
19:50						
20:00						
20:10						
20:20					Silvia Winter	Julio Fernández

Programa das Sessões Orais/ Programa de Sesiones Orales

Segunda-feira 26/02

pag.

Lunes

Sessão/Sesión 1 - 14:00-16:00		Chair: Plícida Arcoverde		
L01	Sylvio Ferraz Mello	Tidal evolution of close-in axoplanets and host stars	USP	19
O01	Emmanuel Gianuzzi	Planetas circumbinarios en sistemas estelares triples	FAMAF/IAET/OAC	33
O02	Jose Luis Gomez	Estudio de los tiempos de disipación de discos gaseosos en poblaciones estelares	CONICET	34
O03	Fepilphe Ferreira	Estudo Taxonômico de TNOs e Centauros a partir das Observações do Dark Energy Survey	ON/ LIneA	35
Sessão/Sesión 2 - 16:30-18:20		Chair: Nelson Callegari Jr.		
O04	María Paula Ronco	A density valley across stellar types	CONICET-UNLP/ NPF	37
O05	Adrián Rodríguez	Dynamical characterization of the 6/1 mean motion resonance between Quaoar's ring and Weywot	OV/UFRJ	38
O06	Chrystian Luciano Pereira	Recent stellar occultations by (2060) Chiron	ON/ LIneA	39
O07	Daniela Lazzaro	A população dos "pequenos"asteroides - Um estudo espectroscópico	ON	40
O06	Eduardo Luis Tello Huanca	Análisis estadístico de cambios con la edad de la distribución de colores (SDSS) y albedos (NEOWISE) de familias dinámicas de tipo S	CONICET-UBA/ UNLP	41
O07	Carla Coronel	Efectos de Mareas y Relatividad General sobre Partículas de la Zona Habitable bajo la Influencia de un Perturbador Interno alrededor de Estrellas de Masa Solar	CONICET/ UNLP	42

Terça-feira 27/02

Martes

Sessão/Sesión 3 - 09:00-10:20		Chair: Tabaré Gallardo		
L02	Bruno Morgado	Stellar Occultation by Minor Bodies in our Solar System with CHEOPS Space Telescope	OV/URJ	20
O08	Jorge Correa-Otto	Actualización de la población de candidatos a cometas entre los objetos cuasi-Hilda	UNSJ-CONICET	43
O09	Othon Winter	NEOS that can move to the Centaurs region	UNESP	44
Sessão/Sesión 4 - 10:50-11:50				
L03	Beatriz Siffert	Detectabilidade e caracterização de exoplanetas e exoluas através de perfis de temperatura	UFRJ	21
O10	Marçal Evangelista	Monitoramento da atividade dos cometas C/2018 U1 (Lemmon) e C/2021 X1 (Maury-Attard)	ON	45
Sessão/Sesión 5 - 14:00-15:20		Chair: Carolina Chavero		

XII Taller de Ciencias Planetarias, 2024
Observatório Nacional, ON, 26 de fevereiro a 01 de março de 2024
Rio de Janeiro, RJ, Brasil

				pag.
L04	Plícida Arcoverde		Estudo de asteroides basálticos através de suas curvas de fase	ON 22
O11	Giuliano Margoti		Tri-dimensional size and shape of Quaoar using multi stellar occultations	PPGFA/UTFPR 46
O12	Maria Angélica Leal		Evaluación de los volcanes de la Isla Decepción en la Antártida y el Nevado del Ruíz en Colombia como análogos astrobiológicos terrestres de Marte	UNCyCCL/UA 47
Sessão/Sesión 6 - 17:10-18:20		Chair: Romina Garcia		
O13	Nicolás Pan Rivero		Enfoque semianalítico para confirmar nuevos coorbitales de alta excentricidad e inclinación en el Sistema Solar	UdelaR/Uruguay 49
O14	Ricardo Gil Hutton		Cambio en las propiedades polarimétricas de asteroides debido a la rotación	UNSJ/CONICET 50
O13	Rodolfo Degen		Aplicação do modelo de Hapke para determinação de propriedades físicas do asteroide (25143) Itokawa	ON 51
O14	Julio Fernández		La reducción de materia del cinturón de asteroides. Pérdida bajo forma de cuerpos macrocópicos versus polvo zodiacal	UdelaR/Uruguay 52

Quarta-feira 28/02
Miércoles

Sessão/Sesión 7 - 09:00-10:20		Chair: Mario Melita		
L05	Romina García		Modelado numérico de comas de polvo cometarias	UNSJ - CONICET 23
O15	Eduardo Rondón		Curvas de Luz Orbitais de Cometas Periódicos Observados no SWAN/SOHO	ON 53
O16	Felipe Braga Ribas		Stellar Occultation by Satellites of TNOs	UTFPR 54
Sessão/Sesión 8 - 10:50-11:50				
L06	Gonzalo Tancredi		Desviando un asteroide para proteger a la Tierra: resultados de la misión NASA-DART	UdelaR/Uruguay 24
O17	André Amarante		Dynamics of Coorbital Particles around Asteroid Didymos after DART Impact	UNESP 55
Sessão/Sesión 9 - 14:00-15:20		Chair: Silvia Winter		
L07	Paula Benavidez		Reconciling Kuiper Belt Object Size-Frequency Distributions with Recent Observations and Cosmogenic Insights	IUFACyT 25
O18	Nair Trógolo		Didymos Primary's Close-to-Critical Fast Spin: Effects on Mass Transfer and External Morphology of binary components	OAC/UA 56
O19	Pedro Henrique Hasselmann		O experimento DART testemunhado pelo CubeSat Italiano LICIAcube	INAF 57
Sessão/Sesión 10 - 17:10-18:30		Chair: Ricardo Gil Hutton		
O20	Filipe Monteiro		Detection and physical characterization of binary asteroids	ON 58

XII Taller de Ciencias Planetarias, 2024
Observatório Nacional, ON, 26 de fevereiro a 01 de março de 2024
Rio de Janeiro, RJ, Brasil

				pag.
O21	Tabaré Gallardo	Dinámica resonante en la región de Centauros	UdelaR/ Uruguay	59
O22	Valerio Carruba	Main belt asteroids taxonomical information from Dark Energy Survey data	UNESP/ LIneA	60
O23	Julio Camargo	Astrometry of small Solar System Bodies in dense stellar fields	ON	61

Quinta-feira 29/02

Jueves

Sessão/Sesión 11 - 09:00-10:20 Chair: Irina San Sebastian

L08	Rodney Gomes	A Scenario for the Origin of Triton as a Primordial Regular Satellite of Neptune	ON	26
O23	Demetrio Ceccatto	Dinâmica Ressonante de Atlas (S XV)	UNESP	62
O24	Natalia Rossignoli	Craterización en los satélites de Neptuno: restricciones a su origen y evolución	UNLP/ CONICET	63

Sessão/Sesión 12 - 10:50-11:50

L09	Mario Melita	Los asteroides Centauros a través del JWST	UBA- CONCIET/ UNLP/ IAC	27
O25	Marcelo Assafin	(UII) Umbriel physical characteristics from the multichord stellar occultation on 2020 September 21	UFRJ	64

Sessão/Sesión 13 - 14:00-15:20 Chair: Othon Winter

L10	Federico Zoppetti	Transporte resonante de las pequeñas lunas de Plutón-Caronte	OAC/CONICE	28
O26	Nelson Callegari	The role of resonances and secular interactions in the long-term orbital stability of small satellites of the giant planets	UNESP	65
O27	Silvia Winter	Possible Precursor of Jupiter's small satellites and rings	UNESP	67

Sexta-feira 01/03

Viernes

Sessão/Sesión 14 - 09:00-10:20		Chair: Daniela Lazzaro		
L11	Irina San Sebastián	Estudios experimentales sobre colisiones y compresibilidad	IALP	29
O28	Raphael Alves Silva	Three-dimensional extension of the creep tide theory	IAG/USP	68
O29	Octavio Guilera	La importancia del polvo en la migración planetaria	IALP/ NMFP	69
Sessão/Sesión 15 - 10:50-12:50		Chair: Julio Camargo		
L12	Carolina Chavero	Uncovering Hidden Planetary Candidates around Debris Disk Stars	OAC	30
O30	Matías Cerioni	¿Seis Planetas en Resonancia en K2-138?	OAC/ CONICET	70
O31	Philipp Weber	Spirals and clumps in V960 Mon: signs of planet formation via gravitational instability around an outbursting star?	USC/ YEMS/ CIRAS/	71

Programa das Sessões de Pôsteres/Programa de sesiones de Pósteres

Terça-feira 27/02

pag.

Martes

Sessão/Sesión 1 - 15:20-16:40

P01	Abreuçon Atanasio Alves	Análise dos Impactos Dinâmicos de Captura e Presença de Ceres no Cinturão de Asteroides	FEG	74
P02	Aldana Terluk	Análisis de la distribución de masas de algunos sistemas exoplanetarios	FCEFN/ CONICET	75
P03	Andreza Martin	Formação e formato do satélite Pan	UNESP	76
P04	Barbara Celi Braga Camargo	Influence of Self-gravity and Viscosity of a Gas Disk on the Migration of Giant Planets	UNESP	77
P05	Benji González-Vidal	Spectroscopic modeling of aquaplanet atmospheres: the effect of obliquity on habitability of exoplanets	UC	78
P06	Chrystian L. Pereira	Rings around Solar System small bodies: discoveries and detection limits	ON/ LIneA	80
P07	David Tovar	Caracterización y evaluación de parámetros geológicos, geoquímicos y geomicrobiológicos de la isla Gorgona (Colombia) como potencial análogo terrestre y de estudios de habitabilidad planetaria	UNC/ UA	82
P08	Eduardo Luis Tello Huanca	Curva de luz de asteroides usando los filtros (SDSS) de familias dinámicas de tipo S	CONICET- UBA/ UNLP	84
P09	Elisa Castro Martínez	Síntesis poblacional y estudio dinámico de discos protoplanetarios con MHD winds	UdelaR/ Uruguay	85
P10	Emmanuel Gianuzzi	Análisis de parámetros de sistemas estelares triples	UNC/ CONICET/ OAC	86
P11	Eros de Oliveira Gradovski	Studying Jupiter Trojans through stellar occultations	UTFP	87
P12	Fred Fonseca Mesquita	Análise da dinâmica planetária para um conjunto de sistemas de exoplanetas TESS	UFRJ	88
P13	Giovana Ramon Luiz Neto	Application of Machine Learning to map stable regions around planets	UNESP	89
P14	Gustavo F. Porto de Mello	Salty Oceans in Low Mass Habitable Planets and Global Climate Evolution	OV/UFRJ	90
P15	Hélio Dutra	Stellar Occultations by Trojan Diomedes	UFRJ	91
P16	Isabelle Batista Gil	Estudo do Troiano (1172) Aneas por meio de Ocultações Estelares	OV/UFRJ	92
P17	Isabelle Beatriz Siqueira Batista	Ocultações Estelares pelo Troiano (2363) Cebriones	OV/UFRJ	93
P18	João Pedro Siqueira Monteiro	Análise Preliminar do Sistema Planetário Kepler-80	UNESP	94
P19	Karyna Gimenez-Coelho	Tidal evolution in dwarf planets systems	OV/UFRJ	95
P20	Luan Machado Catani	Physical Characterization of the Trojan Asteroid (3317) Paris from Stellar Occultations	UFRJ/ LIneA	96

Quarta-feira 28/02

Miércoles

Sessão/Sesión 2 - 15:20-16:40

P21	Johannes Rodrigues	Ocultações Estelares pelo satélite de Quaoar (50000/1) Weywot	UFPR	98
P22	Jonathan Nunes Nascimento	Um Estudo Preliminar das Características Dinâmicas de Superfície e Estabilidade de Órbitas ao Redor do Asteroide 1998 KY26	UNESP	99
P23	Luan Machado Catani	The 2021 mutual phenomena involving the Galilean satellites of Jupiter and the inner satellite Thebe	UFRJ/ LIneA	100
P24	Lucas dos Santos	A Estabilidade Orbital de Pequenas Luas em Sistemas de Planetas Anões Transnetunianos	UFRJ	101
P25	Lucas dos Santos Ferreira	Searching for natural orbits around Iapetus considering its flattening and perturbations from Saturn and Titan	UNESP	102
P26	Lucas Soares Pereira	Confined Chaos and the Chaotic Angular Motion of Atlas, a Saturn's Inner Satellite	UNESP	103
P27	Lucía Velasco	BOCOSUR: Una red de detección de meteoros con cobertura en Uruguay	UdelaR/ Uruguay	104
P28	Luís Felipe Ceranto Ribeiro	Dinâmica de Partículas na Superfície de Núcleos Cometários Binários: Resultados Preliminares para o cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko	UNESP	105
P29	Marcelo Assafin	Astrometry, differential aperture photometry and digital coronagraphy with PRAIA	OV/UFRJ	106
P30	Marco Antonio Petersem Domingues	Non-transiting exoplanet characterization by using TTV pattern and Deep Learning	ON	107
P31	Marcos Rincon Voelzke	Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko: Outbursts and diamagnetic cavities	TUCS/ UB-Germany	108
P32	Maria Clara Ferreira Alvarenga	Métodos alternativos de análise química total de meteoritos acondritos	OV/UFRJ	109
P33	Mario Alexander Sucerquia	The missing rings around Solar System moons	UAI/ NPF	110
P34	Mario Daniel Melita	A Near Earth Observations from CASLEO's Jorge Sahade (2.15m) telescope	CONICET- UBA	111
P35	Melissa de Andrade Nunes	On the possible connection between lightning induced remanent magnetization and the strongest magnetic anomalies on Mars	USP	112
P36	Micah Guimarães do Carmo Navia	The Influence of Stellar Activity on the Atmospheric Properties of Hot Jupiters	OV/UFRJ	113
P37	Nilce Santos	Análise de colisões entre exocometas nos sistemas Kepler-90, Kepler-35 e Kepler-38	UNESP	114
P38	Paulo Victor da Silva Soares	Dynamics of a particle around a non-spherical symmetrical body with a large crater	UNESP	115
P39	Priscilla Pires	Trajectories for Mining Space Mission on Asteroids in Near Earth Orbit	UERJ	116

XII Taller de Ciencias Planetarias, 2024
Observatório Nacional, ON, 26 de fevereiro a 01 de março de 2024
Rio de Janeiro, RJ, Brasil

				pag.
P40	Rafael Sfair	A Lua como uma possível fonte de corpos coorbitais da Terra	UNESP/ IAA- Germany	117
P41	Raí Machado Oliveira	Estrutura dinâmica de um disco hipotético de partículas ao redor do asteroide Apófis	UNESP	118

Quinta-feira 29/02
Jueves

Sessão/Sesión 3 - 15:20-16:40

P42	Marcelo Assafin	Search for satellites and rings from NRCB1 Infrared JWST Chariklo Observations	UFRJ	120
P43	Rafael Sfair	Dust Generation through macroscopic bodies collisions in planetary rings: A Hybrid Approach Integrating SPH Analysis and N-Body Simulations	UNESP/ IAA- Germany	121
P44	Rayssa Rayde da Silva Monteiro	Utilização da Técnica EPMA/EDS para a Análise de Química Total de Meteoritos	OV/UFRJ	122
P45	Rodrigo Cabral-Fontes	Ventanas de evolución secular para altas excentricidades e inclinaciones	UdelaR/ Uruguay	123
P46	Romário Midon	Caracterização física de NEOs em órbitas cometárias	ON/ UFRPE	124
P47	Rosana Aparecida Nogueira de Araujo	On the Stability Around the External Region of the Binary System Patroclus-Menoetius	UNESP	125
P48	Santiago Roland Alvarez	Exploring the fragmentation hypothesis in objects with similar orbits	UdelaR/ Uruguay	126
P49	Silvia Martino	Transitional objects: monitoring through archival images and new observations	UdelaR/ Uruguay	127
P50	Sofia Leite Fonseca	Faint Young Sun paradox: evolução dinâmica e habitabilidade	OV/UFRJ	128
P51	Stella Maris Vargas	Evolución dinámica de asteroides interiores a la Tierra	UNLP	129
P52	Thamiris de Santana	Equilibrium Points Around a Non-axially Symmetric Body	LESIA/ INPE/ UNESP	130
P53	Thamis Côrtes Freire de Carvalho Ferreira	Studying orbits around Io for planning small satellite constellations	UNESP	131
P54	Thamynie Kéthuly Pacheco Filgueiras	Estudos de Habitabilidade Planetária	UFRJ	132
P55	Tiago Francisco Lins Leal Pinheiro	Constraints on the dynamics of extra solar ring systems	UNESP	133
P56	Valentina Pezano	Near-Earth asteroids in cometary orbits: a new study	UdelaR/ Uruguay	134
P57	Valeria Abraham	Experimentos de eyección en medios granulares blandos	UdelaR/ Uruguay	135
P58	Vanessa Moura	Produção e evolução de partículas de poeira no sistema de Saturno	UNESP	136
P59	Victor Hugo Mota	Estudo da Dinâmica de Hippocamp: Futuro Cenário Ressonante 13:11	UNESP	137

XII Taller de Ciencias Planetarias, 2024
Observatório Nacional, ON, 26 de fevereiro a 01 de março de 2024
Rio de Janeiro, RJ, Brasil

				pag.
P60	Vitória Bellecerie da Fonseca	Habitabilidade em Exoplanetas de Estrelas Anãs Vermelhas	IAG/USP	138
P61	Viviane Figueiredo Peixoto	Propriedades Superficiais do Troiano (58931) Palmys	UFRJ/ ON/LIneA	139
P62	Wesley Pereira	Physical properties of Near-Earth Objects derived from photometric observations at Observatório Astronômico do Sertão de Itaparica (OASI)	ON	140
P63	Willian Yuuiti Nacafucasaco	Os efeitos das espirais e da barra central na estabilidade dinâmica na vizinhança solar	IAG/USP	141

XII Taller de Ciencias Planetarias, 2024
Observatório Nacional, ON, 26 de fevereiro a 01 de março de 2024
Rio de Janeiro, RJ, Brasil

RESUMOS APRESENTAÇÕES ORAIS
LONGAS
RESÚMENES PRESENTACIONES
ORAL LARGAS

XII Planetary Sciences Workshop, Taller 2024
February 26 to March 1, 2024
Rio de Janeiro, RJ, Brazil

TIDAL EVOLUTION OF CLOSE-IN EXOPLANETS AND HOST STARS

Sylvio Ferraz-Mello¹, Cristin Beaugé²

¹ Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, Brazil

² Observatorio Astronómico de Córdoba, Córdoba, Argentina

E-mail: sylvio@usp.br

This talk considers the tidal evolution of close-in exoplanets and the rotation of their host stars with emphasis on outcomes that are or may be observed. The reported study uses the equations of the creep tide theory, which is a reformulation of Darwin's tidal theories, but where ad hoc lags are substituted by Physics laws. It shows how large close-in companions (planets and brown dwarfs) influence the rotation of the host star and how, in some cases, they may compensate the loss of angular momentum of active stars due to stellar wind. It is also shown that tidal evolution and wind braking acting together may explain some features observed in the periods distribution of compact KEPLER exoplanetary systems ($a < 0.06$ AU).

References

Ferraz-Mello, S., and C. Beaugé. MNRAS (2023): stad1777.

Acknowledgments

FAPESP and SECYT/UNC

Stellar Occultation by Minor Bodies in our Solar System with CHEOPS Space Telescope

B. E. Morgado¹, A. R. Gomes Júnior², P. Santos-Sanz³, J. L. Ortiz³, B. Sicardy⁴, J. Desmars^{5,4},
F. Braga-Ribas⁶, M. I. Marques², I. B. S. Batista¹

¹ Valongo Observatory/UFRJ, Brazil, ² Federal University of Uberlândia, Brazil, ³ IAA-CSIC, Spain, ⁴ Obs. de Paris, France, ⁵ IPSA/IMCCE, France, ⁶ UTFPR/DAFIS, Brazil

E-mail: bmorgado@ov.ufrj.br

Stellar occultations have produced marvelous results over the last few decades. The characterization of small bodies' sizes and shapes, atmospheres, and the detection of rings (Sicardy et al., 2011; Braga-Ribas et al., 2014; Ortiz et al., 2017; Marques-Oliveira et al., 2022).

The results obtained from stellar occultations are, in summary, limited by three points: the temporal resolution of observations, the photometric quality of observations, and the number and distribution of the observers who detected the event. One way to improve the photometric quality of observations is by using space telescopes since they are not affected by the Earth's atmosphere (Santos-Sanz et al., 2016). However, it is important to highlight that using space telescopes to study small bodies through stellar occultations is challenging. In particular, predicting these events requires high precision in knowing the orbit of the small body and high precision in knowing the orbit of the space telescope, with sufficient advance notice that allows for observation planning.

In July 2020, we were able to predict and detect a stellar occultation for the first time using the CHEOPS space telescope (Morgado et al., 2022). After combining CHEOPS data with other datasets was possible to detect material surrounding Quaoar and interpret it as a dense ring surrounding Quaoar (Morgado et al., 2023). This observation was the first of its kind, and it served as a proof of concept in the context of stellar occultation being observed by space telescopes orbiting the Earth. Space telescopes are not affected by weather and extend the range of the Earth where an occultation can be observed. They can also help overcome the circumstances where the shadow would cross mostly the ocean, and limited ground-based observations can be made, thus increasing the number of events observed.

In this context, two proposals were submitted to observe 19 stellar occultations in 2022 and 2023 with CHEOPS. The obtained results from the observed occultations so far will be presented.

References

- Braga-Ribas et al., 2014, *Nature*, 508, 7494, 72-75
- Marques-Oliveira et al., 2022, *Astronomy & Astrophysics*, 659, A136
- Morgado et al., 2022, *Astronomy & Astrophysics*, 664, L15
- Morgado et al., 2023, *Nature*, 614, 7947, 239-243
- Ortiz et al., 2017, *Nature*, 550, 7675, 219-223
- Santos-Sanz et al., 2016, *PASP*, 128, 959, 018011
- Sicardy et al., 2011, *Nature*, 478, 7370, 493-496

Detectabilidade e caracterização de exoplanetas e exoluas através de perfis de temperatura

Beatriz B. Siffert¹, Raquel G. Gonçalves Farias², Matias Garcia³, Luiz Felipe Melo de Menezes³, Gustavo F. Porto de Mello⁴, Marcelo Borges Fernandes³ e Rafael Pinotti⁵

¹ Campus Duque de Caxias, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Duque de Caxias (RJ), Brasil

² Instituto de Química, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo (SP), Brasil

³ Observatório Nacional, ON, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

⁴ Observatório do Valongo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

⁵ Petrobrás, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

E-mail: beatriz@caxias.ufrj.br

A procura por exoplanetas já resultou em mais de 5500 planetas confirmados, dos quais algumas dezenas são considerados potencialmente habitáveis. A descoberta de novos planetas, assim como a melhor determinação de suas propriedades e a caracterização de suas atmosferas, é o objetivo de diversas missões atuais e futuras. Neste trabalho, simulamos condições atmosféricas e características orbitais de exoplanetas e exoluas, com o intuito de estudar a variação de suas temperaturas ao longo das órbitas. Utilizamos um modelo para calcular a temperatura de brilho de planetas e luas com rotação alta o suficiente para que variações de temperatura entre dia e noite sejam desprezíveis. Nesse modelo, as características orbitais são descritas pela excentricidade e o semi-eixo maior das órbitas e as condições atmosféricas são modeladas a partir de parâmetros que representam a densidade colunar e a composição da atmosfera. Além disso, podemos também variar o albedo do planeta ou da lua. Primeiramente, estimamos as temperaturas de exoplanetas reais que sejam potencialmente rochosos e estejam dentro da zona habitável de diferentes classes de estrelas. As variações de temperatura obtidas podem atingir valores de até 80 K. Consideramos também possíveis exoluas rochosas e habitáveis, orbitando planetas gigantes localizados dentro do que seria a zona habitável de um planeta rochoso. Estudamos luas com massas de Ganimedes e de Marte, em órbitas circulares em torno de planetas reais e hipotéticos, que podem ter órbitas circulares ou excêntricas. Mesmo nos casos de planetas e luas em órbitas circulares, as órbitas das exoluas com relação às estrelas apresentariam características epicíclicas que produziriam variações de temperatura nas luas. Analisamos diferentes combinações dos parâmetros orbitais das luas e dos planetas, diferentes tipos de estrelas e características atmosféricas das luas e obtivemos variações de temperaturas de até 200 K. Apesar de ainda não detectáveis, tais variações de temperatura poderão possivelmente ser detectadas por telescópios e missões espaciais futuros, e permitirão uma caracterização atmosférica quantitativa.

Agradecimentos

R.G.G.F. agradece o CNPq pela bolsa PIBIC de iniciação científica. G.F.P.M. agradece o CNPq pelo apoio financeiro (474972/2009-7). M.B.F. agradece o CNPq pelo apoio financeiro (307711/2022-6).

Estudo de asteroides basálticos através de suas curvas de fase

Plícida Arcoverde¹, Wesley Pereira¹, Eduardo Rondón¹, Filipe Monteiro¹, Marçal Evangelista-Santana¹, Jonatan Michimani¹, Hissa Medeiros², Teresinha Rodrigues¹, Daniela Lazzaro¹

¹Observatório Nacional, Rua Gal. José Cristino 77, 20921-400 Rio de Janeiro, Brazil

²Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), C/Vía Láctea sn, 38205 La Laguna, Spain.

E-mail: plicidaarcverde@on.br, (plicidamaria@gmail.com)

Classificados como tipo-V, os asteroides basálticos do Cinturão Principal (CP), em sua maioria, estão conectados à família dinâmica de Vesta. Entretanto, desde a descoberta do asteroide tipo-V (1459) Magnya no CP externo, vários novos asteroides foram encontrados em diferentes regiões, incluindo tipos-V de regiões internas não pertencentes à família Vesta. Essas descobertas sugerem que esses objetos possuem mais de um corpo parental podendo amostrar múltiplos planetesimais diferenciados, tornando-os uma classe interessante de ser estudada.

Nesse sentido, um método interessante de estudo das propriedades superficiais de asteroides é através de curva de fase fotométricas, que são definidas como o estudo do espalhamento da luz de um corpo de acordo com a variação do ângulo de fase solar. Portanto, para determinar nossas curvas de fase, utilizamos o modelo não linear de três parâmetros $H-G_1-G_2$ desenvolvido por Muinonen et al. (2010) e Penttilä et al. (2016), que nos fornece a magnitude absoluta (H), que é definida como o brilho intrínseco do objeto e está relacionada ao tamanho, e o parâmetros da inclinação da curva (G_1-G_2), que estão relacionados às propriedades da superfície.

Dentro deste contexto, foram feitas observações no *Observatório Astronômico do Sertão de Itaparica* (OASI) para realizar um estudo fotométrico baseado nas curvas de fase de diferentes populações de tipos-V, incluindo asteroides do CP de diferentes regiões e objetos em órbitas próximas da Terra (NEOs). Como resultado obtivemos um total de 10 curvas de fase determinadas, que quando analisadas junto a dados de curvas de fase disponíveis na literatura, obtivemos diferentes tendências em relação ao comportamento da curva na região do efeito de oposição, o que pode ser um indício de distintas origens para esses objetos. Também encontramos correlações com o tamanho desses corpos, o que nos sugerem informações sobre a distribuição dos regolitos na superfície.

Referências

Muinonen K., Belskaya I. N., et al. (2010). A three-parameter magnitude phase function for asteroids. *Icarus*, 209, 542.

Penttilä, A., Shevchenko, V. G., et al. (2016). H, G_1, G_2 photometric phase function extended to low-accuracy data. *Planetary and Space Science*, 126, 117.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à CAPES, FAPERJ e CNPq pelo apoio a este trabalho através de diversas bolsas e subsídios. Os autores também agradecem à equipe IMPACTON, em particular, a A. Santiago e R. Souza pelo suporte técnico no OASI.

Modelado numérico de comas de polvo cometarias

R.S. Garcia¹, E. Fernández-Lajús^{2,3}, R.P. Di Sisto^{2,3}, R.A. Gil-Hutton¹

¹ Grupo de Ciencias Planetarias, Dpto. de Geofísica y Astronomía, FCEfyN, UNSJ - CONICET, Av. J. I. de la Roza 590 oeste, J5402DCS, Rivadavia, San Juan, Argentina.

² Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

³ Instituto de Astrofísica de La Plata, CCT La Plata-CONICET-UNLP. Paseo del Bosque S/N (1900), La Plata, Argentina.

Correo Electrónico: garcia.romina.222@gmail.com

Estudiar las características físicas superficiales de un cometa es un gran desafío; ya sea porque el núcleo está demasiado lejos para lograr resolver detalles a través de una imagen, o porque aunque se encuentra suficientemente cerca su propia actividad oculta todas las cualidades que se desean investigar. En este contexto complejo, la investigación de cometas puede realizarse de manera indirecta analizando el comportamiento de la estructura visible que lo rodea, llamada coma, utilizando diferentes enfoques tanto observacionales como teóricos; que pueden incluir desde la fotometría y el estudio morfológico de las estructuras hasta el modelado numérico.

En este trabajo, se presenta un modelo numérico propio -basado en trabajos previos como los de Moreno (2009) y Moreno et al.(2012)- desarrollado en Python y Fortran que permite determinar y ajustar un modelo físico realista para reproducir lo observado en imágenes de comas de polvo de cometas.

A modo de ejemplo, se muestra el estudio y modelado realizado de la coma de algunos cometas con el objetivo de cotejar resultados y exhibir las funcionalidades que provee el modelo, mostrando cómo la combinación de estudios morfológicos y fotométricos sumados a un análisis numérico, permite inferir cierta información del núcleo cometario y lograr la recuperación de parámetros típicos del objeto a diferentes escalas: la determinación de la orientación del eje de rotación del núcleo, la caracterización de las propiedades del polvo (tamaño, velocidad, intensidad de la luz dispersada), la descripción de la función de distribución de tamaños de las partículas y la tasa media de producción de polvo -entre otros-.

Aunque es claro que las observaciones desde tierra no pueden competir con los datos de las misiones espaciales en términos de resolución, en este trabajo se muestra que cuando se combinan con un buen modelado, pueden proporcionar información significativa de la superficie del núcleo incluso cuando ésta no es directamente observable desde la Tierra. Con este modelo, ahora se cuenta con una nueva herramienta para la investigación de cometas que permitirá dar respuestas a la actividad de cualquier cuerpo para la cual las observaciones de la coma están disponibles.

Referencias

- Moreno, F. The Dust Environment of Comet 29P/Schwassmann-Wachmann 1 From Dust Tail Modeling of 2004 Near-Perihelion Observations. *ApJ* 183, 33-45, 2009.
- Moreno, F. et al. Comet 22P/Kopff: Dust environment and grain ejection anisotropy from visible and infrared observations. *EPSC* 76, 2012.

Desviando un asteroide para proteger a la Tierra: resultados de la misión NASA-DART

Gonzalo Tancredi¹

¹ Departamento de Astronomía, Facultad de Ciencias, Udelar, Uruguay

Correo Electrónico: gonzalo@fisica.edu.uy

El 26 de setiembre 2022 la sonda espacial DART de la NASA impactó contra el satélite Dimorphos del asteroide (65803) Didymos. El objetivo fue poner a prueba la técnica de desvío de asteroides en ruta de colisión con la Tierra denominada impactor cinético. Minutos después la sonda LICIACube de la Agenzia Spaziale Italiana tomó imágenes espectaculares del evento.

Ese día culminaron años de trabajo de un grupo internacional de más de un centenar de científicos y técnicos de todo el mundo, en lo que se constituyó como el DART International Team; con el cual, nuestro Laboratorio de Ciencias Planetarias y Geofísicas ha venido colaborando.

La misión fue todo un éxito, lográndose el primer objetivo de impactar centralmente en Dimorphos, y de cambiar el período orbital respecto a Didymos (Daly+2023, Thomas+2023, Li+2023, Cheng+2023).

Se confirmaron varias de nuestras predicciones relativas al repentino aumento de brillo, la formación de una nube de polvo que opacó la observación de la superficie del asteroide, y la posterior formación de una cola de polvo producto de la eyección de partículas a baja velocidad (Moreno+2022, Tancredi+2023). Como producto de la colisión se generó un Asteroide Activo artificial (Tancredi+2023, Li+2023), cuyo estudio nos ha permitido saber más sobre la naturaleza de la población de asteroides que muestran repentinas colas (Asteroides Activos o Main-Belt Comets). Se han producido más de 70 artículos con resultados de la misión, habiendo colaborado en más de 10 de ellos. Se presentarán los principales resultados de la misión, y las implicancias ante la necesidad de afrontar la amenaza de un asteroide peligroso.

También se describirá la continuación de la colaboración internacional a través de la misión Hera de la ESA (Michel+2022), que arribará a la "escena del crimen", el sistema Didymos-Dimorphos, en Octubre 2026, para realizar una variedad de estudios geofísicos y terminar de resolver algunas de las interrogantes que surgen a partir del experimento DART.

Referencias

- Cheng et al., 2023. Momentum transfer from the DART ... , *Nature*, 616, 457-460.
Daly, et al., 2023. Successful kinetic impact into an asteroid ..., *Nature*, 616, 443-447.
Li et al., 2023. Ejecta from the DART-produced active asteroid Dimorphos, *Nature*, 616, 452-456.
Michel et al., 2022. The ESA Hera mission: ..., *Planetary Science Journal*, 3:160.
Moreno et al., 2022. Ground-based Observability of Dimorphos ..., *MNRAS*, 515, 2, 2178–2187.
Moreno et al., 2023. Characterization of the ejecta from ...: ..., *Planetary Science Journal*, 4:138.
Tancredi et al., 2023, Lofting of low speed ejecta ..., *MNRAS*, 522, 2403–2414.
Thomas et al., 2023. Orbital period change of Dimorphos ..., *Nature*, 616, 448-451.

Agradecimientos

A la Agencia Nacional de Investigación e Innovación ANII (Proyecto FCE) y la Comisión Sectorial de Investigación Científica CISC, Udelar, Grupo I+D "Ciencias Planetarias y Geofísicas" por los fondos para realizar estas investigaciones.

Reconciling Kuiper Belt Object Size-Frequency Distributions with Recent Observations and Cosmogonic Insights

Paula G. Benavidez¹, A. Campo Bagatin^{1,2}, Vasco Serra Cardoso³, T. Santana-Ros⁴

¹ Instituto de Física Aplicada a las Ciencias y la Tecnología, Universidad de Alicante

² Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Alicante, Spain.

³ Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade de Coimbra, Portugal

⁴ Institut de Ciències del Cosmos (ICCUB), Universitat de Barcelona (IEEC-UB)

E-mail: paula.benavidez@ua.es

Recent observational surveys have brought the inventory of dynamically hot and cold Kuiper Belt objects (KBOs) with an absolute magnitude (H_r) less than 5.3 to near completion, contradicting previous beliefs. In the past, the size-frequency distribution (SFD) of KBOs was thought to follow a broken power law, with different slopes for larger bodies. However, the current evidence is that the SFD between $H_r \simeq 5.3$ and 8.3 (~ 400 and ~ 100 km diameter) of the dynamically hot (HKB) and cold Kuiper Belt (CKB) populations were recently found to be very similar. In this study, we aim to constrain the population of small-sized KBOs by comparing our results to estimations derived from observational constraints. We specifically focus on establishing a primordial SFD for the Kuiper Belt population between 22 and 30 au and for the cold disc, aligning their collisional and dynamical evolution with current observations. Our findings indicate that the current unbiased SFD of dynamically cold and hot KBOs can be accurately modelled by our ALICANDEP-22 model, which assumes a single exponentially tapered shape for the initial SFD up to intermediate sizes ($D \lesssim 100 - 400$ km). However, for the primordial inner Kuiper Belt (with semi-major axes around 22-30 au), where most planetary embryos were believed to form, the SFD must incorporate a power law component to account for the dwarf-planet-sized bodies observed today. This primordial SFD has significant cosmogonic implications as it reconciles observational constraints with planetesimal formation mechanisms, both in the original trans-planetary disc before the onset of dynamical instability and in the in-situ formed cold population.

A Scenario for the Origin of Triton as a Primordial Regular Satellite of Neptune

Rodney Gomes¹

¹ Observatório Nacional, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

E-mail: rodney@on.br

Triton's conspicuous retrograde orbit has been a challenge for scientists to explain its origin. Today it is generally accepted that Triton was a primordial planetesimal that was somehow captured by Neptune during the time of planetary formation or when the major planets experienced several close encounters with planetesimals which induced the planets's migration to their current distances from the Sun. The most likely capture scenario invokes the trapping of one of the members of a binary planetesimal system through the breaking of the binary orbit by a close encounter with Neptune (Agnor and Hamilton 2006). Although a viable scenario, this binary capture event has a major drawback posed by the difficulty of explaining Nereid's orbit exterior to Triton's since as Triton tidally evolved towards Neptune it would certainly provoke a close encounter with Nereid which would most likely induce the ejection of Nereid from its orbit around Neptune. Here I propose an alternative scenario in which Triton was originally a regular satellite of Neptune and by successive collisions of Neptune with embryos during planetary formation Neptune's equator was tilted to its present configuration. This scenario is inspired by Morbidelli et al (2012) which presents an interesting approach for the origin of Uranus inclined spin axis. If the proto Neptune also experienced two major collisions with primordial embryos bringing at the end its spin axis to its present value around 30° , a primordial regular satellite of Neptune initially on an equatorial orbit would end with a complete different inclination with respect to Neptune's equator, a retrograde orbit being a quite likely possibility. I present the final orbits of originally regular orbits of Triton-sized satellites after Neptune's experiencing two major collisions with Earth-sized embryos during a relatively short time when the major planets were near the end of their formation and accreting mass from collisions with embryos. Simulations consider Neptune, Triton and the Sun at several distances from each other compatible with what is expected at the time of planetary formation.

References

- Agnor and Hamilton, Neptune's capture of its moon Triton in a binary-planet gravitational encounter, *Nature* 441, 192-194, 2006.
- Morbidelli, et al., Explaining why the uranian satellites have equatorial prograde orbits despite the large planetary obliquity, *Icarus* 219, 737-740, 2012.

XII Taller de Ciencias Planetarias, Taller 2024
26 de febrero a 1 de marzo de 2024
Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Los asteroides Centauros a través del JWST

M.D.Melita^{1,2,3}, J.Licandro^{4,5}, Noemí Pinilla-Alonso,⁶ Grupo DISCO.

¹ IAFE (UBA-CONCIET), CABA, Argentina.

² FCAG, UNLP, La Plata, Argentina.

³ UNAHUR, Hurlingham, Prov. de Bs.As. Argentina.

⁴ Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), C/Vía Lactea s/n, 38205 La Laguna, España.

⁵ Departamento de Astrofísica, Universidad de La Laguna, 38206 La Laguna, Tenerife, España.

⁶ Florida Space Institute, University of Central Florida, Orlando, FL, USA.

melita@iafe.uba.ar

Se resumirán las principales características de los asteroides Centauros y las hipótesis propuestas al presente para explicar su peculiar distribución de propiedades superficiales. Describiremos los primeros espectros de asteroides Centauros obtenidos por el James Webb Space Telescope. Estas observaciones revelan la existencia de hielos de agua y dióxido de carbono, silicatos y orgánicos complejos y también permiten corroborar la existencia de 2 grupos de objetos. Resumiremos los experimentos numéricos realizados para intentar relacionar su historia orbital reciente con las características espectrales de los objetos observados, que no arrojan una correlación evidente. Por lo tanto, es muy posible que estos grupos se relacionen con el sitio primordial de origen de éstos cuerpos.

Transporte resonante de las pequeñas lunas de Plutón-Caronte

Federico A. Zopetti^{1,2}, Cristian Beaugé^{1,2}, Octavio M. Guilera, O.³ & A. Martín Leiva¹

¹ Observatorio Astronómico de Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba, Laprida 854, Córdoba X5000BGR, Argentina

² CONICET, Instituto de Astronomía Teórica y Experimental, Laprida 854, Córdoba X5000BGR, Argentina

³ Instituto de Astrofísica de La Plata (IALP), CCT La Plata-CONICET-UNLP, Paseo del Bosque s/n, La Plata, Argentina

Correo Electrónico: federico.zopetti@unc.edu.ar

El sistema de satélites de Plutón presenta una serie de características dinámicas especialmente interesantes. El satélite mayor, Caronte, tiene aproximadamente la mitad del tamaño de Plutón y un 12 % de su masa, conformando el sistema binario más masivo del Sistema Solar. Además, actualmente ambas componentes de la binaria rotan de manera sincrónica con su periodo orbital (*doble sincronía*), y comparten una órbita casi perfectamente circular. Dichas características corresponden al estado final en la evolución por mareas y son fuerte evidencia de que el sistema ha sido fuertemente influenciado por ellas. Por su parte, los cuerpos menores denominados Styx, Nix, Kerberos e Hydra, tienen algunas decenas de kilómetros de radio y se encuentran muy próximos a las resonancias de movimientos medios (RMM) con Caronte 3/1, 4/1, 5/1 y 6/1, respectivamente. Es bastante aceptado que este sistema es el resultado de un gran impacto en un cuerpo primordial (Canup 2005), a partir del cual se formó Caronte de manera intacta (en una órbita excéntrica), así como un disco de escombros circundantes ricos en hielo (Canup 2011). Sin embargo, las simulaciones numéricas de formación obtienen un sistema mucho más compacto del que se observa en la actualidad. Si bien es muy probable que, debido a la evolución por fuerzas de marea entre las componentes de la binaria, la órbita de Caronte se haya expandido (y circularizado) fuertemente, no existe una hipótesis clara para la formación de las pequeñas lunas en posiciones tan lejanas y, además, tan próximas a las RMM. Si bien una gran cantidad de mecanismos han sido propuestos en la literatura para explicar la formación de estos pequeños cuerpos, el mecanismo *natural* es el del transporte resonante a partir de órbitas interiores, en tanto la órbita de Caronte se expande por mareas. Sin embargo, los autores que han analizado esta hipótesis no han sido capaces de lograr el transporte de manera estable (e.g. Cheng et al. 2014) debido a la excitación de la excentricidad que sufren los cuerpos dentro de estas resonancias móviles.

En el presente trabajo discutimos una serie de mecanismos que son capaces de amortiguar las excentricidades en el proceso de transporte y, por lo tanto, proveen un prometedor escenario de formación para este sistema. Para hacerlo, además de considerar diferentes evoluciones de marea entre la binaria Plutón-Caronte, simulamos diferentes mecanismos disipativos sobre las lunas tales como mareas circumbinarias, fuerzas aerodinámicas y colisiones entre partículas.

Referencias

- Canup RM. 2005. *Science*. 307:546–50.
Canup RM. 2011. *Astrophysical Journal*. 141:35–44.
Cheng WH et al. 2014. *Icarus*. 241:180–89.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por CONICET, SECYT/UNC y FONCYT.

Estudios experimentales sobre colisiones y compresibilidad

Irina L. San Sebastián¹, Jürgen Blum², M. Gabriela Parisi³

¹ Instituto de Astrofísica de La Plata, La Plata, Argentina.

² Institut für Geophysik und Extraterrestrische Physik, Braunschweig, Alemania.

³ Instituto Argentino de Radioastronomía, La Plata, Argentina.

E-mail: irina@fcaglp.unlp.edu.ar, jirsaixa@gmail.com

¿Qué información nos proporcionan los experimentos de laboratorio en cuanto al proceso colisional durante la formación planetaria? Hace algunas décadas, comenzó la búsqueda sistemática de un modelo colisional de polvo protoplanetario desde un punto de vista experimental. Desde entonces, se han llevado a cabo numerosos experimentos que han abordado una diversidad de materiales, velocidades de impacto, tamaños de proyectiles y blancos, así como sus respectivas porosidades. Un factor esencial para comprender el proceso de colisión es la compresibilidad durante el impacto, que refiere a la relación entre la presión y la compactación del objeto en cada instante de la colisión. En esta presentación, expondré los estudios experimentales más recientes que hemos realizado en los laboratorios del Institut für Geophysik und Extraterrestrische Physik (IGeP) sobre la compactación de muestras elaboradas con un material análogo al pre-planetario, compuesto por granos de sílice. En dichos experimentos, utilizamos diferentes dispositivos para estudiar la compresibilidad de las muestras y analizamos la relación entre la porosidad y la presión ejercida sobre las mismas. A su vez, para los agregados del tipo *pebble-pile* estudiamos la posible dependencia entre los diferentes tamaños de *pebbles* y la resistencia tensil de las muestras de distintas porosidades. Hallamos nuevas relaciones funcionales que incorporan datos experimentales previos y las comparamos con resultados teóricos y numéricos.

XII Taller de Ciencias Planetarias, Taller 2024
26 de febrero a 1 de marzo de 2024
Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Uncovering Hidden Planetary Candidates around Debris Disk Stars

Carolina Chavero¹, et al.

¹ Observatorio Astronómico de Córdoba, Córdoba, Argentina

Email: carolina.chavero@unc.edu.ar,

In our quest to understand planetary formation and the intricacies of our Solar System, we face the challenge of identifying debris disc stars hosting planets (DDP). These stars hold critical insights. To expand our knowledge, we developed three innovative approaches. Firstly, we compared the physical properties of debris disc (DD) stars, revealing potential DDP candidates. Secondly, a machine learning (ML) model, trained on existing DDP data, successfully identified possible DDP stars with a high level of accuracy. Lastly, we explored disc masses and relevant parameters to uncover hidden DDP stars among DD stars. These methods provided a list of potential DDP stars, with three particularly promising candidates. These candidates offer exciting avenues for further exploration. They can be pursued through traditional planet detection methods like radial velocity or occultation, as well as advanced infrared surveys aiming to detect signs of star-planet interactions.

**RESUMOS APRESENTAÇÕES ORAIS
CURTAS
RESUMEN DE PRESENTACIONES
ORALES CORTAS**

Planetas circumbinarios en sistemas estelares triples

Emmanuel Gianuzzi^{1,2,3}, Cristian Giuppone^{2,3}, Nicolás Cuello⁴, Mario Sucerquia^{5,6}

¹ Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación (FAMAF), Universidad Nacional de Córdoba (UNC), Córdoba, Argentina

² Instituto de Astronomía Teórica y Experimental (IATE), CONICET-UNC, Córdoba, Argentina

³ Observatorio Astronómico de Córdoba, Córdoba, Argentina

⁴ Univ. Grenoble Alpes, CNRS, IPAG, F-38000 Grenoble, France

⁵ Instituto de Física y Astronomía, Facultad de Ciencias, Universidad de Valparaíso, Av. Gran Bretaña 1111, 5030 Casilla, Valparaíso, Chile

⁶ Núcleo Milenio Formación Planetaria - NPF, Universidad de Valparaíso, Av. Gran Bretaña 1111, Valparaíso, Chile

Correo Electrónico: egianuzzi@unc.edu.ar

Al día de la fecha, aún no ha sido descubierto ningún exoplaneta circumbinario embebido en un sistema estelar triple (SET) jerárquico. Este sistema consiste de cuatro cuerpos organizados en múltiples órbitas anidadas: una binaria central, un exoplaneta que orbita alrededor del centro de masa de la binaria a una distancia mayor, y una tercer estrella que orbita alrededor del centro de masa de los tres objetos anteriores a una distancia aún mayor. En los SETs, los ciclos Kozai-Lidov seculares y la fricción de marea (KLCTF) pueden reducir el período orbital interno a unos pocos días (Hammers 2015). Además, la mayoría de las binarias de período corto tienen una tercera compañera estelar. En este trabajo, presentamos un análisis numérico de la estabilidad de diversos SETs, utilizando datos estadísticos obtenidos del Catálogo de Sistemas Estelares Múltiples (MSC, Tokovinin 2018). Con el objetivo de analizar en qué regiones del espacio tridimensional podría encontrarse un exoplaneta circumbinario en un SET, realizamos diversas simulaciones numéricas. Por medio de simulaciones N-cuerpos, generamos diferentes mapas dinámicos de una gran variedad de SETs que incluyen un exoplaneta circumbinario. Estos mapas permiten analizar la estabilidad de estos sistemas en relación con los diferentes parámetros variados, y definimos criterios que aproximadamente deberían satisfacer (ciertos tipos de sistemas) para no ser inestables. Finalmente, comparamos resultados respecto a otros trabajos (Buseti 2018, Vynatheya 2022). Por último, presentamos resultados de simulaciones de SETs observados seleccionados, añadiendo un exoplaneta circumbinario dentro de la región de estabilidad encontrada para tales sistemas, y calculamos la probabilidad de observación de tránsitos.

Referencias

Buseti, F., Beust, H., & Harley, C. 2018, *A&A*, 619, A91

Hamers, A. S., Perets, H. B., Antonini, F., & Portegies Zwart, S. F. 2015, *MNRAS*, 449, 4221

Tokovinin, A. 2018, *ApJS*, 235, 6

Vynatheya, P., Hamers, A. S., Mardling, R. A., & Bellinger, E. P. 2022, *MNRAS*, 516, 4146

Estudio de los tiempos de disipación de discos gaseosos en poblaciones estelares

José L. Gomez^{1,2}, Octavio M. Guilera^{1,2}, Marcelo M. M. Bertolami^{1,2}, , Maria P. Ronco^{1,2}

¹ Instituto de Astrofísica de La Plata - CONICET, Argentina

²Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, La Plata, Argentina

E-mail: josepluis21@gmail.com

Actualmente, los estudios observacionales sobre las regiones de formación estelar permiten inferir características de los discos protoplanetarios, tales como tamaños, masas, tasas de acreción de material del disco sobre la estrella central y tiempos característicos de disipación de los mismos. Dado que los planetas se forman inmersos en los discos protoplanetarios, poder reproducir las características observacionales de los discos resulta crucial para entender el proceso de formación planetaria. En este trabajo presentamos una exploración de las condiciones iniciales de los discos protoplanetarios que mejor reproducen los datos observacionales. Para esto consideramos síntesis de discos protoplanetarios que evolucionan por acreción viscosa y fotoevaporación interna usando nuestro modelo global de formación planetaria. Analizamos el impacto de incorporar una distribución de masa estelar y una tasa de formación estelar, en el diagrama de fracción de estrellas con discos protoplanetarios y en las tasas de acreción observadas en los cúmulos estelares jóvenes. Las condiciones iniciales, como masas y tamaños de los discos, siguen distribuciones estadísticas inferidas observacionalmente. Mostramos que debido a que las estrellas masivas dispersan sus discos más rápidamente, la fracción observada de estrellas con discos en regiones de formación estelar está dominada por los discos alrededor de estrellas de baja masa. A partir de nuestros modelos, encontramos que el tiempo de disipación medio de los discos en los cúmulos con masas estelares $M \geq 0.1 M_{\odot}$ es de 4.2 millones de años, mostrando un buen acuerdo con los resultados observacionales.

Estudo Taxonômico de TNOs e Centauros a partir das Observações do Dark Energy Survey

Felipe S. Ferreira^{1,3}, Julio I. B. de Camargo^{1,3}, Viviane F. Peixoto^{1,2,3}, Martín B. Huarca^{1,3}, Rodrigo C. Bouffleur^{1,3}, Marcelo Assafin^{2,3}, Adriano Pieres^{1,3}, Roberto Vieira-Martins^{1,3}, Luiz Nicolaci da Costa³, Altair Ramos Gomes-Júnior^{5,3}, Felipe Braga-Ribas^{4,1,3}, equipe de TI do Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia (LIneA)

¹ Observatório Nacional, ON/MCTI, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

² Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

³ Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia, LIneA, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

⁴ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba (PR), Brasil

⁵ Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia (MG), Brasil

E-mail: felipheferreira@on.br

Durante os anos de 2013 a 2019, o Dark Energy Survey (DES) [1] mapeou 5.000 graus quadrados do hemisfério sul celeste nas bandas *grizY* com o objetivo prioritário de investigar a natureza da energia escura. Nesse tesouro observacional, encontramos mais de 300.000 objetos do Sistema Solar, cujas informações astrométricas e fotométricas têm sido base de nossas investigações e publicações acerca de pequenos corpos. Aqui, em particular, abordamos TNOs e Centauros. A identificação de todos os pequenos corpos conhecidos nas imagens CCD do DES foi feita através do serviço SkyBoT [2]. A partir da separação desses objetos em suas classes dinâmicas, verificou-se que 758 TNOs e 129 Centauros estariam nos campos das imagens obtidas. Porém, por diferentes motivos (brilho fraco, por exemplo), nem todos foram efetivamente detectados. Posições desses objetos foram obtidas através dos catálogos single-epoch (SE) do DES e também diretamente a partir das imagens. Fotometria multibanda utilizada é oriunda exclusivamente dos catálogos SE. Para aqueles objetos que apresentaram ao menos 3 medidas em cada uma das bandas *griz*, foi iniciada uma exploração fotométrica com o objetivo de inferir propriedades físicas de suas superfícies. Obtivemos, para isso, a classificação taxonômica desses objetos em 4 classes segundo [3]. As cores, utilizadas para fornecer tal classificação e a partir da qual pode-se ter um indicativo dessas propriedades, foram determinadas através das magnitudes absolutas em cada filtro como forma de atenuar efeitos sistemáticos da rotação do corpo sobre as cores medidas. Classificamos inicialmente 67 objetos, e posteriormente estendemos para mais 30 objetos. A partir das magnitudes absolutas, nós também obtivemos uma estimativa de seus diâmetros. Neste trabalho, apresentamos os TNOs e Centauros encontrados e os procedimentos que usamos para classificá-los. Muitos desses objetos, até onde pudemos verificar na literatura, estão sendo classificados pela primeira vez. Investigamos possíveis correlações entre parâmetros orbitais e cores e entre diâmetros e cores, que também serão apresentadas. Destacamos que estes resultados estão sendo revisados pela colaboração DES.

Referências

- [1] Flaugher, B. 2005, International Journal of Modern Physics A, 20, 3121.
- [2] Berthier, J., et al. 2006, in Astronomical Society of the Pacific Conference Series, Vol. 351, 367.
- [3] Barucci M. A., Belskaya I. N., Fulchignoni M., Birlan M., 2005, AJ, 130, 1291

Agradecimentos

F.S.F. reconhece o apoio da CAPES. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Este estudo foi parcialmente financiado pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do e-Universo (INCT do e-Universo, CNPq 465376/2014-2)

A density valley across stellar types

Julia Venturini¹, **María Paula Ronco**^{2,4}, Octavio M. Guilera^{2,4}, Jonas Haldemann³, Christoph Mordasini³, Marcelo M. Miller-Bertolami²

¹ Department of Astronomy, University of Geneva, Chemin Pegasi 51, 1290 Versoix, Switzerland.

² Instituto de Astrofísica de La Plata, CCT La Plata-CONICET-UNLP, Paseo del Bosque S/N (1900), La Plata, Argentina.

³ Department of Space Research & Planetary Sciences, University of Bern, Gesellschaftsstrasse 6, CH-3012 Bern, Switzerland.

⁴ Núcleo Milenio de Formación Planetaria (NPF), Chile.

E-mail: mpronco@fcaglp.unlp.edu.ar,

The existence of a radius valley separating super-Earths from mini-Neptunes, stands as one of the most important observational constraints to understand the origin and composition of exoplanets with radii below Neptune. In this talk, I will first summarise results from combined planet formation-evolution simulations accounting for the origin of the radius valley around solar-type stars (Venturini et al. 2020), and then present new results for a wide range of stellar masses. While a clear radius valley appears for stellar masses larger than 0.4 Msun, for lower stellar masses the valley gets filled by migrating small water-rich planets. Instead, a "density valley" separating rocky from water-rich planets emerges for all stellar types. I will discuss the implications of our formation-evolution models for observations.

References

Venturini et al., "The nature of the radius valley. Hints from formation and evolution models", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 643, id.L1, 10 pp., 2020.

Dynamical characterization of the 6/1 mean motion resonance between Quaoar's ring and Weywot

Adrián Rodríguez¹, Bruno Morgado¹, Nelson Callegari Jr.²

¹ Observatório do Valongo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

² Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, SP, Brasil.

E-mail: adrian@ov.ufrj.br

Recently, it has been reported the discovery of a dense ring around the trans-Neptunian object 50000 Quaoar. The ring particles seems to be very close to the 6/1 mean motion resonance with Weywot, the only known satellite in the system. In this work we investigate the dynamical environment in the close vicinity of the 6/1 orbital resonance in the context of the restricted three body problem. We aim to analyze whether, in view of observational constraints, the ring could be effectively evolving in resonant motion with the satellite. Through the technique of dynamical maps we identify and characterize the 6/1 mean motion resonance, finding that the main location of the resonance deviates by only 29 km from the central part of the ring. This difference lies within the 3σ confidence level, considering the uncertainties in the observational parameters. We also show that the Weywot's eccentricity plays a significant role in the dynamical structure of the 6/1 resonance. The results show that the resonance width is smaller than the estimated ring's width. Under assumption of a ring with eccentricity smaller than 0.05, clumping of test particles appears at the position of the different resonant multiplets, considering the nominal value of Weywot's eccentricity. This is in agreement with observations, which indicate that the estimated resonance width (≤ 10 km) is comparable with the narrow and dense arc of material within Quaoar's ring. Our results may be an indicative that the 6/1 resonance resonance plays a key role in confining the arc ring.

References

Morgado, B., et al., A dense ring of the trans-Neptunian object Quaoar outside its Roche limit , Nature, Vol. 614, pp. 239, 2023.

Acknowledgments

FAPERJ, for financial support.

Recent stellar occultations by (2060) Chiron

Chrystian L. Pereira^{1,2}, Felipe Braga-Ribas^{3,1,2}, J. L. Ortiz⁴, B. Sicardy⁵, M. Assafin^{6,2}, B. E. Morgado^{6,2}, R. Leiva⁴, G. Benedetti-Rossi⁷, J. I. B. Camargo^{1,2}, R. Vieira-Martins^{1,2}, observers team.

¹ Observatório Nacional - ON/MCTI. Rio de Janeiro, RJ, Brazil. ² Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia – LIneA. Rio de Janeiro, RJ, Brazil. ³ Federal University of Technology - Paraná (PPGFA/UTFPR-Curitiba). Curitiba, PR, Brazil. ⁴ Instituto de astrofísica de Andalucía, CSIC, Glorieta de la Astronomía. Granada, Spain. ⁵ LESIA, Observatoire de Paris. Meudon, France. ⁶ Universidade Federal do Rio de Janeiro – Observatório do Valongo. Rio de Janeiro, RJ, Brazil. ⁷ Orbital Dynamics and Planetology Group, São Paulo State University. Guaratinguetá, SP, Brazil.

E-mail: chrystianpereira@on.br

Besides giant planets, rings were discovered around three different small bodies in the Solar System: in 2013, around the Centaur (101999) Chariklo [1]; in 2017, around the dwarf planet (136108) Haumea [2]; in 2023, two rings outside the Roche limit were detected around the Trans-Neptunian Object (50000) Quaoar [3, 4]. In addition to these confirmed ring systems, observations of stellar occultations by the Centaur (2060) Chiron, which occurred in the 1990s and 2011, revealed the presence of additional material around this object. These additional structures were interpreted as collimated jets of material expelled by the nucleus, spherical shells, and rings [5, 6, 7, 8]. To understand the nature of this material and determine the physical properties of Chiron itself, new stellar occultations were observed in 2018, 2019, 2022, and 2023. The 2018 observation determined detection limits for the structures around Chiron. In 2019, a multi-chord detection allowed the determination of the equatorial radius of 126 ± 22 km and its volume [9]. In 2022, observations with large telescopes detected material around Chiron, which is consistent with an extended disk with approximately 580 km and two concentrations of material at distances of 325 ± 16 km and 423 ± 11 km from the center of Chiron, consistent with rings [10]. The last observed occultation, on September 10, 2023, had positive observations from 9 different sites; among them, we have the Perklin&Elmer 1.6 m telescope at Pico dos Dias observatory from the Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA). This telescope obtained one of the best light curves regarding Signal to Noise ratio and cadence so far. The data is under analysis but has already shown unprecedented characteristics of the surrounding structures. In this work, we will present the analysis of these structures over time and some details of the results recently obtained.

References

- [1] Braga-Ribas, F., Sicardy, B., Ortiz, J. L., et al. 2014, *Nature*, 508, 72
- [2] Ortiz, J. L., Santos-Sanz, P., Sicardy, B., et al. 2017, *Nature*, 550, 219
- [3] Morgado, B. E., Sicardy, B., Braga-Ribas, F., et al. 2023, *Nature*, 614, 239
- [4] Pereira, C. L., Sicardy, B., Morgado, B. E., et al. 2023, *A&A*, 673, L4
- [5] Elliot, J. L., Olkin, C. B., Dunham, E. W., et al. 1995, *Nature*, 373, 46
- [6] Bus, S. J., Buie, M. W., Schleicher, D. G., et al. 1996, *Icarus*, 123, 478
- [7] Ruprecht, J. D., Bosh, A. S., Person, M. J., et al. 2015, *Icarus*, 252, 271
- [8] Sickafoose, A. A., Bosh, A. S., Emery, J. P., et al. 2020, *MNRAS*, 491, 3643
- [9] Braga-Ribas, F., Pereira, C. L., Sicardy, B., et al. 2023, *A&A*, 608, A45
- [10] Ortiz J. L., Pereira, C. L., Sicardy, B., et al., 2023, *A&A*, 676, L12

Acknowledgments

C.L.P is thankful for the support of the CAPES and FAPERJ/DSC-10 (E26/204.141/2022). This work was carried out within the “Lucky Star” umbrella that agglomerates the efforts of the Paris, Granada, and Rio teams, funded by the European Research Council under the European Community’s H2020 (ERC Grant Agreement No. 669416). This study was partly financed by the National Institute of Science and Technology of the e-Universe project (INCT do e-Universo, CNPq grant 465376/2014-2).

A população dos "pequenos" asteroides - Um estudo espectroscópico

Daniela Lazzaro¹, Jonatan Michimani¹, Eduardo Rondón¹, Davide Perna², Simone Ieva²,
Elisabetta Dotto², Elena Mazzotti Epifani², Antonella Barucci³, Vasiliki Petropoulou²,

¹ Observatório Nacional, COAST, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

² Osservatorio Astronomico di Roma, INAF, Roma, Itália

³ Observatoire de Paris, LESIA, Meudon, França

E-mail: lazzaro@on.br, (michimani@on.br)

O estudo dos objetos em órbita próxima da Terra (NEOs) permite obter informações sobre os menores corpos do Sistema Solar, em particular quando de sua aproximação à Terra. Para usufruir deste fato foi proposto, e aprovado, um projeto de longo período no telescópio SOAR (Chile) de 4.1m visando obter a classificação taxonômica de NEOs recém-descobertos, e com tamanho de algumas centenas de metros. O objetivo do projeto sendo o de investigar se a distribuição de composições muda com o tamanho dos asteroides.

Ao longo de 26 noites de observação, distribuídas entre outubro de 2020 e janeiro de 2023, foram obtidos os espectros na região do visível, entre 0.500 e 0.905 μm , para 116 NEOs. A redução seguiu os procedimentos clássicos, utilizando os pacotes do IRAF, até a normalização do espectro em 0.55 μm . Para obter a classificação taxonômica foi utilizado o programa online M4AST (Popescu et al. 2012) o qual fornece o melhor ajuste aos *templates* da taxonomia Bus-DeMeo.

A magnitude absoluta média de toda a amostra foi de 21.28, correspondendo a um diâmetro médio de cerca de 290 metros, quando considerado um albedo de 0,14. Os primeiros resultados (Michimani et al. 2023), para cerca de metade da amostra, mostram uma abundância de classes que no Cinturão Principal são raras, em particular as classes A e D. Este resultado, se confirmado para o restante da amostra, estaria indicando que a distribuição de composições varia com o tamanho dos objetos, ou seja, que existem composições somente presentes entre os menores corpos. Vale ressaltar que à tempo foi levantada a hipótese de que escassez de objetos da classe A, relacionada com o mineral olivina, estaria relacionada à friabilidade deste material.

References

Michimani, et al., The "small" asteroid population: a spectroscopic survey, MNRAS, 526, 2023.
Popescu, et al., Modeling of asteroid spectra - M4AST, A&A, 544, 2012

Acknowledgments

Baseado em observações obtidas no telescópio Southern Astrophysical Research que é um projeto conjunto do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) da República Federativa do Brasil, o U.S. National Optical Astronomy Observatory (NOAO), a University of North Carolina at Chapel Hill (UNC) e Michigan State University (MSU). DL agradece o apoio do CNPq (proc. 310964/2020) e FAPERJ (proc. E-26/201.001/2021). JM e ER agradecem as bolsas com financiamento do CNPq e da FAPERJ, respectivamente. DP, SI, VP, ED e EME agradecem o financiamento do programa de pesquisa e inovação Horizon 2020 da União Europeia (proc.870403).

Análisis estadístico de cambios con la edad de la distribución de colores (SDSS) y albedos (NEOWISE) de familias dinámicas de tipo S

E. Tello^{1,2}, M. Melita^{1,2}, Z. Kaňuchová³, R. Brunetto⁴, G. Strazzulla⁵

¹ Insituto de Astronomía y Física del Espacio, CONICET-UBA, Argentina

² Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP, Argentina

³ Astronomical Institute of Slovak Academy of Sciences, SK-059 60 Tatranská Lomnica, Slovakia

⁴ Institut d'Astrophysique Spatiale, CNRS, UMR-8617, Université Paris-Sud, bâtiment 121,
F-91405 Orsay Cedex, France

⁵ INAF-Osservatorio Astrofísico di Catania, Via S. So a 78, I-95123 Catania, Italy

Correo Electrónico: etello@iafe.uba.ar

El cambio de la pendiente de la distribución espectral con la edad de las familias dinámicas de tipo S, causada por el efecto acumulativo de la irradiación cósmica, está bien establecido para familias dinámicas de tipo S por diversos autores. Nosotros notamos que si hay variedad en la composición de la superficie original, entonces la escala de tiempo que determina la velocidad de ese cambio composicional, va a tener un rango de valores como consecuencia de esa variedad. por lo tanto, así como el valor medio de la distribución de pendientes de la distribución espectral tiende a ser más pronunciado (más rojo) con el paso del tiempo, también debería desarrollarse un sesgo progresivo en esa distribución. Utilizando SDSS-SSOs (catálogo que contiene colores) y NEOWISE (catálogo que contiene albedos), determinamos los miembros verdaderos de tipo S. Reteniendo sólo miembros con albedos y colores en el rango característico de los cuerpos de tipo S, corroboramos el cambio de la distribución espectral con la edad y comparamos nuestros resultados con estimaciones anteriores. Utilizando sólo los miembros “verdaderos” de tipo S, también encontramos una correlación significativa entre algunos parámetros de estimación del sesgo y la edad. En conclusión, nuestros resultados ofrecen evidencia adicional de los efectos de la radiación cósmica en superficies asteroidales y proporcionan nuevas formas posibles de determinar la edad de las familias dinámicas de tipo S. También encontramos que el albedo muestra una muy leve tendencia a crecer con la edad.

Efectos de Mareas y Relatividad General sobre Partículas de la Zona Habitable bajo la Influencia de un Perturbador Interno alrededor de Estrellas de Masa Solar

Coronel C. F.^{1,2}, de Elía G. C.^{1,2}, Zanardi M.^{1,2}, Dugaro A.^{1,2}

¹ Instituto de Astrofísica de La Plata, CCT La Plata-CONICET-UNLP, La Plata, Argentina

² Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata, Argentina

Correo Electrónico: ccoronel@fcaglp.unlp.edu.ar

En un trabajo reciente, Coronel et al. (2023) analizaron el rol de la relatividad general en la dinámica de partículas que evolucionan en la zona habitable (ZH) bajo los efectos de un perturbador interno de masa planetaria alrededor de una estrella de tipo solar. En dicho trabajo, los autores adoptaron las prescripciones analíticas derivadas por Zanardi et al. (2023) a partir de una teoría secular cuadrupolar, y obtuvieron restricciones sobre los parámetros físicos y orbitales del sistema que conducen a libraciones nodales de las partículas de la ZH. Los resultados obtenidos por Coronel et al. (2023) muestran que libraciones nodales de dichas partículas son posibles para cualquier valor de la masa m_1 y de la excentricidad del perturbador interno e_1 , con una adecuada elección de la excentricidad e_2 y de la inclinación i_2 de la partícula. Por un lado, para $m_1 < 0.84 M_{\text{Jup}}$, cuanto mayor es la masa del perturbador, mayor el rango de valores de la excentricidad de la partícula que conducen a libraciones nodales. Para $m_1 > 0.84 M_{\text{Jup}}$, dichas libraciones son posibles para cualquier valor de e_2 . De acuerdo con esto, cuando efectos de relatividad general son incluidos, la dinámica de partículas externas localizadas en la ZH en el marco de un problema restringido elíptico de tres cuerpos es compleja, dado que depende fuertemente de los parámetros físicos y orbitales del sistema.

En esta presentación, analizamos las propiedades dinámicas de partículas externas que evolucionan bajo la influencia de un perturbador interno alrededor de estrellas de masa solar teniendo en cuenta efectos de relatividad general y mareas. En particular, nuestros sistemas de trabajo están constituidos por un objeto de masa planetaria con una semieje $a_1 = 0.1$ UA y una partícula externa localizada en la ZH con un semieje $a_2 = 1$ UA. Trabajando sobre las bases de un Hamiltoniano secular y cuadrupolar, derivamos expresiones analíticas que nos permiten definir la región de libración nodal de una partícula externa en la ZH, en función de las variables físicas y orbitales del sistema. En particular, analizamos la sensibilidad de los resultados al radio y período de rotación de la estrella central, a la masa, radio, período de rotación y excentricidad del perturbador interno, y a la excentricidad de la partícula externa. Además, desarrollamos simulaciones numéricas de N-cuerpos haciendo uso del código MERCURY-T (Bolmont et al. 2015) con el fin de analizar la robustez de nuestros resultados analíticos.

Referencias

- Bolmont E., Raymond, S., Leconte, J., Hersant, F., Correia, A., 2015, *A&A*, 583, A116.
Coronel C. F., de Elía, G. C., Zanardi, M., Dugaro, A., Aceptado en *MNRAS* el 24/10/2023.
Zanardi M., de Elía G. C., Dugaro A., Coronel C. F., 2023, *MNRAS*, 525, 2125.

Actualización de la población de candidatos a cometas entre los objetos cuasi-Hilda

Jorge Correa-Otto¹, Esteban García-Migani¹, Ricardo Gil-Hutton¹

¹ Grupo de Ciencias Planetarias, Dpto. de Geofísica y Astronomía, FCEFyN, UNSJ - CONICET, San Juan, Argentina

Correo Electrónico: jorge9895@gmail.com

En esta disertación se presentarán los resultados de un estudio dinámico de la población de objetos en la región cuasi-Hilda. El objetivo de nuestro trabajo fue realizar una actualización de la población de cometas cuasi-Hilda (QHCs, por sus siglas en inglés) que han llegado recientemente desde la región de los centauros. Se analizó la evolución orbital de 828 potenciales candidatos durante los últimos 50000 años con la finalidad de determinar aquellos que han llegado recientemente de las regiones exteriores del Sistema Solar. Se encontraron 47 objetos podrían haber ingresado recientemente en el Sistema Solar interior desde las regiones transneptunianas. Como las órbitas de estos 47 objetos son caóticas se complementó el análisis dinámico con un estudio estadístico que consistió en seguir la evolución de clones de los candidatos. Algunos de los 47 candidatos podrían haber conservado material volátil y son por lo tanto candidatos a exhibir actividad cometaria.

Referencias

Gil-Hutton R., García-Migani E., 2016, A&A, 590, A111
García-Migani E., Gil-Hutton R., 2018, P&SS, 160, 12

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero de CONICET a través del PIP 112-202001-01227 y a la UNSJ por un subsidio CICITCA para el período 2023-2024.

NEOS that can move to the Centaurs region

Othon Winter¹, Luana Liberato^{2,1}, Rosana Araujo¹

¹ Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia, UNESP, Guaratinguetá, Brazil

² Université Côte d'Azur, Laboratoire Lagrange, Nice, France

E-mail: othon.winter@unesp.br

The centaurs are minor bodies wandering in the region of the giant planets. Due to the strong gravitational perturbation of the planets they have unstable trajectories with a lifetime in this region of the order of 10 million years. Their origin is commonly associated to the Kuiper belt. Bodies of the scattered disc are the best candidates to become centaurs. In a previous work (Liberato, Araujo and Winter 2023) it was investigated the dynamical evolution of the large known Near-Earth Objects (NEOs), a sample of 839 bodies. In the study were identified preferential routes for NEOs, which include transfers to the regions of the Jupiter Family Comets (JFC), of the Centaurs and to the Main Asteroid Belt region. The results showed that about 9% of this NEO's sample move to the Centaurs region, after spending some time in the JFC region. We found that these bodies take a median time of about 3 million years to reach the Centaurs region, coming from the NEO region and passing through the JFC region. Most of the bodies that reach this region are eliminated fast, while the rest stay for a considerable time. They spend approximately 100 thousand years as median residence time inside this region, but almost 2 Myrs on average, which is comparable to the estimated dynamical lifetime of the centaurs. So it is not only possible but considerably likely that some of the bodies we find orbiting among the giant planets were once NEO. In the presentation we will show representative examples of these kind of orbital evolution and the main features that could lead to this kind of behaviour. It would also be interesting trying to identify bodies with stronger space weathering features among the centaurs, where some of the characteristics could suggest that such objects lived for some considerable time in the NEO region.

Reference

Liberato, L., Araujo, R., Winter, O.C., The known large near-earth objects' highways: dynamical evolution, fates and lifetimes. The European Physical Journal - Special Topics, Accepted (2023)

Acknowledgments

This research was supported by resources supplied by the Center for Scientific Computing (NCC/GridUNESP) of the São Paulo State University (UNESP). This study was financed in part by the CAPES – Finance Code 001, also by CAPES- PRINT Process 88887.570251/2020-00, CNPq - Process 305210/2018-1, and by FAPESP - Process 2016/24561-0. These supports are gratefully acknowledged.

Monitoramento da atividade dos cometas C/2018 U1 (Lemmon) e C/2021 X1 (Maury-Attard)

Marçal Evangelista-Santana¹, Jorge M. F. Carvano¹, Mario de Prá², W. Pereira,¹ J. Michimani,¹ E. Rondón,¹ F. Monteiro,¹ P. Arcoverde,¹ T. Rodrigues¹ D. Lazzaro,¹

¹ Observatório Nacional, rua Gal. José Cristino 77, CEP 20921-400, Rio de Janeiro, Brazil

² University of Central Florida, Orlando, EUA

E-mail: marcalsantana@on.br

Os cometas são corpos primitivos preservados que mantêm um rico inventário de voláteis que podem ser capazes de nortear a compreensão dos estágios iniciais do Sistema e como esses voláteis foram distribuídos e preservados. Pode ter ocorrido alguma evolução molecular desde a sua formação, mas o acesso para investigação remota torna os cometas o melhor caminho para investigar as condições do Sistema Solar jovem e como os voláteis foram distribuídos desde a época de formação (Boogert et al. 2015; Willacy et al. 2022).

Neste trabalho, nós apresentamos um estudo observacional (pré e pós-periélio) dos cometas C/2018 U1 (Lemmon) e C/2021 X1 (Maury-Attard) usando imagem no sistema de filtros *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS) a partir do Observatório Astronômico do Sertão de Itaparica (OASI, Itapuruba) do Observatório Nacional (ON/MCTI, Brasil), além de espectroscopia no visível usando o *Goodman High Throughput Spectrograph* (GHTS) do telescópio SOAR de 4.1m em Cerro Pachón, no Chile. Nossos resultados incluem monitoramento fotométrico entre os anos de 2021 e 2022 para o cometa C/2018 U1 (Lemmon) e entre 2022 e 2023 para o cometa C/2021 X1 (Maury-Attard), investigando a evolução da coma em distâncias pré e pós-periéllicas, variação de cor e taxa de produção de poeira. Além disso, investigamos possíveis variações espectroscópicas ao longo desse intervalo de tempo.

Referências

Boogert, A. C. A., et al. Observations of the Icy Universe . 2015, ARA&A, 53, 541.
Willacy, K., et al. Comets in Context: Comparing Comet Compositions with Protosolar Nebula Models, 2022, ApJ.

Agradecimentos

MES agradece ao financiamento por meio da bolsa do Programa PCI do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil - CNPq. Além disso, a CAPES e a FAPERJ pelo apoio a este trabalho por meio de diversas bolsas e subsídios. E à equipe IMPACTON, em particular, a A. Santiago e R. Souza, pelo suporte técnico no OASI.

Tri-dimensional size and shape of Quaoar using multi stellar occultations

G. Margoti¹, F. Braga-Ribas^{1,2,3}, B. Morgado^{4,3}, B. Sicardy⁵, J. Desmars^{6,7}, J. L. Ortiz⁸, R. Vieira-Martins^{2,3}, J. I. B. Camargo^{2,3}, M. Assafin^{4,3}, A.R. Gomes-Júnior^{9,3}, C. L. Pereira^{2,3}, The Rio Group, The Lucky Star Team and The Observers Team.

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná (PPGFA/UTFPR-Curitiba).

² Observatório Nacional/MCTI.

³ Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia - LIneA & INCT do e-Universo.

⁴ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Observatório do Valongo.

⁵ LESIA, Observatoire de Paris.

⁶ Institut Polytechnique des Sciences Avancées IPSA.

⁷ Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Éphémérides, IMCCE.

⁸ Instituto de Astrofísica de Andalucía, IAA-CSIC.

⁹ Universidade Federal de Uberlândia

E-mail: giulianomargoti@alunos.utfpr.edu.br

Quaoar is one of the largest Trans-Neptunian objects known so far. It was discovered in 2002 and is a candidate to be recognized as a dwarf planet. Quaoar has a satellite, Weywot (Brown & Trujillo, 2004), and recently, two rings were discovered around this TNO (Morgado et al., 2023; Pereira et al., 2023). In 2011, a stellar occultation by Quaoar resulted in a determination of its diameter of $1.145.0 \pm 20.5$ km (Braga-Ribas et al., 2013). Knowing Quaoar's three-dimensional shape is of utmost importance to constrain its interior and its rings' dynamics. In this work, we present our results for Quaoar size, shape, and rotation period using data from 12 multi-chord stellar occultations observed from 2011 to 2023. We analyzed 127 stellar occultation chords and employed a Monte Carlo optimization method combined with a chi-squared statistical approach (Morgado et al., 2021) to derive a global three-dimensional representation of Quaoar. We aimed to find the best-fitting model that aligns with all the observational data, including rotation light-curve amplitude and period. Subsequently, we assessed whether its shape could be accurately described as a Maclaurin spheroid or a Jacobi ellipsoid. These investigations also gave valuable insights regarding the typical topographic features on the surface of Quaoar.

References

- Braga-Ribas, F et al. 2013, 26, 773. doi:10.1088/0004-637X/773/1/26
Brown, M. E. & Trujillo, C. A. 2004, 127, 2413. doi:10.1086/3825137
Fornasier, S et al. 2013, 22, 555. doi:10.1051/0004-6361/201321329
Morgado, B. E. et al. 2021, 141, 652. doi.org/10.1051/0004-6361/202141543
Morgado, B. E. et al. 2023, 239, 243. doi:10.1038/s41586-022-05629-6
Pereira, C. L. et al. 2023, 12, 673. doi:10.1051/0004-6361/202346365

Acknowledgments

I would like to thank the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for the master's scholarship number 88887.705245/2022-00

Evaluación de los volcanes de la Isla Decepción en la Antártida y el Nevado del Ruíz en Colombia como análogos astrobiológicos terrestres de Marte

Leal M. A.^{1,2}, Tovar D.^{1,2}, De Pablo M. A.³, Bonilla, A.⁴, Sánchez, J.⁴, Tchegliakova, N.⁵, Leone, G.⁶, & San Martín, J.⁷

¹ Grupo de Ciencias Planetarias y Astrobiología GCPA, Universidad Nacional de Colombia y Corporación Científica Laguna, Bogotá, Colombia.

² Programa doctoral en investigación espacial y astrobiología, Universidad de Alcalá, 28805 Alcalá de Henares, España.

³ Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente, Universidad de Alcalá, 28805 Alcalá de Henares, España.

⁴ Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

⁵ Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

⁶ Instituto de Investigación en Astronomía y Ciencias Planetarias, Universidad de Atacama, Copiapó, Chile.

⁷ Technische Universität Bergakademie Freiberg, 09599 Freiberg, Alemania.

Correo Electrónico: malelall@unal.edu.co / maria.leal@uah.es

En Colombia hay múltiples ambientes extremos que podrían llegar a ser considerados como análogos de Marte. Es importante señalar que hasta la fecha no se ha realizado una evaluación orientada a su denominación como análogos, ni mucho menos, su relación con la posibilidad de vida en Marte desde el punto de vista de las relaciones geobiológicas (microorganismos). Dentro de estos ambientes se destacan el Volcán Nevado del Ruíz, un estratovolcán cubierto en su cima, a unos 5000 msnm, por un glaciar (Toro, Borrero & Ayala, 2010). En términos composicionales, las lavas del volcán corresponden a basaltos y andesitas porfiríticas (Rayo, 2012). El volcán Nevado del Ruíz puede alcanzar temperaturas de -6°C en la noche y de 0°C al mediodía en las partes altas que corresponden a los sectores de mayor altura asociados a la línea de nieve (Giraldo, Mejía, y Zambrano, 2018). Teniendo en cuenta los datos aportados por el rover Spirit de NASA sobre el cráter Gusev en Marte, es posible afirmar que la superficie de Marte está compuesta principalmente por rocas de origen volcánico cuya composición es de tipo basáltica (Pantazidis et al., 2019). En cuanto a su temperatura, se reporta que, en horas de la tarde, en la superficie pueden presentarse temperaturas de 2°C (Richardson & Newman, 2017); de modo que el volcán Nevado del Ruíz puede ser un análogo marciano desde un enfoque ambiental, geológico y geoquímico.

Por otro lado, lugares como la Antártida, que en sectores como los Valles secos han sido reportados previamente como análogos de Marte, sirven como modelos de mecanismos y condiciones en las cuales la vida logra habitar en condiciones extremadamente frías y secas, más similares a las que se pueden encontrar en Marte.

El hecho de poder caracterizar y evaluar geológica y geoquímicamente a la Isla Decepción para establecer los parámetros que harían de este lugar un análogo terrestre, permitiría la realización de diferentes proyectos de investigación en temas de geología planetaria, astrobiología y geomicrobiología sin tener que estructurar costosos proyectos cuyos costos serían insostenibles para el medio local.

Referencias

- Giraldo, L., Mejía, F., & Zambrano, J. (2018). Sistema Integrado de Monitoreo Ambiental de Caldas - Simac. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Pantazidis, A., Baziotis, I., Solomonidou, A., Manoutsoglou, E., Palles, D., Kamitsos, E., . . . Asimow, P. (2019). Santorini volcano as a potential Martian analogue: The Balos Cove Basalts. *Icarus*, 325, 128-140.
- Rayo, L. (2012). Evolución geoquímica y térmica del Volcán Nevado del Ruíz, Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Richardson, M., & Newman, C. (2017). Martian Mesoscale Flows over Topography Driven by the Diurnal Cycle of Temperature. American Astronomical Society DPS meeting #49. Provo.
- Toro, L., Borrero, C., & Ayala, L. (2010). Petrografía y geoquímica de las rocas ancestrales del Volcán Nevado del Ruíz. *Boletín de Geología*, 32(1), 95-105.

Enfoque semianalítico para confirmar nuevos coorbitales de alta excentricidad e inclinación en el Sistema Solar

Nicolas Pan Rivero¹, Tabaré Gallardo¹

¹ Departamento de Astronomía, Instituto de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

E-mail: npan@fisica.edu.uy, (gallardo@fisica.edu.uy)

La dinámica coorbital es muy interesante ya que su estudio nos puede dar información sobre los orígenes del Sistema Solar. El caso más estudiado en la literatura son los Troyanos de Júpiter. Exceptuando a Mercurio, todos los planetas del Sistema Solar tienen coorbitales descubiertos. Dichos objetos se pueden mover en distintos tipos de orbitas, como troyanos, como cuasi-satélites o como herraduras. La estabilidad de estos movimientos ha sido debatido ampliamente [1,2].

Recordemos que en el caso plano y circular, solamente tenemos dos puntos de equilibrio para el movimiento coorbital. Los objetos que se mueven en dichos puntos de equilibrio son llamados troyanos y libran en torno a $\pm 60^\circ$. Son los puntos conocidos como L4 y L5. Es importante notar que si la excentricidad o la inclinación del cuerpo secundario crece, estos puntos cambian su posición. En este trabajo, usamos una teoría semianalítica [3] útil para estudiar cualquier resonancia, en este caso la 1:1. La misma nos permite calcular numéricamente el Hamiltoniano y los puntos de equilibrio, así como los anchos de las resonancias y los períodos de libración. La ventaja de usar esta teoría es que no tenemos ninguna restricción en excentricidad ni en inclinación. Nuestro objetivo es poner a prueba este modelo y estudiar objetos ya descubiertos para confirmar su candidatura como coorbitales. Así, mapeamos la ubicación de los puntos de equilibrio para altas excentricidades e inclinaciones y buscamos candidatos en el catálogo de NASA Horizons que estén en concordancia con este tipo de orbitas.

En este trabajo, presentamos los nuevos candidatos descubiertos y una comparación de su evolución dinámica utilizando la teoría semianalítica mencionada e integraciones numéricas.

Referencias

- [1] Scholl, H., et al. The instability of Venus trojans. *The Astronomical Journal*, 130(6), 2912.
- [2] Čuk, M., et al. Long-term stability of horseshoe orbits, 2012. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 426(4), 3051-3056.
- [3] Gallardo, T. Three-dimensional structure of mean motion resonances beyond Neptune. 2020. *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, 132(2), 9.

Agradecimientos

Agradecemos a la Comisión Académica de Posgrado (CAP) y a la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) por el apoyo financiero para realizar esta investigación.

Cambio en las propiedades polarimétricas de asteroides debido a la rotación

Ricardo Gil-Hutton^{1,2}

¹ Universidad Nacional de San Juan, Argentina

² CONICET, Argentina

Correo Electrónico: ricardo.gil-hutton@conicet.gov.ar

El objetivo principal de la polarimetría de asteroides es caracterizar sus superficies determinando sus propiedades físicas mediante el ajuste de las observaciones a una curva de fase-polarización. En su última versión el Catálogo de Curvas de Polarización de Asteroides incluye curvas y parámetros polarimétricos de muy buena calidad para casi 300 asteroides del cinturón principal e incluye observaciones para casi 800 objetos (Gil-Hutton & García-Migani, 2017).

Usualmente la dispersión de las observaciones alrededor de la curva fase-polarización que da el mejor ajuste es mínima pero en algunos casos la dispersión puede alcanzar valores de 0,1 – 0,2 % que no son valores razonables para la precisión de los actuales polarímetros. Si bien esta dispersión puede ser el resultado de datos de baja calidad o incluso una mala calibración, es posible que se deba al cambio en las propiedades polarimétricas de la superficie producido por la rotación del objeto tal como sucede con (16) Psyche (Castro-Chacón et al., 2022). En esta presentación se muestran los resultados obtenidos recientemente para algunos asteroides que presentan una dispersión significativa en sus valores polarimétricos con el objeto de verificar si la misma se debe a cambios en la superficie o no.

Referencias

Castro-Chacón, J. H., Gil-Hutton, R., Ramírez Vélez, J., & Reyes-Ruiz, M. 2022, Planet. Space Sci., 213, 105428

Gil-Hutton, R. & García-Migani, E. 2017, A&A, 607, A103

Aplicação do modelo de Hapke para determinação de propriedades físicas do asteroide (25143) Itokawa

Rodolpho G. Degen¹, Jorge M. F. Carvano¹

¹ Observatório Nacional, ON, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

E-mail: rodolphodegen@on.br, carvano@on.br

As superfícies de corpos planetários possuem estruturas complexas pois apresentam diferentes minerais em sua composição, diferentes texturas e relevos. Há um conjunto de modelos matemáticos que se propõe a descrever a interação da luz com materiais porosos como o regolito de asteroides. O modelo mais utilizado para com essa finalidade é o modelo de Hapke (Hapke, et al. 2012). O modelo de Hapke é capaz de descrever a interação da luz com superfícies planetárias e é comumente utilizado para descrever as propriedades físicas do regolito de corpos do sistema solar a partir da reflectância em sua superfície.

A missão espacial Hayabusa I (Kawaguchi et al. 1999) visitou o asteroide (25143) Itokawa em 2005 e obteve muitas observações no infravermelho próximo. Kitazato et al. (2008) utilizou os dados do instrumento NIRS/Hayabusa para aplicar o modelo de Hapke. Porém, a metodologia escolhida para os ajustes não parecia adequada e gerava problemas nos resultados. A partir dessas questões e considerando os avanços do modelo de Hapke desde então escolhemos utilizar uma versão do modelo de Hapke de maneira mais coerente com suas hipóteses e baseada apenas em parâmetros físicos. O modelo que escolhemos leva em consideração o efeito de oposição por ocultação de sombras, consideramos o fator de porosidade e também os efeitos da rugosidade macroscópica. Não utilizamos, no entanto, o efeito de oposição por retro espalhamento coerente por não possuir uma relação com parâmetros físicos embasada em laboratório. Os parâmetros escolhidos para serem ajustados foram: o fator de preenchimento, o fator de rugosidade macroscópica, o volume de ferro e o tamanho efetivo das partículas.

O primeiro parâmetro ajustado foi o volume de Ferro. Obtivemos uma distribuição desse parâmetro sobre a superfície do asteroide e observamos que a região de maior volume de ferro médio é a região de *Little Woomera*, região de baixo albedo e a região de maior volume de ferro médio é uma região ao redor de *Kakuta Boulder*, uma região de alto albedo. Além disso a partir de uma relação encontrada entre o fator de preenchimento e o tamanho efetivo das partículas, conseguimos ajustar os parâmetros restantes para regiões específicas, mesmo que ainda seja necessário alguns testes para garantir a confiabilidade dos valores encontrados.

Referências

- Hapke, et al. (2012). Theory of Reflectance and Emittance Spectroscopy. Cambridge University Press;
- Kawaguchi et al. (1999). The MUSES-C, mission description and its status. Acta Astronautica, Volume 45, Issue 4, p. 397-405.;
- Kitazato, et al. (2008). Near-infrared spectrophotometry of Asteroid 25143 Itokawa from NIRS on the Hayabusa spacecraft. Icarus, v. 194, n. 1 (mar.), pp. 137–145.;

Agradecimentos

Agradeço a CAPES pelo apoio financeiro e ao ON pelo ambiente favorável à minha pesquisa.

La reducción de materia del cinturón de asteroides. Pérdida bajo forma de cuerpos macrocÓpicos versus polvo zodiacal

Julio A. Fernández¹

¹ Departamento de Astronomía, Facultad de Ciencias, UdelaR, 11400 Montevideo, Uruguay

Correo Electrónico: julio@fisica.edu.uy

Este trabajo presenta una evaluación de la tasa de pérdida de masa actual del cinturón de asteroides basada en diversos estudios tanto propios como de otros autores (ver, por ejemplo, las referencias al pie). Desde su formación, el cinturón de asteroides ha estado sujeto a una evolución colisional que ha conducido a una progresiva pérdida de masa. Las colisiones producen fragmentos que pueden ser inyectados en diferentes resonancias de movimiento medio o seculares, las que excitan altas excentricidades orbitales. Esto lleva a los fragmentos a acercarse a los planetas terrestres o a Júpiter donde son expuestos a su influencia gravitacional que los remueven finalmente del cinturón. La dinámica de estos fragmentos está también influenciada por la anisotrópica emisión térmica de sus superficies rotantes calentadas por la radiación solar, lo cual genera un impulso neto (efecto Yarkovsky) que mueve los fragmentos hasta alcanzar alguna resonancia. Pero no toda la materia se pierde bajo la forma de objetos macroscÓpicos: parte de los objetos seguirán su evolución colisional, antes de que sus órbitas sean excitadas y removidas, hasta convertirse en polvo meteorítico que se incorpora a la nube zodiacal. La evolución de este polvo está dictada por las fuerzas asociadas a la radiación solar (resistencia de Poynting-Robertson y presión de la radiación solar). Una estimación preliminar da una tasa actual de pérdida de masa del cinturón de asteroides de $\sim 10^{-4} \text{ Ma}^{-1}$ de su masa total, la mayoría bajo forma de polvo meteorítico. La extrapolación de este resultado hacia el pasado sugiere que la masa total del cinturón de asteroides no ha sufrido grandes variaciones al menos por los últimos 3.5 Ga, siempre que asumamos que la tasa de pérdida de masa actual representa un valor promedio. Estos resultados con sus incertidumbres asociadas serán discutidos en esta presentación.

Referencias

Nesvorný, D., Roig, F., Dynamical origin and terrestrial impact flux of large near-Earth asteroids. *Astron. J.* 155:42 (7pp), 2018.

Fernández, J.A., Helal, M., On the observed excess of large Mars-crossers in high-inclination orbits. *Icarus* 394, 115398, 2023.

Agradecimientos

Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) por el apoyo financiero.

Curvas de Luz Orbitais de Cometas Periódicos Observados no SWAN/SOHO

Eduardo Rondón¹, Fernando Roig¹, Daniela Lazzaro¹ Freddy Fernandez²

¹ Observatório Nacional, Rua Gal. José Cristino 77, 20921-400, Rio de Janeiro, Brasil

² Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias, Departamento de Física, Grupo de Física de la Materia Condensada, Mérida, Venezuela

E-mail: erondon@on.br

As curvas de luz orbitais de cometas nos da informação sobre o estágio nuclear e da coma de um cometa. Usando estas curvas é possível determinar diferentes parâmetros da atividade entre as quais se encontram o ponto de encendido e apagado do núcleo, a magnitude absoluta deste e da coma, assim como a idade relativa do cometa. Neste trabalho primeiro tem-se estudado a equação de correlação entre a taxa de produção de água e a magnitude relativa dos cometas observados no SWAN/SOHO, esta equação de correlação é usada para modelar a curva de luz orbital de 16 cometas periódicos. O modelo é comparado com o envelope dos dados obtidos no Comet Observation Database (COBS) e o Minor Planet Center (MPC). A modelagem tem nos permitido estimar o diâmetro efetivo do núcleo, o albedo geométrico, a integral de fase o albedo de Bond, a região total ativa, a influência da condutividade térmica e a orientação do eixo de rotação. Por último, temos estudado a correlação entre os parâmetros orbitais e físicos do cometa derivados das suas curvas de luz.

Agradecimentos

E.R., e D.L gostariam de agradecer a FAPERJ pelo auxílio dado a este trabalho através da bolsa (E-26/204.602/2021) e o auxílio (E-26/201.001/2021), respectivamente. F. R. e D.L agradece ao CNPq pelos auxílios (306009/2019-6) e (310964/202-2), respectivamente. F.F. agradece a CD-CHTA da Universidade de Los Andes pelo auxílio NUAA-03-11-05-B.

Stellar Occultation by Satellites of TNOs

Felipe Braga-Ribas¹, Frederic Vachier², Josselin Desmars^{2,3}, The Lucky Star team⁴

¹ Federal University of Technology - Paraná, UTFPR, Curitiba (PR), Brazil

² Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Éphémérides, IMCCE, Observatoire de Paris, PLS Research University, CNRS, Sorbonne Universités, UPMC, Paris, France.

³ Institut Polytechnique des Sciences Avancées IPSA, Ivry-sur-Seine, France.

⁴ <https://lesia.obspm.fr/lucky-star/team.php>.

E-mail: fribas@utfpr.edu.br

Numerical simulations can now investigate the early stages of planetary embryo formation. The streaming instability process aerodynamically collects the pebbles into a self-gravitating cloud with enough mass to collapse and form the planetesimals (Nesvorný et al., 2020). One remarkable result of these simulations is that, depending on the cloud's initial conditions almost 100% of the planetesimals are binaries. One group of TNOs, the Cold Classical, has probably kept their original properties, as they lay in an almost undisturbed dynamical region. The relatively high number of binaries in that region argues in favor of the idea that all small objects were formed in pairs (Fraser et al., 2017). Different techniques were used to search for binaries, but they found a fraction of 30% of binaries at most (Noll et al. 2020). One explanation for the discrepancy may be the difficulty of discovering such systems. The majority of the largest Trans-Neptunian Objects have large satellites. Most of the information on the physical properties of the satellites comes from direct observations made with HST and Herschel Space Telescope. The new third-meter class telescopes may provide information on the surface of these bodies using spectroscopy, but determining their shapes and densities will continue to be a challenge. Using stellar occultation to detect and characterize satellites of TNOs is the best practical approach to determine their sizes and shape with precision. Direct observations are needed to calculate their orbits and ephemeris (Vachier et al., 2012). This associated with precise ephemeris for the main body has already proven to be precise enough for successful observational campaigns. The first detection of a TNO's satellite, not considering the Pluto system, occurred in March 2014 by the satellite of Orcus, Vanth. Two occultations by Hi'iaka the largest satellite of Haumea, and three occultations by Weywot, using the same methodology, have also been successful. Other serendipitous observations of Vanth, Weywot, and the satellites of 2000 YW134, have already been reported. Other stellar occultation events have also revealed some TNOs' double nature, such as Chaos, 2005 TV189, and 2014 WC510. In this work, we will present some of the first results obtained so far on the field.

References

- Nesvorný, D. et al., "Binary Planetesimal Formation from Gravitationally Collapsing Pebble Clouds", *PSJ*, vol. 2, no. 1, 2021. doi:10.3847/PSJ/abd858.
- Fraser, W. C., et al., "All planetesimals born near the Kuiper belt formed as binaries", *Nature Astronomy*, vol. 1, 2017. doi:10.1038/s41550-017-0088.
- Noll, K., et al., "Trans-Neptunian binaries (2018)", in *The Trans-Neptunian Solar System*, 2020, pp. 201–224. doi:10.1016/B978-0-12-816490-7.00009-6.
- Vachier, F., et al., "Determination of binary asteroid orbits with a genetic-based algorithm", *A&A*, vol. 543, 2012. doi:10.1051/0004-6361/201118408.

Dynamics of Coorbital Particles around Asteroid Didymos after DART Impact

Andre Amarante¹, Othon Winter¹, Rai Machado¹, Rafael Sfair¹, Andreza Martin¹, Giulia Valvano¹, Gabriel Borderes¹

¹ Universidade Estadual Paulista, UNESP, Guaratinguetá (SP), Brazil

E-mail: andre.amarante@unesp.br

NASA's Double Asteroid Redirection Test (DART) mission successfully performed the first experiment of a kinetic impactor for asteroid deflection by impacting Dimorphos, the satellite of near-Earth binary asteroid (65803) Didymos, as a planetary defense test. The observations have shown a complex evolution of the ejecta from the surface of Dimorphos with an extensive population of comoving boulders around asteroid Didymos. The Hera spacecraft is planned to image the materials ejected from the surface of Dimorphos in 2026. Thus, the coorbital region around the asteroid Didymos may eventually trap particles from these materials that the Hera mission might detect later in a binary asteroid system for the first time. This work explores the temporary evolution and stability of coorbital particles orbiting the binary asteroid (65803) Didymos after the DART impact. To achieve this, we have considered an ejecta model to study the dynamics of the ejected particles after the DART impact on Dimorphos. We simulated the movement of particles for a range of Dimorphos' escape speeds and different opening angles for the ejecta cone to observe the most frequent coorbital orbits around the asteroid Didymos. We discovered that certain particles ejected from the surface of Dimorphos were able to survive in a temporary stable coorbital motion around Didymos, at least for a duration similar to the arrival time of Hera. Our numerical simulations indicate the presence of temporary coorbital particles in Tadpole and Horseshoe orbits. Additionally, we have observed trajectories of coorbital particles switching between these two types of orbits. We have also analyzed the effects of particle impacts on both components and determined the locations where fallen particles are most likely to land on the surfaces of Didymos and Dimorphos. These results give insights into this binary system's topographic environment that could guide future observations from the Hera space probe.

References

David Jewitt, et al., The Dimorphos Boulder Swarm, *ApJL*, Volume 952, Number 1, 2023.
Matija Čuk, et al., Long-term Stability of Horseshoe Orbits, *MNRAS*, Volume 426, Issue 4, 2012.

Acknowledgments

A. Amarante thanks the São Paulo State University (UNESP), School of Engineering and Sciences, Campus Guaratinguetá (grant 06/2023-PROPe - IEPe-RC), the Center for Scientific Computing (NCC/GridUNESP) of the São Paulo State University (UNESP), the Center for Mathematical Sciences Applied to Industry (CeMEAI), funded by FAPESP (grant 2013/07375-0), and FAPESP, for financial support.

Didymos Primary's Close-to-Critical Fast Spin: Effects on Mass Transfer and External Morphology of binary components

Nair Trógolo^{1,2}, Laura M. Parro^{2,3}, Adriano Campo Bagatin², Carlos Millas², Alejandro Martín Leiva¹, Fernando Moreno⁴

¹ Observatorio Astronómico de Córdoba, Córdoba, Argentina

² Universidad de Alicante, Alicante, España

³ Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España

⁴ Instituto de Astrofísica de Andalucía, CSIC, Granada, España

E-mail: nair.trogolo@unc.edu.ar

The primary of the NEA binary system (65603) Didymos is supposed to be a rubble pile asteroid, with a fast rotational period (2.2600 ± 0.0001 h) [Pravec et al., 2005], placing it near the critical stability limit. Trógolo, et al. (2023) have demonstrated that this asteroid may experience regolith loss from its equatorial region, as the centripetal force can potentially overcome the local surface gravity. In this study, we aim to refine our previous research by using the latest orbital and physical parameters of the binary, which have been provided by NASA's DART investigation team [Naidu et al., in preparation]. To achieve this, we developed a numerical code that integrates the equation of motion for particles initially at rest on each facet of the Didymos shape model. Furthermore, we examine the a_C/g ratio (the ratio of centripetal to gravitational acceleration) at the equator, exploring scenarios where this relationship exceeds unity or not. We analyze the implication of Didymos' actual spin state on its recent history. If Didymos is beyond its critical spin state, how long does this persist? Could it be a sign of a recent impulsive event? Alternatively, it might be in a steady critical state with no equatorial acceleration and no mass lift-off. Our results confirm the feasibility of particles detaching from the surface of Didymos under certain sets of primary body physical parameters. Moreover, we have identified evidence of mass transfer between Didymos and its moonlet, Dimorphos. We compared the obtained results with the images taken by DART spacecraft and LICIACube to provide a possible explanation for their external stony configuration seen before the impact test.

References

Naidu et al., in preparation

Pravec, P., 56 colleagues, 2006. Photometric survey of binary near-Earth asteroids. *Icarus* 181, 63–93.

Trógolo, N., Campo Bagatin, A., Moreno, F., Benavidez, P. G. 2023. Lifted particles from the fast spinning primary of the Near-Earth Asteroid (65803) Didymos. *Icarus* 397.

O experimento DART testemunhado pelo CubeSat Italiano LICIACube

P. H. Hasselmann¹, E. Dotto¹, J.D.P. Deshapriya¹, V. Della Corte², I. Gai³, M. Dall’Ora², E. Mazzotta-Epifani¹, S. Ieva¹, S. Ivanovski⁴, A. Zinzi⁵, G. Poggiali^{6,7}, G. Zannoni³, A. Rossi⁸, M. Lavagna⁹, A. Cheng¹⁰, N. Chabot¹⁰, A. Rivkin¹¹, M. Hirabayashi¹², T. Farnham¹³ and LICIACube & DART Teams.

¹ INAF-Osservatorio Astronomico di Roma, Roma, Italia. ² INAF-Osservatorio Astronomico di Capodimonte, Nápoles, Italia. ³ AMS - Univ. di Bologna, Forlì, Italia. ⁴ INAF-Osservatorio Astronomico di Trieste, Trieste, Italia. ⁵ Agenzia Spaziale Italiana, Roma, Italia. ⁶ INAF-Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Florença, Italia. ⁷ LESIA-Observatoire de Paris, Meudon, Île-de-France, França. ⁸ IFAC-CNR, Sesto Fiorentino, Florença, Italia. ⁹ Politecnico di Milano, Milano, Italia. ¹⁰ JHU/APL, Maryland, EUA. ¹¹ Univ. of Maryland, Dep. of Astronomy, EUA. ¹² Georgia Institute of Technology, Atlanta, EUA. ¹³ Univ. of Maryland, College Park, Maryland, EUA.

E-mail: pedro.hasselmann@inaf.it

Em 26 de Setembro de 2022, o experimento DART teve sucesso quando intencionalmente colidiu contra Dimorphos, o asteroide secundário do sistema binário com (65803) Didymos, modificando em -33 minutos o seu período orbital e provando a capacidade do redirecionamento cinético como sistema de defesa planetária. Os primeiros 4 minutos da evolução da pluma de ejeção foram testemunhados pelo CubeSat italiano LICIACube, obtendo centenas de imagens do evento com duas câmeras: a monocromática LEIA e a RGB Bayer LUKE.

As imagens de LICIACube mostram uma pluma com estruturas complexas opticamente fina a densa com amplo ângulo de abertura. Estes dados permitiram uma primeira classificação das estruturas, e as estimativas de massa e velocidades [1,2]. Primeiros resultados sobre a geometria da pluma mostram portanto uma pluma elíptica e com o vetor de orientação e centro de convergência do cone decalados em respeito do vetor de impacto [3,4]. Um trabalho em andamento de reconstrução 3D de estruturas e blocos ejetados experimenta estimar a posição e velocidades de estruturas na pluma para melhor apurar o momento produzido [5,6]. Inesperada no entanto foi a detecção de uma ejeção secundária partindo da superfície de Didymos, cuja a propriedade e origem estão em análise [7].

LICIACube também relevou propriedades da superfície de Didymos através da curva de fase [8]. A morfologia da curva indica uma semelhança com asteróides do tipo C e Cg, e seu análogo meteorítico espectral do tipo condrito LL (Dunn et al., 2013), assim como um albedo menos elevado que tipos S habituais. Didymos poderia ser portanto um condrito LL com indícios de obscurecimento da matriz por derretimento e choques devido a impactos incorporados durante sua formação e com possível renovamento da superfície.

LICIACube é o primeiro CubeSat com objetivo científico a operar no meio interplanetário. Os dados obtidos pelo CubeSat fornecem informações cruciais para compreender o resultado do experimento DART e se encontram ainda em análise, prometendo contínuos estudos para os próximos anos.

Referências [1]Dotto, E., Deshapriya, J. D., Gai, I., et al. Nature, 2023 (in sub.). [2]A. F. Cheng, S. D. Raducan, M. Jutzi, T. L. Farnham, E. Dotto. NatComm, 2023 (in sub.). [3]Deshapriya, J. D. P., Hasselmann, P. H., Gai, I., et al. PSJ, 2023 (in sub.).[4]M. Hirabayashi, T. L. Farnham, J. D. P. Deshapriya, S. D. Raducan et al. NatComm, 2023 (in sub.). [5]P. H. Hasselmann, J.D.P. Deshapriya, S. Ivanovski, et al. 2024 (in prep.). [6]Farnham T. L. Hirabayashi M. Deshapriya J. D. P., Hasselmann P. H., Dotto E. et al. ACM, 2023. [7]Mazzotta Epifani E. Dall’Ora M., Dotto E., Della Corte V., et al. ACM, 2023. [8]P. H. Hasselmann, V. Della Corte, P. Pravec, S. Ieva, I. Gai et al. PSJ, 2023 (in sub.). [9]Dunn, T. L., Burbine, T. H., Bottke, W. F., & Clark, J. P. 2013. Icarus 222, 273.

Agradecimentos Esta pesquisa é financiada pela Agenzia Spaziale Italiana (ASI) no âmbito do projeto LICIACube (acordo ASI-INAf AC No. 2019-31-HH.0 CUP F84I190012600).

Detection and physical characterization of binary asteroids

Filipe Monteiro¹, Julian Oey², Wesley Pereira¹, Marçal Evangelista-Santana¹, Eduardo Rondón¹, Plícida Arcoverde¹, Jonatan Michimani¹, José Silva-Cabrera³, Teresinha Rodrigues¹, Daniela Lazzaro¹

¹ Observatório Nacional, Rua Gal. José Cristino 77, CEP 20921-400, Rio de Janeiro, Brazil

² Blue Mountains Observatory, 94 Rawson Pde. 2780 Leura, New South Wales 2780, Australia

³ CONAHCYT - Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México (IA-UNAM), AP 106, Ensenada 22800, BC, Mexico

E-mail: filipeastro@on.br

The identification of binary systems among small bodies in the Solar System has grown significantly in recent years, mainly due to the increase in the number of photometric lightcurves. The study of these objects allows us to derive a range of properties, such as dimensions, shapes, rotation periods and orbital properties of the systems' components. Furthermore, binary asteroids provide unique conditions for obtaining the density and masses of components from Earth, which is critical to achieving a better understanding of the internal structure and composition of asteroids.

Here, I will present the results derived from the analysis of data obtained at the Observatório Astronômico do Sertão de Itaparica (OASI, Brazil), as well as at the Observatorio Astronómico Nacional de San Pedro Mártir (OAN-SPM, Mexico) and at the Blue Mountain Observatory (BMO, Australia). Lightcurve observations were carried out using sidereal tracking and an R-Johnson-Cousins filter, while observations to derive color indices were made using the SDSS filters (g, r, i, z). The science images were calibrated following the standard procedures, including bias, dark and flat-field images.

Our results from the physical characterization of binary systems, in particular those in the near-Earth region, include the orbital period, spin direction, shape model, as well as color indices and photometric spectrum. In particular, we carried out a complete characterization for the 2017 YE5 system, whose results indicate that it is a possible extinct comet (Monteiro et al. 2021), showing, for example, that its density can be from 0.6 to 1.2 g/cm³. In addition, I will present some NEOs for which we found signatures of a satellite in their lightcurves, as shown in Monteiro et al. (2023), indicating some new possible binaries in the near-Earth region. Finally, I highlight the importance of an observatory network in order to optimize the characterization of binary asteroid systems, aiming to attract new collaborators in South America.

References

- Monteiro, F., Rondon, E., et al. (2021). Physical characterization of equal-mass binary near-Earth asteroid 2017 YE5: a possible dormant Jupiter-family comet. *MNRAS* 507, 5403-5414.
- F. Monteiro, D. Lazzaro, et al. (2023) Lightcurve analysis of near-Earth objects from the IMPACTON project: Evidence of binary systems and cohesion strength. *Icarus*, v. 390, 115297.

Acknowledgments

The authors would like to thank CAPES, FAPERJ and CNPq for supporting this work through diverse fellowships and grants. The authors also are grateful to the IMPACTON team, in particular, to A. Santiago and R. Souza for the technical support at OASI.

Dinámica resonante en la región de Centauros

Tabaré Gallardo¹

¹ Universidad de la República, Montevideo, Uruguay

Correo Electrónico: gallardo@fisica.edu.uy

La región entre los planetas gigantes presenta una dinámica muy compleja debido a las fuertes perturbaciones que estos planetas generan. En esa región se encuentran los Centauros y los coorbitales de los planetas gigantes y es visitada por cometas, Damocloides y hasta por transneptunianos con perihelios menores a la órbita de Neptuno. Presentaremos parte del estudio dinámico de la región realizado por Di Sisto et al. (2024) en base a mapas dinámicos y atlas de resonancias obtenidos con el modelo de Gallardo (2020). Discutimos las características de las resonancias para órbitas directas, polares y retrógradas. Analizando la población conocida identificamos algunos Centauros en resonancias y estudiamos su evolución.

Referencias

Di Sisto, Gallardo, Dones, Dynamics of Centaurs and links to scattering and Jupiter-family comet populations, en preparación, 2024.

Gallardo, Three dimensional structure of mean motion resonances beyond Neptune, CMDA 132:9, 2020.

Agradecimientos

CSIC-Udelar, por el apoyo financiero al proyecto *Dinámica Secular y Resonante en Sistemas Planetarios*. PEDECIBA.

Main belt asteroids taxonomical information from Dark Energy Survey data

V. Carruba^{1,2}, J. I. B. Camargo, ^{3,2}, S. Aljbaae⁴, +52 co-authors, DES Collaboration

¹ São Paulo State University (UNESP), School of Natural Sciences and Engineering

² Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia - LIneA, Brazil

³ Observatório Nacional, Rua Gal. José Cristino 77, Rio de Janeiro, RJ - 20921-400, Brazil

⁴ National Space Research Institute (INPE), Division of Space Mechanics and Control, C.P. 515, 12227-310, São José dos Campos, SP, Brazil

E-mail: valerio.carruba@unesp.br

While proper orbital elements are currently available for more than 1 million asteroids, taxonomical information is still lagging behind. Surveys like SDSS-MOC4 provided preliminary information for more than 100,000 objects, but many asteroids still lack even a basic taxonomy. In this study, we use Dark Energy Survey (DES) data to provide new information on asteroid physical properties. By cross-correlating the new DES database with other databases, we investigate how asteroid taxonomy is reflected in DES data. While the resolution of DES data is not sufficient to distinguish between different asteroid taxonomies within the complexes, except for V-type objects, it can provide information on whether an asteroid belongs to the C- or S-complex. Here, machine learning methods optimized through the use of genetic algorithms were used to predict the labels of more than 68 000 asteroids with no prior taxonomic information. Using a high-quality, limited set of asteroids with data on *gri* slopes and *i - z* colors, we detected 409 new possible V-type asteroids. Their orbital distribution is highly consistent with that of other known V-type objects.

References

Carruba V., +54 co-authors, Main belt asteroids taxonomical information from DES data, MNRAS, 2023, under review.

Acknowledgments

We would like to thank the Brazilian National Research Council (CNPq, grant 304168/2021-1). J.I.B.C. acknowledges grants 305917/2019-6, 306691/2022-1 (CNPq) and 201.681/2019 (FAPERJ). This is a Dark Energy Survey (DES) collaboration project, the manuscript associated with this work has been authored by Fermi Research Alliance, LLC under Contract No. DE-AC02-07CH11359 with the U.S. Department of Energy, Office of Science, Office of High Energy Physics.

Astrometry of small Solar System Bodies in dense stellar fields

J. Cavalcante¹, **J.I.B. Camargo**¹, A. Pieres², M. Assafin³, R. Vieira-Martins¹, A.R. Gomes-Junior⁴, B. Morgado³, C.L. Pereira¹, G. Benedetti-Rossi², R.C. Bouffleur^{1,2}

¹ Observatório Nacional / MCTI (RJ), Brazil

² Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia (RJ), Brazil

³ Observatório do Valongo / UFRJ (RJ), Brazil

⁴ Universidade Federal de Uberlândia (MG), Brazil

E-mail: camargo@on.br

Accurate positions of small bodies in the Solar System are important to improve their orbits and to make available accurate predictions of stellar occultations by them.

The Legacy Survey of Space and Time (LSST) will provide a deep field picture of the southern sky and of a small fraction of the northern sky. In particular, the survey will provide accurate astrometry and photometry of millions of small bodies, including tens of thousands of trans-neptunian objects (in fact, it will discover most of them). Therefore, accurate astrometry of numerous bodies of interest in regions that will not be visited by the LSST depends upon specific projects carried on mainly by small to mid-sized telescopes.

Of particular interest are those objects that have the Galactic plane as background, since we can expect a comparatively large number of occultation events by them. However, astrometric and photometric measurements in such cases are difficult due to the flux contamination from field stars. Here, we present astrometric results combining the PRAIA Astrometry Task [1] with image differencing techniques from the Difference Image Analysis Package (DIAPL2)[2-5]. Our test images are those of the Centaur (10199) Chariklo obtained with SOAR in JUL/2015, when the object was seen in a very dense stellar field. It is shown that the flux contamination from close by stars can be eliminated - or strongly attenuated - in most cases, allowing competitive positions.

References

1. Assafin M., 2023, Astrometry with PRAIA, P&SS, DOI: 10.1016/j.pss.2023.105801
2. Wozniak, P.R. 2000, Acta Astronomica, 50, 421
3. Alard, C. 2000, A&AS, 144, 363
4. Alard, C. & Lupton, R. H. 1998, ApJ, 503, 325
5. Pych, W. (private communication) - DIAPL2 code

Acknowledgments

The authors acknowledge CAPES (Financial Code 001, 88887.310463/2018-0), CNPq (305917/2019-6, 306691/2022-1650, 427700/2018-3, 310683/2017-3, 473002/2013-2, 150612/2020-6, 307368/2021-1, INCT do e-Universo/465376/2014-2), FAPERJ (465376/2014-2, 201.681/2019, E26/203.173/2016) and FAPESP (2018/11239-8).

Dinâmica Ressonante de Atlas (S XV)

Demétrio Tadeu Ceccatto¹, Nelson Callegari Jr.¹

¹ Universidade Estadual Paulista, UNESP, Rio Claro (SP), Brasil

E-mail: dt.ceccatto@unesp.br

O sucesso da missão Cassini-Huygens contribuiu para a compreensão da complexidade dinâmica que envolve os satélites naturais de Saturno. Novas efemérides foram determinadas com maior nível de precisão, o que torna possível estudar em detalhes a dinâmica orbital do satélite Atlas, em particular, as componentes seculares e ressonantes associadas às comensurabilidades de movimentos médio 54:53 Prometheus-Atlas e 70:67 Pandora-Atlas. Assim, neste trabalho, realizamos uma análise detalhada para a órbita atual de Atlas em diferentes cenários dinâmicos, o que possibilitou identificar as perturbações seculares e ressonantes devido a Prometheus e Pandora. Mapeamos no domínio das frequências a vizinhança orbital de Atlas expandindo os resultados de Ceccatto et al. (2022) em um denso conjunto de condições iniciais para o semieixo maior e excentricidade para diversos clones representando Atlas. Nossas investigações contribuíram para localizar os domínios das ressonâncias 54:53 de Corrotação e Lindblad com Prometheus, e outras ressonâncias de 1ª e 2ª ordem, além de identificar que, atualmente Atlas está localizado na borda da ressonância 70:67 com Pandora e as separatrizes dessa ressonância. Ceccatto et al. (2022) identificaram que Atlas está localizado na borda da ressonância de Corrotação 54:53 com Prometheus e as separatrizes. Mostramos que com a combinação de ambos mapeamentos no espaço de fase, há uma sobreposição entre os domínios ressonantes e, essa sobreposição, contribui para o movimento caótico observado por Cooper et al. (2015) e Renner et al. (2016). Por fim, investigamos a dinâmica orbital de Atlas no passado mapeando o espaço de fase em um denso conjunto de condições iniciais de semieixo maior e excentricidade de clones de Prometheus migrados no tempo por forças de maré. Tal abordagem revelou os domínios de uma série de ressonâncias que foram cruzadas no passado por Atlas, incluindo a coorbital.

Referências

- CALLEGARI JR., N., YOKOYAMA, T. Dynamics of the 11:10 Corotation and Lindblad Resonances with Mimas, and Application to Anthe, Icarus, 348, 113820 (2020).
- CALLEGARI JR., N., RODRÍGUEZ, A., CECCATTO, D. T. The current orbit of Methone (S/2004 S 1). *Celest. Mech. Dyn. Astr.* 133, 49pp. (2021).
- CECCATTO, D. T., CALLEGARI JR., N., RODRÍGUEZ, A. The current orbit of Atlas (S XV). *Proceedings of International Astronomical Union, IAU Symposium*, 364, 120-127 (2022).
- GIUPPONE, C. A., RODRÍGUEZ, A. MICHTCHEKNO, T. A., ALMEIDA, A. A. Past and present of the Circumbinary moons in the Pluto-Charon system. *A. A.*, 658, 18 pp. (2022).
- RENNER S.; COOPER J, N.; EL MOUTMAID M.; SICARDY B.; VIENNE A.; MORRAY C. D.; SAILLENFEST M. Origin of the chaotic motion of the Saturnian satellite Atlas. *The Astronomical Journal*, 151, 9pp. (2016).

Craterización en los satélites de Neptuno: restricciones a su origen y evolución

Natalia L. Rossignoli^{1,2} & Romina P. Di Sisto^{1,2}

¹ Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP, Argentina

² Instituto de Astrofísica de La Plata, CONICET-UNLP, Argentina

Correo Electrónico: nrossignoli@fcaglp.unlp.edu.ar

El sistema de satélites de Neptuno presenta características únicas que pueden estudiarse mediante modelos de craterización. De los 14 satélites que comprende el sistema, el más masivo es Tritón, que posee una superficie joven y una órbita retrógrada sincrónica excepcional para satélites de su tamaño. En su sobrevuelo por el sistema en 1986, la misión Voyager 2 logró capturar imágenes de la superficie de Tritón que permitieron obtener los únicos conteos de cráteres para este sistema (Schenk & Zahnle, 2007). En cambio, de los siete satélites regulares, que se encuentran dentro de la órbita de Tritón, sólo se pudieron obtener imágenes de Larisa y Proteo. En este trabajo, estudiamos los procesos de impacto en los siete satélites regulares y Tritón, aplicando un modelo desarrollado previamente que considera impactores heliocéntricos (Centauros) originados en el Disco Dispersado (e. g. Di Sisto & Rossignoli, 2020; Rossignoli et al., 2022). En el caso de Tritón, nuestro modelo sobreestima el número de cráteres observado, lo que nos motiva a cuantificar los posibles procesos que pueden modificar la superficie de este satélite. Mediante una función temporal asociada al proceso de craterización, encontramos que la superficie de Tritón tiene unos 300 millones de años. Este resultado sugiere que Tritón ha estado geológicamente activo desde su captura hasta tiempos recientes. Por otro lado, para los satélites regulares estudiamos si pueden haber sufrido impactos catastróficos que resulten en su fragmentación. En este caso encontramos que si bien en nuestro modelo los satélites regulares no reciben impactos catastróficos, las imágenes de Larisa y Proteo muestran superficies altamente craterizadas. En el caso de Larisa, encontramos que el cráter de mayor tamaño observado es compatible con nuestro modelo, mientras que en Proteo el diámetro del cráter de mayor tamaño supera nuestras predicciones y podría corresponderse a un evento excepcional que dio origen al satélite Hipocampo.

Referencias

- R. P. Di Sisto & N. L. Rossignoli. 2020, *Celest. Mech. Dyn. Astron.*, 132, 36.
N. L. Rossignoli, R. P. Di Sisto & M. G. Parisi. 2022. *A&A* 660, A127.
P. M. Schenk & K. Zahnle. 2007. *Icarus* 192.1.

(UII) Umbriel physical characteristics from the multichord stellar occultation on 2020 September 21

M. Assafin¹, S. Santos-Filho¹, B. E. Morgado¹, A. R. Gomes-Júnior², B. Sicardy³, G. Margot⁴, G. Benedetti-Rossi⁵, F. Braga-Ribas⁴, T. Laidler¹, J. I. B. Camargo⁶, R. Vieira-Martins⁶, and Occultation Team⁷

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

² Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Belo Horizonte (MG), Brazil

³ Observatoire de Paris – LESIA, Meudon, France

⁴ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Curitiba (PR), Brazil

⁵ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Guaratinguetá (SP), Brazil

⁶ Observatório Nacional, ON/MCTI, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

⁷ International Occultation Timing Association, IOTA, USA

E-mail: massaf@ov.ufrj.br

We report the results of the stellar occultation by (UII) Umbriel on 2020 September 21. The shadow crossed the USA and Canada and 19 positive chords were obtained. Photometry was made with the PRAIA package. Using the SORA package, the chords were fitted with circular and elliptical limbs, including an uncertainty parameter in the model to account for putative topographic features in the fittings. Kilometer-precise size, albedo, density and milliarcsecond-precision position were derived. Atmosphere limits were estimated. The size was compared with the radius obtained from Voyager II measurements in 1986, when the southern hemisphere was probed - the occultation probed the northern one. The circular limb gives a true radius of 582.0 ± 1.0 km for Umbriel. Upper limits for a putative ellipsoid give a true semi-major axis $a = 584.5 \pm 3.6$ km, semi-minor axes $b = c = 581.9 \pm 0.8$ km and true oblateness $e = 0.004 \pm 0.008$. The geometric albedo for the spherical shape was $p_V = 0.26 \pm 0.01$. For a mass of $(1.275 \pm 0.028) \times 10^{21}$ kg, the sphere solution gives a density of $\rho = 1.54 \pm 0.04$ g cm⁻³. An ICRS geocentric position was obtained for the occultation epoch 2020-09-21 08^h 24^m 36^s UTC: $\alpha = 02^h 30^m 28.^s84556 \pm 0.1$ mas, $\delta = 14^\circ 19' 36''.5836 \pm 0.2$ mas, with JPL DE435/URA111 ephemeris offsets $(\Delta\alpha\cos\delta, \Delta\delta) = (-1.8 \pm 0.1, -12.3 \pm 0.2)$ mas. Voyager II observed the southern hemisphere of Umbriel in 1986 giving a radius 584.7 ± 2.8 km. The 2020 occultation probed Umbriel at a distinct aspect angle in the opposite hemisphere. The occultation sizes are smaller, but in agreement with Voyager II ones. Errors are dominated by topographic features of ± 5.0 km, as indicated by the limb parameter in our fittings, in full agreement with former Voyager II image studies. We conclude that the surface characteristics of Umbriel studied with Voyager II data are similar on both hemispheres.

References

Assafin M., et al., Kilometer-precise (UII) Umbriel physical properties from the multichord stellar occultation on 2020 September 21, MNRAS, DOI: 10.1093/mnras/stad3093, 2023.

Acknowledgments

CNPq for grants 427700/2018-3, 310683/2017-3 and 473002/2013-2.

The role of resonances and secular interactions in the long-term orbital stability of small satellites of the giant planets

Nelson Callegari Júnior¹

¹ Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP/SP, Brazil

E-mail: nelson.callegari@unesp.br

The giant planets of the Solar System have clouds of dozens of satellites orbiting around them. Roughly speaking, these small bodies can be classified in terms of their sizes (mean radius $\langle R \rangle$) and mean distances (d) from the parent planet into four groups as follows: I) close-in bodies with d of the order of the planetary radius or a few, and $\langle R \rangle$ of the order of dozens of kilometers; II) mid-sized satellites with d of the order of hundreds of thousands km; III) co-orbital satellites sharing the orbits of the regular ones (class II); IV) irregular distant objects with d of the order of dozens million km. (It is import to recall those satellites which do not match these “classes”, like Triton and Nereid (Neptune), and Iapetus and Hyperion (Saturn).) Except in the cases of a few individual ground-based discoveries like Amalthea (Jupiter), Pan (Saturn), Mab (Uranus), and Hipocampo (Neptune), the large majority of the objects of class I was discovered in the 80’s by the Voyager Science Team. In the case of Saturn, the Cassini spacecraft discovered in the 2000’s several close-in bodies with $\langle R \rangle$ of the order of a few kilometers embedded in the region of class I objects. We will refer to all these small objects as class I as well.

Many satellites belonging to the group I are involved in resonance or quasi-resonance with some mid-sized satellite. A few example are the saturnian satellites Methone, Anthe and Aegaeon discovered in the Cassini images, respectively currently trapped into 15:14, 11:10 and 7:6 mean motion resonance with Mimas (see Callegari and Rodríguez 2023, Callegari et al. 2021, Callegari and Yokoyama 2020; and references therein). A great deal of works recently face the problem of long-term orbital stability of the orbits of these sort of secondaries (e.g. Charalambous et al. 2022 - Uranus; Cuk et al. 2022 - Uranus; Giuliatti Winter et al. 2020 - Neptune), and in all of them the role of the mean motion resonances appears decisive.

In this work, the physics of the resonances of several pairs are studied in deep detail in view of new simulations and also what is given in literature. The resonances involving such systems are very particular in the sense that the commensurabilities involve the ratio of large integers and also that the orbits of small satellites are “almost” coorbital with the disturbed satellite. We show how the role of the resonances are important for the long-term stability of the small satellite in view of protecting mechanics of libration of conjunctions around stable points, and several examples are shown in the case of the current orbits of the satellites. Distinction between Corotation (libration around the perturber’s pericenter) and Lindblad resonances (libration around the disturbed’s pericenter) are made quantitatively, and we show that the large majority resonant systems belong to first type. The reasons for that dichotomy is discussion.

At the end, the consequences of the numerical analyses of resonances and long-term stability for the future and the past survivor of the small satellites of class I are discussed.

References

Callegari Jr., N., Rodríguez, A.. The orbit of Aegaeon and the 7:6 Mimas-Aegaeon resonance.

Celest. Mech. Dyn. Astr. **135:21** (2023).

Callegari Jr., N., Rodríguez, A., Ceccatto, D. T.. The current orbit of Methone (S/2004 S 1). Celest. Mech. Dyn. Astr. **133:49** (2021).

Callegari Jr., N., Yokoyama, T.. Dynamics of the 11:10 Corotation and Lindblad Resonances with Mimas, and Application to Anthe, Icarus, **348**, 113820 (2020).

Charalambous, C., Giuppone, C. A., Guilera, O. M.. Web of resonances and possible path of evolution of the small Uranian satellites, Astrophysics and Space Science, **367**, 590-597 (2022).

Cuk, M., et al.. Cupid is not Doomed Yet: On the Stability of the Inner Moons of Uranus. The Astronomical Journal **164** (2022).

Giuliatti Winter, S. M., Madeira, G., Sfair, R.. Neptune's ring arcs confined by coorbital satellites: dust orbital evolution through solar radiation, MNRAS, **496**, 590-597 (2020).

Acknowledgments

FAPESP, for financial support, Fapesp (process 2020/06807-7).

Possible Precursor of Jupiter's small satellites and rings

S.M. Giuliatti Winter¹, R. Ribeiro¹, G. Madeira² and A. Izidoro³

¹ GDOP, São Paulo State University, UNESP, Guaratinguetá, Brazil

² Université de Paris, Institut de Physique du Globe de Paris, CNRS F-75005 Paris, France

³ Department of Earth, Environmental and Planetary Sciences, 6100 Main MS 126, Rice University, Houston, TX 77005, USA

E-mail: giuliatti.winter@unesp.br

Within the orbit of Io, there are four small moons, Metis, Adrastea, Amalthea, and Thebe, in close connection with the ring system of Jupiter. Some of these satellites are probable the origin and source of these rings. Metis and Adrastea have sizes approximately around 21.7 and 8.2 km, and are nearly in circular and coplanar orbits. In contrast, Thebe and Amalthea are considerably larger, with diameters of about 49.2 km and 83.6 km, respectively. Their orbits have greater inclinations and eccentricities compared to the earlier pair of small satellites. The formation and evolution of small satellites interior to the orbit of Io remain inconclusive. In this work, we study the dynamical evolution of satellitesimals initially distributed within the orbit of Io throughout the entire age of the Solar System. To achieve this, we conducted numerical simulations that encompassed both the formation of the Galilean satellites (Madeira et al. 2021) within the circumplanetary disc (CPD) and their long-term evolution after the disc phase, spanning a duration of 4.5 billion years. We included the effects of gas drag, dynamic tides, and tidal torques in our numerical simulations. Our findings reveal that during the gas disc phase, the population of satellitesimals within the orbit of Io undergoes significant scattering throughout the CPD. However, the majority of the material remains concentrated in the interior of Io's orbit, exhibiting low eccentricity and inclination. We found that 93% of the surviving satellitesimals are found in mean motion resonance with Io located in the vicinity of Amalthea. Approximately 7% of the surviving satellitesimals are situated in the region that correspond to the current locations of the satellites Metis, Adrastea and the Main Ring.

References

Madeira, G., Izidoro, A. and Giuliatti Winter, S.M. 2021. Building the Galilean moons system via pebble accretion and migration: a primordial resonant chain. *MNRAS*, 504, 1854-1872.

Acknowledgments

The authors thanks CAPES, FAPESP (Proc. 2016/24561-0) and CNPq (Proc. 313043/2020-5) for the financial support.

Three-dimensional extension of the creep tide theory

Raphael Alves-Silva¹, Sylvio Ferraz-Mello¹, Hugo A. Folonier

¹ Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, IAG/USP, São Paulo (SP), Brazil

E-mail: alves.raphael@usp.br

The foundations of the hydrodynamical creep tide theory, in development at IAG-USP, were set in 2013 in the work of Ferraz-Mello (2013). Since then great advances have been achieved, with different aspects and extensive applications of the theory being published in literature (Ferraz-Mello 2015, Ferraz-Mello et al. 2015, Ferraz-Mello et al. 2022, Folonier et al. 2022, Gomes et al. 2019). Yet, there is a considerable to-do list of topics in need of careful consideration.

In this work, we briefly present the basis of the creep tide theory, from the concept of the Newtonian creep to the creep parametric equations. Then, we intend to show the main applications and results that have been obtained in this issue in the course of the last decade. Afterwards, we exhibit the current scenario of the theory, with its extension to 3-dimensional configurations between the central body (primary) and the perturber (secondary), and the implications that a more complex problem bring regarding the dynamic of the system, considering the shape and orientation of the extended body, its rotation (spin), as well as the orbital evolution of the secondary. In literature, for example, it is known the crucial role played by obliquity (i.e. the angle between the spin axis and the orbital normal) in the maintenance of planetary atmospheres (Heller et al. 2011) and seasoning, hence it is no hard task to understand the importance of the study of tides in non-coplanar configurations for subjects such as habitability of exoplanets and exomoons. Nowadays, all results published on the interplay of tides and stellar activity were restricted to the systems discovered during the CoRoT mission (Moutou et al. 2013) and to the cases where the rotation axis of the star is perpendicular to the plane of the orbital motion.

Finally, it is worth emphasizing the possible applications of a more complete version of the creep theory in the treatment of new data coming from the next space missions. We recall, for example, that the PLATO mission will be focused on bright stars, and it will allow for a high-quality follow-up that will enable the complete characterization of systems of exoplanets (actual mass of the bodies, age of the system, star properties, etc) and also for the determination of the physical parameters necessary for the study of the star-planet tidal interaction (relaxation factor, mean radius, density, etc).

References

- Ferraz-Mello, S. *Celest. Mech. Dyn. Astron.* 116, 109-140 (2013).
- Ferraz-Mello, S. *Celest. Mech. Dyn. Astron.* 122, 359-389 (2015).
- Ferraz-Mello, S. et al. *Astrophysical Journal*, 807, Id.78 (2015).
- Ferraz-Mello, S. et al. *Celest. Mech. Dyn. Astron.* 134:25 (2022).
- Folonier, H.A. et al. *Celest. Mech. Dyn. Astron.* 134, A.01, 171-201 (2022).
- Gomes G. O., et al. *Celest. Mech. Dyn. Astron.*, 131, 56 (2019).
- Heller, R. et al. *A&A* 528, A27. (2011).
- Moutou, C. et al. *Icarus*, 226, 1625-1634 (2013).

Acknowledgments

This work was supported by grants from FAPESP (2016/13750-6).

La importancia del polvo en la migración planetaria

Octavio M. Guilera^{1,2}, Pablo Benitez-Llambay³, Marcelo M. Miller Bertolami¹, Martin E. Pessah^{4,5}

¹ Instituto de Astrofísica de La Plata, Argentina.

² Núcleo Milenio de Formación Planetaria, Chile.

³ Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Adolfo Ibáñez, Santiago de Chile, Chile.

⁴ Niels Bohr International Academy, Niels Bohr Institute, Copenhagen, Dinamarca.

⁵ School of Natural Sciences, Institute for Advanced Study, Princeton, USA.

Correo Electrónico: oguilera@fcaglp.unlp.edu.ar

La mayoría de los trabajos que estudian el proceso de migración planetaria se centran en la interacción entre el planeta y el disco gaseoso, ignorando el rol que juega el polvo del disco. Sin embargo, simulaciones hidrodinámicas de multifluidos realizadas en el último quinquenio han demostrado que el polvo puede generar una contribución no despreciable al torque total sobre el planeta. Recientemente incorporamos los resultados de dichas simulaciones hidrodinámicas en nuestro modelo global de formación planetaria. Mostraremos que el torque que genera el polvo puede generar regiones extensas de migración planetaria externa para una amplia gama de parámetros del disco y propiedades del polvo. Por lo tanto, el objetivo de esta charla es mostrar el impacto del torque ejercido por la componente sólida del disco en la migración de los planetas en formación.

Referencias

Guilera et al. 2023, ApJ, 953, 97.

¿Seis Planetas en Resonancia en K2-138?

Cerioni M.^{1,2}, Beaugé C.^{1,2}

¹ Observatorio Astronómico de Córdoba, Córdoba, Argentina

² Instituto de Astronomía Teórica y Experimental (CONICET), Córdoba, Argentina

E-mail: matias.cerioni@unc.edu.ar

El sistema K2-138 alberga cinco planetas cerca de una cadena de resonancias de movimientos-medios (MMR) 3/2, y un sexto planeta significativamente alejado, con una razón de movimientos-medios $n_f/n_g \sim 3.3$ con su vecino más cercano. Mostramos que la órbita de m_g es consistente con la resonancia de tres cuerpos (3P-MMR) de primer orden caracterizada por la relación $2n_e - 4n_f + 3n_g = 0$, y es la primera vez que una resonancia de tres cuerpos de primer orden pura es encontrada en un sistema multiplanetario y vinculada a su estructura dinámica actual. Valores adecuados para las masas permiten trazar la historia dinámica del sistema desde una captura inicial en una cadena de seis planetas (con n_f/n_g en una 3/1), hasta su configuración actual debido a interacciones tidales durante la edad del sistema. El aumento observado de desviación de resonancias con semieje-mayor, así como el alto valor de n_f/n_g , puede ser explicado por las pendientes de las resonancias puras de tres cuerpos en el plano de razón de movimientos medios. Los tripletes se deslizan simultáneamente hacia afuera sobre estas curvas cuando el primer par es separado por los efectos tidales, como el movimiento de un *pantógrafo*. Encontramos que la captura en la 3P-MMR es sorprendentemente robusta dadas masas similares de m_f y m_g , y es posible que el mismo efecto se encuentre en otros sistemas planetarios compactos.

Spirals and clumps in V960 Mon: signs of planet formation via gravitational instability around an outbursting star?

Philipp Weber^{1,2,3}, Sebastián Pérez^{1,2,3}, Alice Zurlo^{2,4,5}, et al.

¹ Departamento de Física, Universidad de Santiago de Chile, Av. Victor Jara 3659, Santiago, Chile.

² Millennium Nucleus on Young Exoplanets and their Moons (YEMS), Chile.

³ Center for Interdisciplinary Research in Astrophysics and Space Exploration (CIRAS), Universidad de Santiago de Chile, Chile. ⁴ Núcleo de Astronomía, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Diego Portales, Av. Ejercito 441, Santiago, Chile. ⁵ Escuela de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Diego Portales, Av. Ejercito 441, Santiago, Chile.

E-mail: philippweber@gmail.com

The formation of giant planets has traditionally been divided into two pathways: core accretion and gravitational instability. However, in recent years, gravitational instability has become less favored, primarily due to the scarcity of observations of fragmented protoplanetary disks around young stars and low occurrence rate of massive planets on very wide orbits. In this study, we present a SPHERE/IRDIS polarized light observation of the young outbursting object V960 Mon. The image reveals a vast structure of intricately shaped scattered light with several spiral arms. This finding motivated a re-analysis of archival ALMA 1.3 mm data acquired just two years after the onset of the outburst of V960 Mon. In these data, we discover several clumps of continuum emission aligned along a spiral arm that coincides with the scattered light structure. We interpret the localized emission as fragments formed from a spiral arm under gravitational collapse. Estimating the mass of solids within these clumps to be of several Earth masses, we suggest this observation to be the first evidence of gravitational instability occurring on planetary scales. In this talk I will discuss the significance of this finding for planet formation and its potential connection with the outbursting state of V960 Mon.

References

Weber et al., “Spirals and Clumps in V960 Mon: Signs of Planet Formation via Gravitational Instability around an FU Ori Star?”, *The Astrophysical Journal*, vol. 952, no. 1, 2023. doi:10.3847/2041-8213/ace186.

Acknowledgments

P.W. acknowledges support from FONDECYT grant 3220399. This work was funded by ANID – Millennium Science Initiative Program – Center Code NCN2021_080.

RESUMOS PÔSTERES
RESUMEN PÓSTERES

Análise dos Impactos Dinâmicos de Captura e Presença de Ceres no Cinturão de Asteroides

Abreucon Atanasio Alves¹, Ernesto Vieira Neto¹, Rafael Ribeiro de Sousa¹

¹ Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, FEG, Guaratinguetá (SP), Brazil

¹ Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, FEG, Guaratinguetá (SP), Brazil

¹ Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, FEG, Guaratinguetá (SP), Brazil

E-mail: abreucon.alves@unesp.br

Ceres é um planeta anão, que está localizado no cinturão Principal de Asteroides. Sua evolução orbital pode ser bem distinta dos seus vizinhos asteroides. Levantamos uma série de fatores concernente à sua origem orbital, levando-nos a acreditar que ele teria vindo de uma região além de Saturno, sendo implantado posteriormente em sua atual órbita. Neste trabalho, mostraremos alguns efeitos dinâmicos importantes para captura de um planetesimal com características similares a Ceres no cinturão de Asteroides. O modelo dinâmico escolhido traz um cenário onde os planetas gasosos já estavam formados e promoviam significativas mudanças na distribuição dos objetos, principalmente os planetesimais. Enfatizamos o papel do gás na estabilidade desses corpos. Neste modelo, a dinâmica entre Júpiter, Saturno, os embriões e o disco de gás protoplanetários são responsáveis pela depredação e esculpimento do disco de planetesimais transneptuniano, localizado no Sistema Solar externo. Tendo conhecimento do diâmetro real de Ceres (946 km), nossa estratégia foi tratar objetos com 1000 km, oriundos da região trans-Saturniana e que, posteriormente comporiam órbitas no cinturão principal de Asteroides, que constitui a região onde Ceres se encontra localizado atualmente. Em nossa metodologia, consideramos os efeitos promovidos pelo arrasto aerodinâmico e o arrasto de fricção dinâmica, além da ressonância de movimento médio de Júpiter e o papel desempenhado pelos protoplanetas invasores. Em nossa análise, demos ênfase aos dois últimos citados. As simulações foram realizadas num cenário em que consideramos um estágio onde ainda não teria ocorrido a instabilidade promovida pelo modelo de Nice. Os resultados foram obtidos a partir dos mecanismos de implantação do planeta anão Ceres no cinturão Principal, e tiveram papel mais relevantes a ressonância e ação dos protoplanetas invasores. Avaliamos os elementos orbitais dos planetesimais como semieixo, excentricidade e inclinação.

Referências

Ribeiro et al.: Dynamical origin of the Dwarf Planet Ceres. *Icarus*. 2022.

Izidoro et al.: Accretion of Uranus and Neptune from inward-migrating planetary embryos blocked by Jupiter and Saturn. *Astronomy & Astrophysics*. 2015.

Vokrouhlický et al.: Capture of trans-Neptunian planetesimals in the main asteroid belt. *The Astronomical Journal*. 2016.

Agradecimentos

UNESP, pelo apoio financeiro e logístico.

XII Taller de Ciencias Planetarias, Taller 2024
26 de febrero a 1 de marzo de 2024
Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Análisis de la distribución de masas de algunos sistemas exoplanetarios

Aldana Terluk¹, Ricardo Gil-Hutton¹

¹ Grupo de Ciencias Planetarias, FCEF, Universidad Nacional de San Juan, y CONICET,
Argentina

Correo Electrónico: aldana41292@gmail.com

El estudio de los sistemas exoplanetarios se fundamenta en dos procesos que además de ser complementarios, se retroalimentan mutuamente: las observaciones de exoplanetas y los modelos de formación y evolución planetaria. Los datos observacionales reportados hasta la fecha permiten llevar a cabo un análisis estadístico de la distribución de exoplanetas sobre sus diferentes propiedades físicas y dinámicas. Particularmente, conocer la distribución de masas nos acercaría a un mejor entendimiento de los procesos de formación y evolución planetaria. Diferentes autores han estudiado la distribución de masas general de sistemas exoplanetarios teniendo en cuenta factores de selección observacional determinando que las distribuciones de masa pueden describirse mediante un ley de potencia del tipo $dN/dm \propto m^{-2}$. En este trabajo se realizará un estudio de la distribución de masas de un conjunto particular de exoplanetas teniendo en cuenta los factores de selección observacional más significativos y se compararán las distribuciones obtenidas con aquella general publicada recientemente.

Referencias

Ananyeva, V. I. et al., The dependence of the Mass Distribution of Exoplanets on the Spectral Class of Host Stars, ISSN 0038-0946, Solar System Research, 2020.
Mishra, L. et al., Framework for the architecture of exoplanetary systems, A&A 670, A68, 2023.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero de CONICET a través del PIP 112-202001-01227 y de la Universidad Nacional de San Juan mediante un subsidio de CICITCA para el período 2023-2024.

Formação e formato do satélite Pan

Andreza Martin¹, Othon Winter¹, Rafael Sfair², Raí Machado¹, Giulia Valvano¹, Gabriel Borderes³

¹ Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia - UNESP - Guaratinguetá (SP), Brasil

² Institut für Astronomie und Astrophysik, Eberhard Karls Universität Tübingen, Tübingen, Alemanha

³ Swedish Institute of Space Physics (IRF), Kiruna, Suécia

E-mail: andreza.martin@unesp.br

Saturno possui a maior quantidade de satélites dentre todos os planetas do sistema solar, o foco deste trabalho está na sua lua Pan. Localizado no Anel A, Pan é responsável por formar a falha de Encke. Este satélite de aproximadamente 20 km é classificado como irregular com crista equatorial e possui um período de rotação de 14,2 h. Na literatura, há duas hipóteses para o surgimento da crista deste satélite, a primeira é por deposição de partículas do anel na superfície do satélite e a segunda é por colisão entre dois corpos. Neste trabalho, utilizamos dados deste satélite obtidos pela sonda Cassini e usamos o método de poliedros com faces triangulares para reproduzir o formato do corpo estudado. Considerando uma densidade de $0.4g/cm^3$ para todo o corpo e calculamos características como o potencial gravitacional, *potential speed*, *slope* e acelerações na superfície do corpo. Toda essa análise inicial é realizada para que possamos estudar a influência de Saturno no slope de Pan. Posteriormente, removemos a crista equatorial e quantificamos as mudanças em sua superfície. Por fim, para analisar uma possível origem desta crista, foram feitas simulações utilizando *Smoothed-particle hydrodynamics* (SPH). Realizamos colisões entre dois corpos primários no intuito de verificar a formação de um objeto parecido com o satélite logo após a fusão entre os corpos se estabilizar.

Agradecimentos

Este projeto teve o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), Código 001, do German Research Foundation (DFG), e do suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo 305210/2018-1, e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo 2022/01678-0.

Influence of Self-gravity and Viscosity of a Gas Disk on the Migration of Giant Planets

Barbara Celi Braga Camargo¹, Othon Cabo Winter¹

¹ Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia, São Paulo State University, 12516-410
Guaratinguetá, São Paulo, Brazil

E-mail: bcbc.fisica@gmail.com

In the formation of terrestrial planets, one notable challenge pertains to the discrepancy in Mars' mass compared to its current value. The Grand Tack model theorizes that Jupiter's initial migration inward in the solar system, followed by its subsequent migration outward, can account for Mars' lower mass. This migration occurred while the gas disk was still present in the system. It is essential to emphasize that the properties of the gas disk play a significant role in planetary evolution and can influence the migration of gas giants, as suggested by the Grand Tack model (Tsiganis et al., 2005). In this study, our analysis is primarily focused on assessing the influence of self-gravity, viscosity, and the mass of the gas disk on changes in the major semi-axes and eccentricities of Jupiter and Saturn. We conducted a total of 12 simulations, using the hydrodynamics code FARGO (Baruteau Masset, 2008), considering both the presence and absence of self-gravity in the disk, along with two viscosity values (ν), for different gas disk masses. Each simulation spans a 3,000-year period, with the initial 500 years dedicated to allowing the gas disk to reach equilibrium with the forces in the system. Our findings indicate that self-gravity in the gas disk has a similar impact to viscosity on planetary evolution. We observed that a reduction in viscosity or the inclusion of self-gravity effects in the gas disk simulation is necessary for Jupiter to experience a reversal in migration, causing it to move away from the Sun as predicted by the Grand Tack model. Additionally, the mass of the gas disk significantly influences the system's evolution, with higher gas mass resulting in faster and more chaotic planetary migration within the disk.

References

- TSIGANIS, K.; GOMES, R.; MORBIDELLI, A.; LEVISON, H. F.. Origin of the orbital architecture of the giant planets of the Solar System. *Nature*, v. 435, 459-461. 2005.
- BARUTEAU, C. and MASSET, F.. Type I planetary migration in a self-gravitating disk. *Exoplanets: Detection, Formation and Dynamics*. 2008.

Acknowledgments

FAPESP and CNPq for their financial support of the authors.

Spectroscopic modeling of aquaplanet atmospheres: the effect of obliquity on habitability of exoplanets

González-Vidal B.¹, Demarco R.¹, Lagos A.²,

¹ Departamento de Astronomía, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

² Departamento de Geofísica. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

E-mail: bengonzalez2016@udec.cl, benjaminegv@gmail.com

One of the main goals of Astrobiology is to identify signs of life (biosignatures) and assess habitability on Earth-like exoplanets through atmospheric characterization. To understand habitability, researchers often simulate Earth-like exoplanets covered entirely by water (aquaplanets). The obliquity of an aquaplanet significantly influences atmospheric dynamics (Nowajewski et al., 2018). This, in turn, affects the water phase on the planet's surface and in the atmosphere. Particularly, the crucial indicator wet bulb temperature (T_W), where the habitable range for mammals is defined by $0^\circ \leq T_W \leq 35^\circ$ (Nowajewski et al., 2018). This is important because even when a planet can sustain liquid water, it could be uninhabitable because of T_W . The atmospheric dynamic changes due to obliquity would be observed through the transmission spectrum of the aquaplanet. Asking ourselves how would a life-sustaining exoplanet spectra look like and understanding whether obliquity impacts the spectral properties of Earth-like aquaplanets are essential for evaluating their potential habitability in the search for extraterrestrial life.

In this respect, we are currently working on a project entitled on "Spectroscopic modeling of aquaplanet atmospheres: the effect of obliquity on habitability of exoplanets". Our aim is to study the spectroscopic properties of an Earth-like planet associated with the atmospheric effect on water caused by the planet's obliquity.

Our work replicates the experiment conducted by Nowajewski et al. (2018) but using the ExoPlaSim General Circulation Model (Release 3.3.0; Paradise et al. (2022)) to simulate the atmospheric dynamics of 16 Earth-like aquaplanets, orbiting within the Habitable Zone (HZ) of a G-type star, whose atmospheres are only composed by N_2 , CO_2 and H_2O ; and affected solely by a change in obliquity. Subsequently, we employ petitRADTRANS (Mollière et al., 2019), a radiative transfer model, to simulate the transmission spectrum of the aquaplanet's atmosphere with the outputs given by ExoPlaSim. While our research may not directly impact observations made by the James Webb Space Telescope (JWST), it could inform future missions, such as LUVOIR and HabEx, in their quest to observe the spectra of temperate terrestrial exoplanets orbiting Sun-like stars.

References

- Mollière, P., Wardenier, J. P., van Boekel, R., et al. 2019, *Astronomy & Astrophysics*, 627, A67, doi: [10.1051/0004-6361/201935470](https://doi.org/10.1051/0004-6361/201935470)
- Nowajewski, P., Rojas, M., Rojo, P., & Kimeswenger, S. 2018, *Icarus*, 305, doi: [10.1016/j.icarus.2018.01.002](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2018.01.002)
- Paradise, A., Macdonald, E., Menou, K., Lee, C., & Fan, B. L. 2022, , 511, 3272, doi: [10.1093/mnras/stac172](https://doi.org/10.1093/mnras/stac172)

Acknowledgments

To Kamilla Barra-Araya and Ricardo Demarco, with whom we have accompanied ourselves on the path of researching astrobiology and planetary sciences. To Priscilla Nowajewski-Barra, who inspired and guide the initial idea of this work. To PlaSim and ExoPlaSim developers, Frank Lunkeit and Adiv Paradise, who kindly answered the questions about the their GCM models.

Rings around Solar System small bodies: discoveries and detection limits

Chrystian L. Pereira^{1,2}, Felipe Braga-Ribas^{3,1,2}, B. E. Morgado^{4,2}, A. R. Gomes-Júnior^{5,2},
G. Margoti^{3,2}, J. I. B. Camargo¹, M. Assafin^{4,2}, R. C. Bouffleur^{1,2}, R. Vieira-Martins¹,
F. L. Rommel^{3,2}, G. Benedetti-Rossi⁶, M. Emilio^{7,1,2}

¹ Observatório Nacional - ON/MCTI. Rio de Janeiro, RJ, Brazil,

² Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia – LIneA. Rio de Janeiro, RJ, Brazil

³ Federal University of Technology - Paraná (PPGFA/UTFPR-Curitiba). Curitiba, PR, Brazil

⁴ Universidade Federal do Rio de Janeiro – Observatório do Valongo. Rio de Janeiro, RJ, Brazil

⁵ Institute of Physics, Federal University of Uberlândia. Uberlândia, MG, Brazil

⁶ Orbital Dynamics and Planetology Group, São Paulo State University. Guaratinguetá, SP, Brazil

⁷ Universidade Estadual de Ponta Grossa, O.A. – DEGEO. Ponta Grossa, PR, Brazil

E-mail: chrystianpereira@on.br

Until 2013, ring systems had only been observed around giant planets. However, a paradigm shift occurred with an observation of a stellar occultation by the Centaur Chariklo, revealing that small bodies can also have ring systems [1]. In January 2017, another stellar occultation unveiled a ring around the dwarf planet (136108) Haumea [2]. Furthermore, the Centaur (2060) Chiron has displayed flux variations in occultation light curves compatible with the presence of rings, although it is premature to classify them as such definitively. In this context, we identified objects theoretically capable of hosting rings and monitored stellar occultations by them. From the obtained light curves, we searched for ring signatures, and in cases where detection was not achieved, we established upper limits for detecting additional structures around them. Given that the material constituting a ring may be expelled during comet-like activity, our investigations commenced with the analysis of light curves from stellar occultations by the active Centaur (60558) 174P/Echeclus occurring between 2019 and 2021. No features indicative of surrounding material were detected, leading to the determination of detection limits and the physical properties of Echeclus itself [3]. Occultation observations of (2060) Chiron were conducted in 2018, 2019, and 2022 to characterize observed structures over the years. Due to the low spatial resolution of the light curves obtained in 2018, structures were not identified, and detection limits were proposed. The 2019 event marked the first multi-chord observation for this Centaur, allowing their tri-axial dimensions to be constrained [4]. Data from the 2022 event confirmed the structures proposed by [5] and revealed clear variations in their properties, such as width and optical depth [6]. Another remarkable object is the 29P/Schwassmann-Wachmann 1, a Centaur object in the transitory region to become a Jupiter-family comet that exhibits regular outbursts. We analyzed the first-ever stellar occultation by this object and searched for extinction features in the surroundings, but no material was detected. So, we determine the detection limits. Following the discovery of a ring beyond the Roche limit around the Trans-Neptunian Object (50000) Quaoar using stellar occultations between 2018 and 2021 [7], we analyzed data from an event in 2022 to characterize this intriguing ring further. We searched for additional structures within the body-ring space. As a result, a second ring surrounding Quaoar, also beyond the Roche limit, was discovered [8]. In this work, we present our findings regarding the search and detection of structures around Echeclus [3], Chiron [4,6], comet 29P, and Quaoar [3,7].

References

- [1] Braga-Ribas, F., Sicardy, B., Ortiz, J. L., et al. 2014, *Nature*, 508, 72
- [2] Ortiz, J. L., Santos-Sanz, P., Sicardy, B., et al. 2017, *Nature*, 550, 219
- [3] Pereira, C. L., Braga-Ribas, F., Sicardy, B., et al. 2023, *MNRAS*, accepted
- [4] Braga-Ribas, F., Pereira, C. L., Sicardy, B., et al. 2023, *A&A*, 608, A45
- [5] Ortiz, J. L., Duffard, R., Pinilla-Alonso, N., et al. 2015, *A&A*, 576, A18
- [6] Ortiz J. L., Pereira, C. L., Sicardy, B., et al., 2023, *A&A*, 676, L12
- [7] Morgado, B. E., Sicardy, B., Braga-Ribas, F., et al. 2023, *Nature*, 614, 239
- [8] Pereira, C. L., Sicardy, B., Morgado, B. E., et al. 2023, *A&A*, 673, L4

Acknowledgments

C.L.P is thankful for the support of the CAPES and FAPERJ/DSC-10 (E26/204.141/2022). This work was carried out within the “Lucky Star” umbrella that agglomerates the efforts of the Paris, Granada, and Rio teams, funded by the European Research Council under the European Community’s H2020 (ERC Grant Agreement No. 669416). This study was partly financed by the National Institute of Science and Technology of the e-Universe project (INCT do e-Universo, CNPq grant 465376/2014-2).

Caracterización y evaluación de parámetros geológicos, geoquímicos y geomicrobiológicos de la isla Gorgona (Colombia) como potencial análogo terrestre y de estudios de habitabilidad planetaria

Tovar D.^{1,2}, Leal M. A.^{1,2}, De Pablo M. A.³, Bonilla, A.⁴, Sánchez, J.⁴, Tchegliakova, N.⁵, Leone, G.⁶, & San Martín, J.⁷

¹ Grupo de Ciencias Planetarias y Astrobiología GCPA, Universidad Nacional de Colombia y Corporación Científica Laguna, Bogotá, Colombia.

² Programa doctoral en investigación espacial y astrobiología, Universidad de Alcalá, 28805 Alcalá de Henares, España.

³ Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente, Universidad de Alcalá, 28805 Alcalá de Henares, España.

⁴ Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

⁵ Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

⁶ Instituto de Investigación en Astronomía y Ciencias Planetarias, Universidad de Atacama, Copiapó, Chile.

⁷ Technische Universität Bergakademie Freiberg, 09599 Freiberg, Alemania.

Correo Electrónico: dftovarr@unal.edu.co / david.tovar@uah.es

Ninguna actividad de investigación es más fundamental para la geología que el trabajo que se realiza en campo. Por esta razón, los análogos terrestres cumplen un papel fundamental ya que tienen como objetivo principal llevar a cabo investigaciones que contribuyan a la comprensión de los procesos evolutivos de los cuerpos rocosos del Sistema Solar, pudiendo realizar fases de estudio in situ, facilitando la cartografía geológica y toma de muestras (Farr, 2004); (Baker, 2014). Además, dichos análogos, tal como lo menciona Farr (2004), deben estar enfocados principalmente a responder las siguientes preguntas: ¿Cómo se relacionan los estudios análogos terrestres con los objetivos científicos de alta prioridad de la exploración marciana? y ¿Cómo se pueden utilizar los diferentes tipos de instrumentos que permitan abordar estas preguntas?

En Colombia no se han reportado oficialmente análogos terrestres que faciliten la investigación en temas de astrobiología y geología planetaria en esta parte del continente suramericano. Por tal motivo, se hace una evaluación geoquímica, geomorfológica y geomicrobiológica de la isla Gorgona, ubicada en el Océano Pacífico, ya que, por sus características geológicas, hay un alto potencial para que sea clasificado como análogo terrestre. Dada la composición química de las rocas de esta isla, es posible establecer parangones con algunas regiones del planeta Marte (Reyes & Christensen, 1994), e incluso, la Luna, abriendo así la posibilidad de realizar futuras calibraciones de instrumentos in situ que puedan ir a bordo de misiones de exploración planetaria. Desde la perspectiva microbiológica, también se evalúan los posibles microorganismos presentes en los minerales de roca (endolíticos) utilizando medios de cultivo estandarizados en trabajos realizados en rocas con similar composición mineralógica (Meslier & DiRuggiero, 2019) a la reportada en la isla Gorgona.

Referencias

Baker, V. R. (2014). Terrestrial analogs, planetary geology, and the nature of geological reasoning. *Planetary and Space Sciences*, 5-10.

- Farr, T. (2004). Terrestrial analogs to Mars. The NRC community decadal report. *Planetary and Space Science*, 3-10.
- Meslier, V., & DiRuggiero, J. (2019). Endolithic microbial communities as model systems for ecology and astrobiology. En *Model Ecosystems in Extreme Environments* (págs. 145-168). Londres: Academic Press.
- Reyes, D. P., & Christensen, P. R. (1994). Evidence for Komatiite-type lavas on Mars from Phobos ISM data and other observations. *Geophysical Research Letters*, 887-890.

XII Taller de Ciencias Planetarias, Taller 2024
26 de febrero a 1 de marzo de 2024
Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Curva de luz de asteroides usando los filtros (SDSS) de familias dinámicas de tipo S

E.Tello^{1,2}, M. Melita^{1,2}

¹ Insituto de Astronomía y Física del Espacio, CONICET-UBA, Argentina

² Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP, Argentina

Correo Electrónico: etello@iafe.uba.ar

Muchos asteroides de tipo S catalogados en la base de datos ALCDEF (alcdef.org), no cuentan con periodos determinados. El objetivo, es completar éste parámetro físico (periodos) de asteroides pertenecientes a familias de tipo S, mediante la curva de luz, usando filtros SDSS. Para seleccionar la muestra a observar, se ha cruzado una base de datos de familias dinámicas con el catálogo de colores de asteroides SDSS-SSOs. Se seleccionaron los objetos de mayor brillo, pertenecientes a las familias de interés, que se encuentren en oposición y disponibles desde CASLEO. Para ello solicitamos turnos de observación al CASLEO, el año 2022 y 2023, quienes nos facilitaron dichos turnos. Teniendo en cuenta que algunas noches no se pudieron observar por problemas climáticos. En éste trabajo se presentan algunos resultados de la curva de luz de algunos asteroides de familias de tipo S, observados desde el CASLEO.

XII Taller de Ciencias Planetarias, Taller 2024
26 de febrero a 1 de marzo de 2024
Rio de Janeiro, RJ, Brazil

Síntesis poblacional y estudio dinámico de discos protoplanetarios con MHD winds

Elisa Castro Martínez¹, Octavio M. Guilera², José Gomez²

¹Universidad de la República, Uruguay

² Instituto de Astrofísica de La Plata, Argentina

E-mail: ecastro@fisica.edu.uy

En esta charla presentaremos nuestros resultados de haber realizado una síntesis poblacional de discos protoplanetarios de gas y polvo bajo los procesos de disipación viscosa, fotoevaporación y vientos impulsados magnéticamente (MHD winds). A partir de condiciones iniciales inferidas de las observaciones -como masas y tamaños de los discos-, concluimos que el escenario combinado de la evolución de los discos por viscosidad y vientos es factible para reproducir las observaciones actuales, como ser, las tasas de acreción estelar y la fracción de estrellas con discos en cúmulos estelares jóvenes. Además, también estudiamos los efectos dinámicos sobre los planetas en formación en estos discos, encontrando diferencias significativas en la migración tipo I cuando se consideran discos puramente viscosos y discos con MHD winds.

Análisis de parámetros de sistemas estelares triples

Emmanuel Gianuzzi^{1,2,3}, Cristian Giuppone^{2,3}, Nicolás Cuello⁴, Mario Sucerquia^{5,6}

¹ Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación (FAMAF), Universidad Nacional de Córdoba (UNC), Córdoba, Argentina

² Instituto de Astronomía Teórica y Experimental (IATE), CONICET-UNC, Córdoba, Argentina

³ Observatorio Astronómico de Córdoba, Córdoba, Argentina

⁴ Univ. Grenoble Alpes, CNRS, IPAG, F-38000 Grenoble, France

⁵ Instituto de Física y Astronomía, Facultad de Ciencias, Universidad de Valparaíso, Av. Gran Bretaña 1111, 5030 Casilla, Valparaíso, Chile

⁶ Núcleo Milenio Formación Planetaria - NPF, Universidad de Valparaíso, Av. Gran Bretaña 1111, Valparaíso, Chile

Correo Electrónico: egianuzzi@unc.edu.ar

Recientes estudios fotométricos y espectroscópicos han permitido estudiar exhaustivamente la diversidad y arquitectura de los sistemas triples. Con el objetivo de investigar la configuración de estos sistemas, y lograr definir los parámetros adecuados para futuras simulaciones n-cuerpos, realizamos un análisis y exploración del Catálogo de Sistemas Estelares Múltiples (MSC, Tokovinin 2018). Utilizamos la versión más reciente del MSC, disponible desde el 7 de febrero de 2023. Descartamos los sistemas con estrellas individuales de masa inferior a 0.1 masas solares y aquellos con una masa asignada inferior a 0.2 masas solares para la binaria interior, y realizamos una limpieza y curación de datos. Completado este proceso, la base de datos final contiene un total de 1648 sistemas estelares triples. Analizamos las distribuciones de masas (binaria interna y estrella externa), cociente de masas, semiejes mayor, inclinaciones mutuas, y excentricidad. A partir de los análisis realizados, definimos y presentamos los parámetros de las 3 estrellas correspondientes a un sistema estelar triple modelo que posea semieje mayor interno de 0.1 unidades astronómicas. Por último, los resultados obtenidos son utilizados en un trabajo de los mismos autores en el que se estudia la dinámica de diferentes sistemas estelares jerárquicos triples con un planeta circumbinario, por medio de simulaciones n-cuerpos.

Referencias

Tokovinin, A. 2018, ApJS, 235, 6

Studying Jupiter Trojans through stellar occultations

Eros O. Gradovski¹, Felipe Braga-Ribas¹, Damya Souami², Chrystian L. Pereira³, J. I. B. Camargo³, Rafael Sfair⁴, Bruno E. Morgado⁵, Altair R. Gomes-Júnior⁶, B. Sicardy², J. Desmars², G. Margoti¹, Observers team.

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PPGFA/UTFPR, Curitiba (PR), Brazil

²Observatoire de Paris, LESIA, Paris, France

³ Observatório Nacional, ON, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

⁴Universidade Estadual Paulista, UNESP, Guaratinguetá (SP), Brazil

⁵Observatório do Valongo, OV, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

⁶Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Uberlândia (MG), Brazil

E-mail: erosgradovski@gmail.com

Jupiter's Trojans are small bodies located at the L4 and L5 Lagrange points of this gas giant. Studying these objects provides us with information about the early Solar System and its dynamical evolution (Morbidelli et al., 2005). In recent years, several Jupiter's Trojans have been targeted by the stellar occultations technique, which consists of observing the passage of a body in front of a star for a given observer. The variation in the star's flux over time due to the passage of the occulting object is then obtained. The greater the number of observers for a given event, the better we can describe the occulting object's shape. Among the objects observed, we focus on (3451) Mentor, with an estimated equivalent diameter of 126 km, and (624) Hektor, the largest known trojan with an equivalent diameter of 225 km (Grav et al, 2012). Observations of occultations by Hektor and Mentor presented light curves with two flux drops, which could indicate that these objects may be either binaries, bilobed, or have relevant topographical features. This work will then present the results of 8 stellar occultations by these objects, three of which were promoted by Mentor and five by Hektor. For Hektor's case we also show the fits of the occultation chords to a three-dimensional model previously proposed in the literature (Hanuš et al., 2015) and the first stellar occultation detection of its satellite, Skamandrios. For Mentor, we add a rotation light curve obtained by us to investigate the binarity possibility.

References

Grav, T. et al. WISE/NEOWISE Observations of the Jovian Trojan Population: Taxonomy. 759, ApJ, 2012.

Hanuš, J. et al. Thermophysical modeling of asteroids from WISE thermal infrared data – Significance of the shape model and the pole orientation uncertainties. 256, Elsevier, 2015.

Morbidelli, A. et al. Chaotic capture of Jupiter's Trojan asteroids in the early Solar System. 435, Nature, 2005.

Acknowledgments

CAPES, for the scholarship that made this work possible and the amateur astronomers who took part in the observational campaigns.

Análise da dinâmica planetária para um conjunto de sistemas de exoplanetas TESS

Fred Fonseca Mesquita¹, Adrián Rodríguez¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

E-mail: fred20@ov.ufrj.br, adrian@ov.ufrj.br

Descobertas de novos sistemas de exoplanetas são comuns nesta década, impulsionadas por missões recentes, como o projeto TESS. No entanto, os trabalhos que revelam esses novos mundos carecem de uma análise criteriosa da evolução dinâmica dos sistemas em questão. O objetivo principal da nossa pesquisa é investigar, através do integrador de N corpos MERCURY, os elementos orbitais de sistemas multiplanetários para avaliar como eles evoluem no tempo. Esta análise permitirá identificar os intervalos de elementos orbitais, dentro das incertezas fornecidas pelas observações, que resultam em instabilidades dinâmicas do sistema. É feita uma série de simulações dos sistemas para obter um diagnóstico preliminar de algumas características dinâmicas. Um exemplo de aplicação foi feito no sistema TOI-1670, que possui uma estrela com 1.21 massas solares, um sub-Netuno nos limites de classificação de planeta quente (TOI-1670b; $a = 0.103$ UA) e um Júpiter aquecido (TOI-1670c; $a = 0.249$ UA). Através da técnica de mapas dinâmicos, identificamos regiões de estabilidade e instabilidade orbital para diversos intervalos de condições iniciais que abrangem as barras de incerteza das observações. Também foi feita a análise da dinâmica orbital do sistema TOI-2096, com motivo de analisar o efeito da proximidade do par de planetas da ressonância de movimentos médios 2/1. O sistema é composto por uma estrela com 0.23 massas solares, e dois planetas quentes (<0.1 UA), uma super-Terra (TOI-2096b, 0.025 UA) e um sub-Netuno (TOI-2096c, 0.040 UA). Através da análise dos mapas dinâmicos, identificamos os intervalos de massas e excentricidades que permitem a ocorrência de movimento ressonante. Desse modo, esperamos colaborar com a ampliação do entendimento da evolução dinâmica destes sistemas e contribuir com a melhora dos resultados obtidos por meio de observações feitas no projeto TESS.

Referências

Carl D. Murray & Stanley F. Dermott. Solar System Dynamics. Cambridge University Press, 2000
Korth, J., et al. 2023 A&A 675 A115. doi: 10.1051/0004-6361/202244617
Pozuelos, F. J., et al. 2023 A&A 672 A70. doi: 10.1051/0004-6361/202245440
Quang H. Tran et al 2022 AJ 163 225. doi: 10.3847/1538-3881/ac5c4f

Agradecimentos

FAPERJ e PIBIC-UFRJ pelo apoio financeiro.

Application of Machine Learning to map stable regions around planets

Giovana Ramon¹, Rafael Sfair^{1,2}, Tiago F. L. L. Pinheiro¹

¹ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Guaratinguetá (SP), Brazil.

² Eberhard Karls University of Tübingen, Tübingen, Germany.

E-mail: giovana.ramon@unesp.br

Analysis of stability regions is often applied in different studies of planetary systems. These studies are typically performed numerically by solving computationally expensive N-body simulations. In this context, we propose to optimize the work with the application of Machine Learning (ML) supervised methods, determining which method presents the best performance to map the stable regions of S-type orbits around planets, providing the greatest accuracy in data prediction, and significantly reducing time and computational expense. The stability of particles with S-type orbits is studied over a specific planetary system with different physical and orbital parameters. To apply ML to identify the stability regions, we perform numerical simulations with the integrator REBOUND of a system formed by star, planet, and particle. Each system has 12 features representing the initial conditions: mass ratio of planet to star, semi-major axis of the particle, eccentricity, inclination, argument of pericenter, longitude of node, and true anomaly of the planet and the particle. Since learning represents a process of "using experience to gain experience," supervised learning describes a scenario in which the "experience," an example of training, contains significant information. Therefore, the constructed ensemble characterizes the set for training and testing Machine Learning methods; thus, based on the dataset features, the model learns the behavior of stability regions and can predict future systems' stability. Moreover, when training with Machine Learning, the classes can be imbalanced, as is the case when we treat 12 different parameters, which can lead to classification biases and impair the algorithms' effectiveness when trying to generalize (Zheng, Cai, & Li, 2015). To solve this problem, we use cross-validation, oversampling, undersampling, hyperparameter tuning, and SMOTE to deal with this factor. We applied the supervised model such as Decision Tree, Random Forest, XGboost, LIGHTGBM, Histogram Gradient Boosting and others, we achieved an accuracy of up to 96%; that is, within the dataset, the models were able to correctly evaluate 96% of the sample, identifying the stability of the system.

References

- Shalev-Shwartz, S., & Ben-David, S. (2014a). Understanding machine learning: From theory to algorithms. Cambridge university press.
- Zheng, Zhuoyuan & Cai, Yunpeng & Li, Ye. (2015). Oversampling method for imbalanced classification. Computing and Informatics. 34. 1017-1037.

Acknowledgments

CAPES; FAPESP (Proc. 2016/24561-0)
DFG German Research Foundation project 446102036

Salty Oceans in Low Mass Habitable Planets and Global Climate Evolution

Rafael Pinotti¹, Gustavo F. Porto de Mello²

¹ PETROBRAS, Av. Henrique Valadares 28, 20231-030, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

² Observatório do Valongo, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Ladeira Pedro Antônio 43, 20080-090 Rio de Janeiro, RJ, Brazil

E-mail: gustavo@ov.ufrj.br

Global climate evolution models for habitable earthlike planets usually do not consider the effect of ocean salinity on land ice formation through the hydrological cycle. We consider two distinct categories of such planets: planets with deep oceans, but intrinsically high salinities due to the weaker salt removal process by hydrothermal vents; and planets with shallow oceans, where the increase in salt content and decrease in ocean area during the onset of glaciation cause a measurable negative feedback, helping delay the spread of land ice. We developed a simple 1D climate model of a habitable planet on the verge of an ice age for a range of initial salt concentrations. Planets with deep oceans and high salinity show considerable decrease in land ice sheet growth rate, up to 23% considering the maximum salinity range. For planets with shallow oceans, the effect of intrinsic high salinity is substantially reinforced by the negative feedback, counteracting positive feedbacks like the ice-albedo and Croll-Milankovitch perturbations, to the point of effectively terminating land ice sheet growth rate during the simulated timescale. We also apply this model to the putative ocean of early Mars, finding intermediate results: salinity probably did not play a role in the evolution of Mars' climate, considering the known timescale of its ice ages. This phenomenon is shown to be essentially an abiotic self-regulation mechanism against ice ages, helping increase the habitability status of small, dry planets, which probably represent the bulk of habitable planets in the Galaxy.

Acknowledgments

RP would like to thank André Domingues Quelhas for his help with MATLAB technical details during the design of the simulation environment. GFPdM acknowledges financial support by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq/Brazil). We thank Ignasi Ribas, José Dias do Nascimento Jr, Vladimir Airapetian, and Aline Vidotto for valuable discussions. This research has made use of the SIMBAD data base, operated at CDS, Strasbourg, France, and the NASA Astrophysics Data System.

Stellar Occultations by Trojan Diomedes

H. Dutra¹, M. Assafin^{1,2}, A. R. Gomes-Júnior^{2,3}, B. E. Morgado^{1,2}, G. Benedetti-Rossi⁴, F. Braga-Ribas^{2,5}, Occultation Team⁶

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

²Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

³Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Belo Horizonte (MG), Brazil

⁴Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Guaratinguetá (SP), Brazil

⁵Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Curitiba (PR), Brazil

⁶International Occultation Timing Association - IOTA

E-mail: heliohdutra@gmail.com, (additional email - hdutra@ov.ufrj.br)

When Neptune migrated across the primordial Kuiper Belt and triggered a dynamical instability among the giant planets, most of the primordial Kuiper Belt objects were expelled and a fraction of them was captured as Jupiter Trojans (Nesvorný, 2018). Therefore, the establishment and refinement of the size-frequency distribution (SFD) and shapes of Jupiter Trojan asteroids (among other physical characteristics) is of great importance to constrain their collisional evolution models (see e.g. Bottke, 2002), and ultimately to retrieve main characteristics of the primordial Kuiper Belt population. In this context, we are starting a project aiming to determine precise sizes and shapes for Jupiter Trojans through stellar occultations, starting by the bigger ones and then progressively probing smaller objects. Here, we report the successful assessment of the main physical characteristics of the Jupiter Trojan (1437) Diomedes from a 3-chord stellar occultation observed in November 1st, 2020. The occultation light curves were obtained with the PRAIA package (Assafin, 2023) and the ingress/egress instants determined with the SORA package (Gomes-Júnior et al., 2022). By scaling and rotating the dimensionless 3D model of Diomedes from the DAMIT database (Durech et al., 2010) to fit it to the occultation chords with SORA by iterative chi-square procedures, we improved the pole coordinates and rotation period, and scaled the 3D model in km. The rotation period and pole coordinates of Diomedes from DAMIT were $\lambda = 150 \pm 5$ dg, $\beta = 5 \pm 5$ dg, $P = 24.4987 \pm 0.0002$ h (Kaasalainen system). Our new values are $\lambda' = 153.7 \pm 2.5$ dg, $\beta' = 12.7 \pm 2.6$ dg, $P' = 24.498393 \pm 0.000006$ h. The fitted scale factor was 95.8 ± 0.6 km. The shape of Diomedes is elongated, with asteroid scaled points ranging from about 40 to 90 km from the center. The 1-sigma radial errors are less than 0.6 km for the points farthest away from the center.

References

- Assafin M., 2023, Differential aperture photometry and digital coronagraphy with PRAIA, Planetary & Space Science (submitted).
- Bottke, W. Asteroids III. Space Science Series. University of Arizona Press, 2002.
- Durech, J.; Sidorin, V.; Kaasalainen, M. 2010. Damit: a database of asteroid models. A&A, 513, A46.
- Gomes-Júnior A. R., Morgado B. E., Benedetti-Rossi G., et al., 2022, MNRAS, 511, 1167
- Nesvorný, D. 2018, Annual Review of Astronomy, 56, 137. doi:10.1146/annurev-astro-081817-052028

Acknowledgments

CAPES, for the master's scholarship nº 88887.645909/2021-00

Estudo do Troiano (1172) Aneas por meio de Ocultações Estelares

I. Gil¹, B. Morgado^{1,2}, F. Braga-Ribas^{3,2}, A. R. Gomes-Júnior^{4,2}, M. Assafin^{1,2}, B. Sicardy⁵,
R. Vieira-Martins^{6,1}, Desenvolvedores SORA^{1,2,3,6}, Observadores

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Observatório do Valongo, Brazil

² Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia LIneA, Brazil

³ Federal University of Technology-Paraná (UTFPR/DAFIS), Brazil

⁴ Universidade Federal de Uberlândia, Brazil

⁵ Sorbonne Université, LESIA, Observatoire de Paris, France

⁶ Observatório Nacional (MCTI), Brazil

E-mail: isabelle22@ov.ufrj.br

Características de corpos pequenos do Sistema Solar podem ser determinadas pela técnica de ocultação estelar, que é quando um observador na Terra, um corpo e uma estrela se alinham, de forma que o brilho desta seja temporariamente ocultado para o observador. Esse evento nos permite estipular o formato, tamanho e topografia do corpo ocultador, e até mesmo identificar atmosferas, satélites e anéis, e poder aperfeiçoar a órbita do objeto com uma precisão da ordem de quilômetros. O estudo desses corpos contribui ainda para a compreensão da origem e evolução do Sistema Solar.

O alvo desta pesquisa é o asteroide (1172) Aneas, um troiano de Júpiter localizado no ponto de Lagrange L5, descoberto em 1930 pelo astrônomo Karl Reinmuth. Possui aproximadamente 118 quilômetros de diâmetro, estando entre os maiores troianos de Júpiter, e é de tipo D, contendo baixo albedo.

Estamos analisando 5 eventos de ocultações estelares pelo Aneas que ocorreram entre 2020 e 2022, obtidos por observadores amadores espalhados pela Espanha, França, Peru, Turquia e EUA. Utilizamos o software PRAIA para realizar a fotometria desses dados e o SORA, biblioteca no Python, para analisar e otimizar os dados da curva do fluxo de luz da estrela durante o evento de ocultação. Assim, podemos obter as características inicialmente desejadas do alvo ocultador.

Ocultações Estelares pelo Troiano (2363) Cebriones.

I. B. Batista¹, B. E. Morgado^{1,2}, F. Braga-Ribas^{3,2,1}, A. R. Gomes-Júnior^{4,2}, M. Assafin^{1,2}, B. Sicardy⁵, R. Vieira-Martins⁶, e Observadores*

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Observatório do Valongo, Brazil

² Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia LIneA, Brazil

³ Federal University of Technology-Paraná (UTFPR/DAFIS), Brazil

⁴ Universidade Federal de Uberlândia, Brazil

⁵ Sorbonne Université, LESIA, Observatoire de Paris, France

⁶ Observatório Nacional (MCTI), Brazil

E-mail: isabelle21@ov.ufrj.br

Ocultação estelar é um fenômeno que ocorre quando há um alinhamento entre um corpo do Sistema Solar e uma estrela de fundo para um dado observador. Este momento é previamente calculado utilizando a trajetória do corpo e o geocentro para estimar de onde a ocultação poderá ser vista. Essa técnica se mostra útil para determinar o tamanho, forma, densidade, e até mesmo a existência de atmosferas, anéis ou satélites em torno do objeto ocultador.

O asteroide 2363 Cebriones é um Troiano de Júpiter e se encontra no ponto lagrangiano L5. Este asteroide orbita o Sol a cada 4.370 dias (11,96 anos), se aproximando a uma distância mínima de 5,03 UA e chegando até 5,44 UA do Sol ([JPL, Small Body Database](#)). É um asteroide de tipo D ([Grav et al., 2012](#)), que são caracterizados por terem um albedo menor, uma cor mais avermelhada e uma superfície composta de Olivina, Calcita, Magnetita, entre outros. Foi detectado pela primeira vez em Outubro de 1977 ([MPC](#)), possuindo um diâmetro médio de aproximadamente 95 km calculado utilizando dados do levantamento NEOWISE ([Grav et al., 2011](#)).

Para a determinação de seus parâmetros físicos, estamos analisando dados de ocultações ocorridas entre Maio/2021 e Agosto/2022 na Europa e nos Estados Unidos, cuja imagens e vídeos foram submetidos por observatórios e observadores amadores. Em seguida, realizamos o processo de fotometria nas imagens obtidas durante esses eventos e, assim, obtivemos as curvas dos fluxos de luz ao longo do tempo. Após a obtenção dos fluxos, realizamos o ajuste do modelo mais adequado para a ocultação sendo analisada, e obtivemos, assim, os melhores tempos de imersão e emersão da estrela ocultada, etc., que serão essenciais determinar os parâmetros físicos de interesse do asteroide.

Referências

Grav et al., The Astrophysical Journal, 742, 40, 2011

Grav et al., The Astrophysical Journal, 759, 49, 2012

MPC – Minor Planet Center

JPL/SBDB – Jet Propulsion Laboratory, Small-Body DataBase

Análise Preliminar do Sistema Planetário Kepler-80

João P. S. Monteiro, Silvia M. G. Winter, Luiz A. G. Boldrin, Maria I. C. Maués

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP, Guaratinguetá (SP), Brazil

E-mail: jps.monteiro@unesp.br

Neste trabalho será feita uma análise das regiões de estabilidade do sistema planetário Kepler-80, descoberto em 2012 pelo telescópio espacial Kepler, a fim de determinar as regiões que possam abrigar outros corpos. O sistema Kepler-80 é de interesse por possuir a maior cadeia ressonante descoberta até então, que envolve cinco de seus seis planetas, sendo confirmada por MacDonald et al. (2021), o que confere uma certa estabilidade ao sistema, além de ser um sistema compacto, com a estrela sendo pouco menor que o nosso Sol e os planetas sendo classificados como super-Terras. O pacote Mercury desenvolvido por Chambers (1999) foi escolhido para realizar as integrações numéricas e obter os dados necessários para a análise do sistema. Estas integrações envolverão os seis planetas do sistema e conjuntos de partículas distribuídas entre as órbitas planetárias, para que a evolução das partículas seja analisada.

Referências

MacDonald, Mariah G. et al., "A Five-Planet Resonant Chain: Reevaluation of the Kepler-80 System", *The Astronomical Journal*, 162:114 (9pp), 2021.

Chambers, John E., "A hybrid symplectic integrator that permits close encounters between massive bodies.", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 304.4, 1999.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES, CNPQ e FAPESP pelo suporte financeiro.

Tidal evolution in dwarf planets systems

Karyna Gimenez-Coelho¹, Adrián Rodríguez Colucci¹

¹Valongo Observatory- Federal University of Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

E-mail: kcoelho@ov.ufrj.br, adrian@ov.ufrj.br

Dwarf planets are Solar System objects orbiting the Sun that are massive enough to be in hydrostatic equilibrium but do not dynamically dominate the environments to which they belong. To date, there are five confirmed dwarf planets, four of which are located in the trans-Neptunian region, namely: Pluto, Eris, Haumea and Makemake. All four have natural satellites. Pluto is accompanied by its main satellite, Charon, as well as other satellites measuring a few tens of kilometers: Styx, Nyx, Kerberos and Hydra. Eris is joined by Dysnomia, Haumea by Hi'iaka and Namaka, and Makemake by MK2. It is well known that Pluto-Charon's rotations are synchronized with the orbital movements. This synchronous state is a natural consequence of tidal interaction between the dwarf planet and its main satellite. In this work we propose to investigate the orbital evolution of the tides in Pluto-Charon and Eris-Dysnomia systems using the creep model, where the main parameter is the viscosity attributed to the deformed body. Regarding the action of the tides on both bodies, we integrated the average equations of semi-major axis, eccentricity and rotation velocity over 10^9 years, in order to investigate when and how the system could have entered into synchronous motion. Furthermore, we intend to extend this analysis to other dwarf planets and their respective satellites using a tidal model for any rheology.

References

- Bernstein, G. M., et al., Synchronous Rotation in the (136199) Eris-Dysnomia System, *The Planetary Science Journal*, vol. 4, no. 6, 2023.
- Brown, M. E. and Butler, B. J., Masses and densities of dwarf planet satellites measured with ALMA, arXiv e-prints, 2023.
- Correia, A. C. M., Tidal evolution of the Pluto-Charon binary, *Astronomy and Astrophysics*, vol. 644, 2020.
- Ferraz-Mello, S. On Tides and Exoplanets. *Proceedings of the International Astronomical Union*, 15(S364), vol. 364, pp. 20-30, 2022.
- Holler, B. J., et al., The Eris/Dysnomia system I: The orbit of Dysnomia, *Icarus*, vol. 355, 2021.

Acknowledgments

CAPES, for financial support.

Physical Characterization of the Trojan Asteroid (3317) Paris from Stellar Occultations

Luan M. Catani^{1,2}, Bruno E. Morgado^{1,2}, Gustavo Benedetti-Rossi^{2,3}, Felipe Braga-Ribas^{2,4}, Altair Gomes-Júnior^{2,5}, Marcelo Assafin^{1,2}, Flávia L. Rommel^{2,4}, Roberto V. Martins^{2,6}, Júlio I. B. Camargo^{2,6} e Time de Observadores

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

² Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia, LIneA, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

³ Universidade Estadual Paulista, Unesp, Guaratinguetá, (SP), Brasil

⁴ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Curitiba, (PR), Brasil

⁵ Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Uberlândia, (MG), Brasil

⁶ Observatório Nacional, ON, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

E-mail: lcatani@ov.ufrj.br

The study of the physical properties and orbital dynamics of small bodies is crucial for understanding the formation and evolution of the Solar System. These bodies are grouped into dynamic groups with similar characteristics, and studying their members can provide important information about the group as a whole. Jupiter's Trojans are interesting study targets because little is known about their physical properties. Current models indicate that these asteroids formed in the outer region of the Solar System and migrated to their current orbits during the early formation phase of the system. This formation and migration process would have left signatures not only in the orbital distribution of these objects but also in their compositions, sizes, shapes, and masses^[1]. One way to study this group of objects is to determine their physical parameters, such as size, shape, rotation period, density, etc. From an observational perspective, these parameters can be obtained through the technique of stellar occultations, combined with studies of the rotation light curves of these objects. The target of this project is the Trojan asteroid (3317) Paris, for which we already have data from 41 positive detections. We also have a significant set of rotation light curves from observations conducted at the Pico dos Dias Observatory (OPD) and curves available to the public on the Asteroid Lightcurve Data Exchange Format (ALCDEF) portal^a. For the light curve generation, the PRAIA software^[2] will be used. Next, the physical parameters will be obtained through the analysis of the light curves of the events using the SORA^[3] package. As the final result of this study, by combining the stellar occultation and rotation light curve analysis techniques, we will determine important physical parameters such as the size, three-dimensional shape, and astrometric position of the asteroid (3317) Paris. Additionally, the vicinity of the asteroid will be investigated for the possible detection of surrounding materials, such as ring systems or natural satellites. This work will contribute to the study of small bodies in the Solar System, seeking to collaborate with efforts to understand the characteristics, distribution, and evolution of these celestial objects.

References

- [1] Morbidelli A. et al., 2005. *Nature* 435.7041 (2005): 462-465.
- [2] Assafin M. et al., 2011, *Gaia Follow-Up Network for Solar System Objects*, p85.
- [3] Gomes-Junior A., Morgado B., et al., 2021, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 511, 1167–1181

^aWebsite: <https://alcdef.org/>

XII Taller de Ciencias Planetarias, 2024
Observatório Nacional, ON, 26 de fevereiro a 01 de março de 2024
Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Ocultações Estelares pelo satélite de Quaoar (50000/1) Weywot

J.A.N. Rodrigues¹, F. Braga-Ribas^{2,3}, F. Vachier⁴, J. Desmars⁴, G. Margoti², C. L. Pereira^{5,3}, B. E. Morgado^{6,3}, J. L. Ortiz⁷, B. Sicardy⁸, E. Fernandez-Valenzuela⁷, B. Holler⁹, M. Kretlow⁷,

¹Universidade Federal do Paraná, UFPR, Paraná (PR), Brasil ²Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PPGFA/UTFPR-Curitiba, Paraná, Brasil ³Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia – LInEA, Rio de Janeiro, RJ, Brazil. ⁴IMCCE, Observatoire de Paris, PSL Research University, CNRS, Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 06, Univ. Lille, France ⁵Observatório Nacional - ON/MCTI, Rio de Janeiro, RJ, Brazil. ⁶ Universidade Federal do Rio de Janeiro – Observatório do Valongo, Rio de Janeiro, RJ, Brazil. ⁷Instituto de astrofísica de Andalucía, CSIC, Glorieta de la Astronomía, Granada, Spain. ⁸LESIA, Observatoire de Paris, Meudon, France. ⁹Space Telescope Science Institute, Columbia, MD, USA.

(E-mail: johannes.anr@gmail.com, fribas@utfpr.edu.br)

Quaoar é um objeto transnetuniano (TNO) clássico descoberto em 2002 que orbita o Sol a cerca de 43,5 unidades astronômicas (UA). Seu raio foi estimado em 555 km [1], tornando-o um dos cinco maiores TNOs conhecidos e candidato a planeta anão. O seu único satélite conhecido, o (50000/1) Weywot, foi descoberto em 2006, usando imagens do Telescópio Espacial Hubble. Considerando o diâmetro estimado no térmico para Quaoar ($D = 1073.6 \pm 37.9$) e que tanto Quaoar quanto Weywot possuem o mesmo albedo, o diâmetro do satélite foi estimado em 81 ± 11 km [2]. Ocultações estelares por Quaoar tem sido observadas desde 2011, com várias detecções positivas que permitiram a sua caracterização. Por outro lado, Weywot não havia sido detectado através dessa técnica até 2019, quando casualmente em uma ocultação estelar por Quaoar, em 04 de agosto na Namíbia, houve a primeira detecção de um TNO e seu satélite (excluindo-se Plutão e Caronte). Esse detecção resultou em uma corda com comprimento aproximado de 178 ± 67 km, maior que o valor de diâmetro estimado com as observações no térmico. Essa discrepância indica que, considerando a diferença de ~ 5 magnitudes com Quaoar obtidas com o Herschel, Weywot deve ter um albedo muito baixo, menor que 5%. A detecção furtiva dessa ocultação por Weywot permitiu que sua órbita fosse melhorada [3], levando assim a melhores previsões e novas detecções positivas por esse satélite, em junho de 2022 e maio e junho de 2023. Estas novas ocultações permitiram um melhor determinação dos parâmetros orbitais de Weywot e da massa de Quaoar, parâmetros fundamentais para entender a dinâmica dos curiosos anéis de Quaoar localizados além do limite de Roche [4]. A análise destes dados ainda permitirá melhor determinar o tamanho e forma de Weywot, consequentemente uma melhor determinação de seu albedo e, portanto a sua origem.

References

- [1] Braga-Ribas, F., Sicardy, B., Ortiz, J. L., et al. 2013, ApJ, 773, 26
- [2] Fornasier, S., Lellouch, E., Müller, T., et al. 2013, A&A, 555, A15
- [3] Vachier, F., et al., 2012 A&A, vol. 543, A68
- [4] Pereira, C.L., et al., 2023, A&A, vol. 674, L4

Um Estudo Preliminar das Características Dinâmicas de Superfície e Estabilidade de Órbitas ao Redor do Asteroide 1998 KY₂₆

Jonathan N. Nascimento^{1,2}, André Amarante^{1,2}

¹ Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Engenharia e Ciências (SP), Brasil

² Grupo de Dinâmica Orbital & Planetologia (GDOP), UNESP, Brasil

E-mail: jonathan.nascimento@unesp.br

O Sistema Solar é abundante em pequenos corpos de formatos não esféricos tais como os asteroides. Além disso, eventualmente muitos asteroides se aproximam da Terra e são classificados como NEAs. Dentre eles está o asteroide 1998 KY₂₆, que é um dos alvos da missão *Hayabusa 2* com previsão de chegada a esse sistema em 2031. Este asteroide tem a peculiaridade de ser rico em água. Além de que, seu tamanho é muito pequeno, da ordem de 30 m, considerado também como um asteroide super rápido, com um período de rotação de aproximadamente 11 min.

Sendo assim, existe a possibilidade de ser observado ejeções de partículas de sua superfície pela sonda *Hayabusa 2*, tal como foi visto pela primeira vez no asteroide (101955) Benu, pela sonda *OSIRIS-REx*. Desta forma, partículas ejetadas da superfície deste asteroide podem ficar presas dentro dos limites do lóbulo de Roche formando, possivelmente, um disco de partículas em seu entorno.

Neste trabalho estudamos a dinâmica de partículas na superfície e ao redor do asteroide 1998 KY₂₆. Por meio de simulações numéricas computacionais, utilizando o formato irregular deste pequeno corpo e sua rápida velocidade de rotação, mapeamos seu potencial gravitacional, aceleração de superfície e slopes, que são definidas como o suplemento do ângulo entre o vetor aceleração e o vetor normal à cada face do asteroide. Além disso, simulamos um disco de partículas ao seu redor para um conjunto de semieixos maiores e excentricidades. Nossos resultados indicam a possibilidade de regiões de estabilidade ao redor do asteroide 1998 KY₂₆. Além de que, mapeamos as regiões de estabilidade em sua superfície que indicam acúmulo ou ejeção de partículas.

Referências

M. Hirabayashi, et al., *Hayabusa2 Extended Mission: New Voyage to Rendezvous with a Small Asteroid Rotating with a Short Period*, Issue 3, Volume 68, 2021.

Shota Kikuchi, et al., *Preliminary design of the Hayabusa2 extended mission to the fast-rotating asteroid 1998 KY₂₆*, Volume 211, 2023.

Steven J. Ostro, et al., *Radar and Optical Observations of Asteroid 1998 KY₂₆*, Issue 5427, Volume 285, 1999.

C. W. Hergenrother, et al., *Photometry of Particles Ejected From Active Asteroid(101955) Benu*, Issue 9, Volume 125, 2020.

Agradecimentos

Os autores agradecem o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Unesp - PIBIC (IC sem bolsa) - Edital PROPe Unesp n° 09/2023. E o programa de Incentivo e Estímulo à Pesquisa aos Recém-contratados - IEPe-RC - Edital PROPe Unesp n°06/2023.

The 2021 mutual phenomena involving the Galilean satellites of Jupiter and the inner satellite Thebe

Luan M. Catani^{1,2}, Marcelo Assafin^{1,2}, Bruno E. Morgado^{1,2}, Sergio Santos-Filho^{1,2}, Felipe Braga-Ribas^{2,3}, Roberto V. Martins^{2,4}, Jonatã Arcas-Silva^{1,2}, André C. Milone⁴, Isabel J. Lima⁴, Rafael B. Botelho⁴

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

² Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia, LIneA, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

³ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Curitiba, (PR), Brasil

⁴ Observatório Nacional, ON, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

⁵ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos (SP), Brasil

E-mail: lcatani@ov.ufrj.br

During Jupiter's equinoxes, the Sun and Earth align with the gas giant's equatorial plane and the orbital plane of its main satellites. From this configuration, eclipses and occultations can occur among the satellites, providing mutual phenomena. In 2021, we participated in another campaign of Jupiter's Mutual Phenomena. Observations of these events are crucial for astrometry because they improve the accuracy of ephemerides and provide information about the orbital dynamics of the satellites. These data are fundamental for the planning of future space missions. In this work, we used the aperture differential photometry technique. The variation in the light flux of the observed objects produces a unique light curve for each event. The aspects of the light curves depend on parameters such as albedos, separation in the sky plane, and relative velocities between the satellites. Through the analysis of the light curves, we can determine these parameters, allowing us to measure the relative positions of the satellites with great precision. The data analyzed were collected mainly at the Pico dos Dias Observatory (OPD) and by collaborators in the south and southeast of Brazil. The event predictions were generated from ephemerides available on the IMCCE portal^{a,b}. In total, our observations resulted in 9 light curves generated from 7 distinct events. The results were achieved through the analysis of the light curves, extracted with PRAIA^[1], and applying the methodologies published by Morgado et al., (2019)^[2] and Dias-Oliveira et al., (2013)^[3]. For the geometric modeling of the events, we used the DE440 + Jup365 ephemerides, available on the NAIF portal^c. In our analyses, we obtained high-precision relative positions for the Galilean satellites, with an average internal precision of 5.6 mas and external precision of 2.8 mas. We also analyzed an eclipse of the inner satellite Thebe, which resulted in good precision, with values of 51 mas (internal) and 38 mas (external). It is worth noting that Thebe's eclipse is the second observed during the 40 years of predictions for mutual phenomena involving these satellites. This work resulted in a paper accepted for publication in the Monthly Notices of the Royal Astronomical Society^d.

References

- [1] Assafin M. et al., 2011, [Gaia Follow-Up Network for Solar System Objects](#), p85.
- [2] Morgado B. et al., 2019, [Planetary and Space Science](#). 179, 104736
- [3] Dias-Oliveira A. et al., 2013, [Mon. Not. R. Astron. Soc.](#) 432, 225–242

^aWebsite: <http://nsdb.imcce.fr/multisat/nsszph517he.htm>

^bWebsite: <http://nsdb.imcce.fr/multisat/nsszph518he.htm>

^cWebsite: <https://naif.jpl.nasa.gov/pub/naif>

^dWebsite: <https://doi.org/10.1093/mnras/stad3006>

Estabilidade Orbital de Pequenas Luas em Sistemas de Planetas Anões Transnetunianos

Lucas dos Santos Cadavez¹, Adrián Rodríguez¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

E-mail: lucascadavez20@ov.ufrj.br

Vários satélites com dimensões de algumas centenas de quilômetros já foram descobertos orbitando planetas anões. Porém, quando examinamos os tamanhos dos planetas anões, satélites considerados pequenos (poucas dezenas de quilômetros) são observados apenas no sistema onde Plutão é a massa dominante. Nesta pesquisa, investigamos a possibilidade desses pequenos corpos existirem em órbitas estáveis ao redor de outros planetas anões da região transnetuniana. Os objetos de estudo escolhidos foram Salacia, com raio de 846 ± 21 km (Grundy, W. M et al. 2019) e Varda com raio de 740 ± 14 km (Souami, D. et al, 2020), dois candidatos a planetas anões, ambos com apenas um satélite já confirmado: Actaea e Ilmare, respectivamente. Por meio do MERCURY - integrador capaz de resolver numericamente as equações exatas de movimento de cada componente do sistema - desenvolvemos a análise da dinâmica orbital de um objeto de massa desprezível inserido nos sistemas citados, cujo movimento é governado por equações que surgem no formalismo do problema dos três corpos restrito. Investigamos quais são as regiões e configurações orbitais que apresentam a maior chance de detecção do nosso pequeno corpo com pequenas variações dos elementos orbitais. Tal estudo foi feito recorrendo-se ao uso de mapas dinâmicos de diferentes condições iniciais de excentricidade e semieixo, com o objetivo de identificar locais de movimentos caóticos, que representam instabilidade orbital, onde não se espera observar o satélite hipotético, ou ainda nichos de estabilidade. Após a construção dos mapas, foi reservada especial atenção para as zonas em que as condições iniciais, para o semieixo, equivalem aos locais de ressonância de movimentos médios com o satélite já conhecido, onde o pequeno satélite pode estar capturado em uma região de movimento regular.

Referências

- Grundy, W. M. et al (2019). "Mutual Orbit Orientations of Transneptunian Binaries". *Icarus*, Volume 334, p. 62-78.
- Souami, D. et al. (August 2020). "A multi-chord stellar occultation by the large trans-Neptunian object (174567) Varda". *Astronomy & Astrophysics*, Volume 643, id.A125, 15 pp.

Agradecimentos

FAPERJ, pelo suporte financeiro

Searching for natural orbits around Iapetus considering its flattening and perturbations from Saturn and Titan

Lucas S. Ferreira¹, Antônio F.B.A. Prado^{2,3}, Rafael Sfair^{1,4}

¹ School of Engineering and Sciences, São Paulo State University (UNESP), Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333, Guaratinguetá, 12516-410, São Paulo, Brazil

² Postgraduate Division, National Institute for Space Research (INPE), Av. dos Astronautas, 1.758, São Jose dos Campos, 10587, São Paulo, Brazil.

³ Academy of Engineering, RUDN University, Miklukho-Maklaya street 6, Moscow, 117198, Russia

⁴ Institut für Astronomie und Astrophysik, Eberhard Karls Universität Tübingen, Auf der Morgenstelle 10, Tübingen, 72076, Germany

E-mail: ls.ferreira@unesp.br, antonio.prado@inpe.br, rafael.sfair@unesp.br

Recent studies show increased interest in the use of small satellites and constellations formed by these objects. The incentives for implementing these constellations are found in factors linked to reducing costs in production and launch, as well as advantages in preventing losses and supporting the execution of missions. Given this scenario, many of the small bodies in the Solar System have proven to be good candidates for future missions. The objective of the present work is to search for long-lasting orbital configurations for spacecraft around the small natural satellite Iapetus with the goal of planning constellations around this body. We seek to evaluate the effects of the gravitational attraction of the planet Saturn and the natural satellite Titan. We also consider the perturbative effects arising from the non-sphericity of Iapetus. The inclinations and eccentricities of the orbits of the perturbing bodies were considered. Lifetime maps were generated as a function of the inclination and semi-major axis initial of the orbit of the spacecraft and as a function of the argument of the pericenter and longitude of the initial node, considering different eccentricities for the orbit of the spacecraft. The results showed that, depending on the altitude and initial eccentricity of the orbit, there is a greater dependence on the choice of the value of ω_0 or Ω_0 . The results also show that circular orbits have longer lifetimes than the same orbits found on larger satellites such as Titan. When considering the disturbances from Titan and the flattening of Iapetus, our work sought to study synchronous orbits and orbits that do multiple turns around Iapetus during a single rotation period of the satellite, observing orbital conditions that survive at least 25 years.

Acknowledgments

National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), São Paulo Research Foundation (FAPESP), RUDN University, Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) and DFG German Research Foundation.

Confined Chaos and the Chaotic Angular Motion of Atlas, a Saturn's Inner Satellite

Lucas S. Pereira¹, Daniela C. Mourão¹, Othon C. Winter¹

¹ São Paulo State University (UNESP), Grupo de Dinâmica Orbital & Planetologia, 12516-410, São Paulo, Brazil

E-mail: lucas-soares.pereira@unesp.br

The dynamics of the Solar System exhibit inherent chaos and instability. Mathematical tools, such as the maximum Lyapunov Characteristic Exponent (LCE), and Lyapunov Time (T_L), play a crucial role in providing a qualitative understanding of chaos within celestial objects, such as asteroids and moonlets. Celestial bodies with relatively small Lyapunov times have garnered significant research interest due to their stable orbits, a phenomenon referred to as stable or confined chaos. Notable examples include the Saturn's satellites: Atlas, with a Lyapunov time on the order of 10 years, Prometheus and Pandora. This work aims to study the chaotic behavior of the Atlas satellite and its relatively small T_L . We present three-dimensional model approach designed to isolate the radial contribution from the LCE and assess its influence within the LCE. Our investigation focuses on the Saturn system, comprising Saturn itself, along with its satellites Atlas, Prometheus, Pandora, and Mimas. Atlas is of particular interest for LCE and T_L calculations. To estimate the radial contribution of the LCE, we find the projection of the radial vector of a ghost particle onto the Atlas radial vector, which allows us to calculate the difference between the radial vectors. This methodology enables us to estimate the radial contribution of the LCE and calculate the Lyapunov time. Remarkably, our results demonstrate that orbits remain stable even for integration times exceeding T_L affirming radial stability. Furthermore, we investigate the temporal behavior of Atlas's angular position in its orbit, potentially shedding light on chaotic angular dynamics.

References

- Milani, A.; Nobili, A. M. An example of stable chaos in the Solar System. *Nature*, v. 357, n. 6379, p.569–571, Jun 1992.
- Winter, O. C.; Mourão, D. C.; Giuliatti Winter, S. M. Short lyapunov time: a method for identifying confined chaos. *A&A*, v. 523, p. A67, 2010.
- Cooper, N. J. et al. Saturn's Inner Satellites: Orbits, Masses, and the Chaotic Motion of Atlas From New Cassini Imaging Observations. *The Astronomical Journal*, IOP Publishing, v. 149, n. 1, p. 27, dec 2014.

Acknowledgments

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) – Proc. 305210/2018-1, and Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) – Proc. 2016/24561-0.

BOCOSUR: Una red de detección de meteoros con cobertura en el territorio uruguayo

Lucía Velasco¹, Manuel Caldas¹, Gonzalo Tancredi¹, Álvaro Guaimare¹, Valeria Abraham¹,
Lucas Barrios¹, Matías Hernández¹

¹ Departamento de Astronomía, Instituto de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay

Correo Electrónico: redbolidos@fcien.edu.uy

La red Bocosur es un aporte al despliegue global de redes automatizadas de detección de meteoros, en particular al hemisferio sur. El despliegue de esta red comenzó en 2019 y finalizó en marzo de 2023, con la instalación de 20 estaciones separadas por aproximadamente 120 km, cubriendo un área de alrededor de 180.000 km².

Durante este período de tiempo, se realizó una mejora tecnológica importante cuando migramos a una cámara más sensible y de mayor resolución. Hemos logrado instalar una red con hardware y software homogéneos, y una densidad espacial de estaciones adecuada para la detección simultánea de un bólido en varias de ellas.

Actualmente, nos encontramos desarrollando un pipeline que nos permita partir de la detección y la clasificación certera de un meteorito a la determinación de su trayectoria y órbita. En lo que respecta a la clasificación de videos, optamos por implementar un software específico para nuestro sistema basado en Machine learning, donde también evaluaremos su desempeño en nuestra base de datos.

Presentaremos una comparación entre el rendimiento astrométrico y fotométrico de los dos sistemas de detección utilizados. Obtenemos residuos medios de la reducción astrométrica muy satisfactorios. Asimismo, incluiremos una validación de la metodología fotométrica de desarrollo propio para estimar el brillo de meteoros muy brillantes frente a las magnitudes conocidas de Júpiter y la Luna llena.

Buscamos inspirar a estudiantes y profesores de secundaria a través de su participación en este proyecto orientado a la ciencia ciudadana. Han contribuido en la creación de una base de datos de meteoros para el entrenamiento del algoritmo de clasificación.

Agradecimientos

El despliegue de la red hubiera sido imposible sin el apoyo de docentes de Astronomía de todo el país, la Dirección General de Enseñanza Secundaria y Dirección General de UTU (Uruguay), que nos permitió instalar las estaciones en 19 instituciones educativas diferentes.

Dinâmica de Partículas na Superfície de Núcleos Cometários Binários: Resultados Preliminares para o cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko

Luís F. C. Ribeiro¹, André Amarante¹

¹ Universidade Estadual Paulista, UNESP, Câmpus de Guaratinguetá (SP), Brasil

E-mail: luis.ceranto@unesp.br, andre.amarante@unesp.br

Por meio da sonda espacial Rosetta realizou-se a missão espacial a um cometa, através da qual possibilitou realizar o seu reconhecimento e mapeamento. Utilizando os vértices, faces, densidade e rotação, obtidas na missão espacial, produzimos um estudo sobre a sua dinâmica de superfície. Foram utilizadas linguagem de programação em Fortran, com auxílio do trabalho de Amarante e Winter (2020), para cálculo do vetor aceleração, e em linguagem C para sub-rotinas, auxiliando na manipulação dos dados e cálculos do ângulo suplementar entre o vetor normal e aceleração definido como slope. Para a realizações de figuras se fez uso do Software Gnuplot, possibilitando obtenção da forma 3D do objeto e do mapa dos slopes. Utilizando os 48.420 vértices e 96.834 faces conhecidos do objeto foi possível reproduzir o seu formato no qual podemos ter noção de sua forma irregular e da distância do centro até a sua superfície. Nossos resultados indicam possíveis regiões estáveis na superfície do cometa para depósitos de partículas. Utilizamos um período de rotação de 12,4043 horas (Mottola et al., 2014) e uma densidade média de $0,533\text{g/cm}^3$ (Pätzold et al., 2016). Mas também consideramos uma densidade de $0,333\text{g/cm}^3$, considerando um cometa menos denso, e de $0,833\text{g/cm}^3$, considerando um cometa mais denso. Nossos resultados mostram que alterando a densidade não houveram mudanças significativas no valor do ângulo suplementar entre o vetor normal e o vetor aceleração dos baricentros das faces (slopes), nos indicando que a dinâmica de partículas na superfície não se altera, de forma significativa. Entretanto, nas latitudes 20° e 40° há possibilidade do cometa estar ejetando partículas de sua superfície.

Referências

- A. Amarante, O.C. Winter, Surface dynamics, equilibrium points and individual lobes of the Kuiper Belt object (486958) Arrokoth. MNRAS 496, 4154-4173, 2020.
Mottola, S.; et al. The rottation state of 67p/Churyumov-Gerasimenko from approach observations with the OSIRIS cameras on Rosetta. September, 2014.
Pätzold, M.; et al. A homogeneous nucleus for comet 67p/Churyumov- Gerasimenko from its gravity field. Nature 530, 63-65. February, 2016.

Agradecimentos

Os autores agradecem o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Unesp – PIBIC (Bolsa Reitoria/Unesp) – Edital PROPe Unesp nº 09/2023. E o programa de Incentivo e Estímulo à Pesquisa aos Recém-contratados – IEPe-RC – Edital PROPe Unesp nº 06/2023.

Astrometry, differential aperture photometry and digital coronagraphy with PRAIA

M. Assafin¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

E-mail: massaf@ov.ufrj.br

PRAIA – Package for the Reduction of Astronomical Images Automatically – is a suite of astrometric and photometric tasks designed to cope with huge amounts of heterogeneous observations with fast processing, no human intervention, minimum parametrization and yet maximum possible accuracy and precision. It is one of the main tools used to analyse astronomical observations by an international collaboration involving Brazilian, French and Spanish researchers under the Lucky Star umbrella for Solar System studies. PRAIA has been used in reference system works, natural satellite and NEA astrometry for dynamical and ephemeris studies, and lately for the precise prediction and photometry of stellar occultations by planetary satellites, dwarf-planets, TNOs, Centaurs and Trojan asteroids. Here, we highlight novelties developed by us which significantly enhance astrometry and photometry precision and automation. PRAIA uses a robust automatic object detection and aperture characterization (BOIA), which abolishes the use of arbitrary sky background sigma factors, and finds better apertures than by using subjective FWHM factors. BOIA results explains the long standing empirical photometry/astrometry axiom that recommends using apertures with 2 – 3 sigma (Gaussian width) radius. PRAIA improved (x,y) aperture and coronagraphy centre, including the new Photogravity Center Method besides circular and elliptical Gaussian and Lorentzian generalized profiles. Coronagraphy of faint objects close to bright ones and vice-versa are now done, with elliptical rings for the coronagraphy of elongated profiles, and with refined quartile ring statistics, besides multiprocessing image capabilities for faster computation speed. PRAIA’s pixelized aperture photometry (PCAP) avoids pixel sub-sampling or fractioning with fast, precise and automatic measurements for huge amounts of observations. We give examples showing the astrometry, photometry and coronagraphy performance, discuss the advantages of PRAIA over other astrometry and photometry packages and coronagraphy tools and methods, and comment about future planned implementations. PRAIA astrometry, photometry and coronagraphy can be applied beyond Solar System works, in many astrophysical observations and contexts, such as in the differential photometry of variable and cataclysmic stars and transient phenomena like exoplanet transits and microlensing - to name a few. PRAIA codes and input files are publicly available for the first time at <https://ov.ufrj.br/en/PRAIA/>.

References

- Assafin M., Astrometry with PRAIA, P&SS (submitted), 2023.
Assafin M., Differential aperture photometry and digital coronagraphy with PRAIA, P&SS (submitted), 2023.

Acknowledgments

CNPq for grants 427700/2018-3, 310683/2017-3 and 473002/2013-2. The Lucky Star Project agglomerates the efforts of the Paris, Granada and Rio teams, and is funded by the European Research Council under the European Community’s H2020 (ERC Grant Agreement No. 669416).

XII Planetary Sciences Workshop, Taller 2024
February 26 to March 1, 2024
Rio de Janeiro, RJ, Brazil

Non-transiting exoplanet characterization by using TTV pattern and Deep Learning

Marco A. P. Domingues¹, Fernando Roig¹

¹ Observatório Nacional, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

E-mail: marcodomingues@on.br

The accelerated growth in the volume of data from astronomical surveys, including the light curves of billions of stars as input for exoplanet transit detection techniques, demands software tools capable of autonomous knowledge extraction. The use of Deep Learning techniques to help identify and characterize exoplanets has been expanded. We are training an algorithm based on deep convolutional neural networks to infer mass and period of exoplanets in a planetary system. We produced several hundred thousands of images based on transit light curves, called riverplots, from synthetic planetary systems, and trained an algorithm to learn from transit time variations (TTV) patterns of a transiting planet, caused by a non-transiting one. We included factors present in the light curves, such as limb-darkening and noise resulting from stellar activity, seeking to mitigate their impact on the predictive capacity of the algorithm. We tested for different CNN architectures, classifying period and mass of hidden undetected non-transiting planets in simple planetary systems, consisting of a host star and only two planets, one that transits and one that does not.

Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko: Outbursts and diamagnetic cavities

M. R. Voelzke^{1,2}, K-H. Glassmeier², W. Exner²

¹ Cruzeiro do Sul University, Sao Paulo, Brazil

² Institute of Geophysics and Extraterrestrial Physics - Technical University of Braunschweig, Braunschweig, Germany

E-mail: mrvoelzke@hotmail.com

On 2014 August 06 the Rosetta spacecraft arrived at comet 67P/Churyumov- Gerasimenko. Since then, the spacecraft accompanied the comet on its journey around the Sun (Glassmeier et al. 2007), until the end of the mission on 2016 September 30. This work tries to understand the possible connections between the 665 reported diamagnetic regions (Goetz et al. 2016), detected from April 2015 to February 2016 around the comet 67P/Churyumov-Gerasimenko, with the fluxgate magnetometer of the Rosetta Plasma Consortium (RPC-MAG), when the heliocentric distance of the comet from the sun varied from 1.8 to 2.4 AU and the 34 reported outbursts (Vincent et al. 2016), detected from July to September 2015, with the Optical, Spectroscopic, and Infrared Remote Imaging System (OSIRIS) cameras, when the ESA's Rosetta spacecraft changed the cometocentric distance from 155 to 817 km.

References

- Glassmeier, et al., Space Sci. Rev., 128, 1-21, 2007.
Goetz, et al., MNRAS, 462, 459-467, 2016.
Vincent, et al., MNRAS, 462, 184-194, 2016.

Acknowledgments

M.R. Voelzke would like to acknowledge the support provided by the Cruzeiro do Sul University and the Technical University of Braunschweig.

Métodos alternativos de análise química total de meteoritos acondritos

Maria Clara Ferreira Alvarenga¹, Amanda Tosi², Diana Paula de Pinho Andrade¹, Maria Elizabeth Zucolotto³

¹ Observatório do Valongo/UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

² Instituto de Geociências/UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

³ Museu Nacional/UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

E-mail: mariaclara19@ov.ufrj.br

Acondritos são meteoritos que não possuem côndrulos, sendo vestígios do Sistema Solar primitivo, oriundos de corpos diferenciados quimicamente, como luas, planetas e alguns asteroides. Um exemplo é o meteorito Serra Pelada, classificado como um Eucrito do grupo HED, proveniente do asteroide 4-Vesta. Visto isso, foi iniciado em 2021 um projeto voltado para a análise de três fragmentos do meteorito Serra Pelada, utilizando dois métodos diferentes. Os fragmentos FRAG1 e FRAG2 foram investigados através de espectros obtidos por PIXE (Emissão de Raios-X induzida por Partículas), enquanto o FRAG3 foi examinado usando a técnica XRF (Fluorescência de Raios-X). Feito o tratamento dos dados, agrupamos os resultados das três amostras e os confrontamos, percebendo similaridades com a composição de outros acondritos Eucritos presentes na literatura. Posteriormente, realizamos um novo estudo, visando de realizar a análise química do meteorito marciano Socorro, classificado como Shergotito do grupo SNC. O estudo foi realizada por meio da Microsonda Eletrônica (EPMA) presente na LABSONDA/IGEO/UFRJ. Usando espectrômetros acoplados (EDS), essa técnica consiste na análise química mineral na ordem de micrômetros de diâmetro. Verificando as condições analíticas e aplicando esse método, obtemos os resultados da química total da amostra e comparamos com dados de outros Shergotitos classificados na literatura, onde observamos que alguns resultados foram promissores. Ao final desses projetos, concluímos que, entre as três técnicas utilizadas, a EPMA/EDS foi o mais promissora para a análise da química total, visto que os resultados foram os mais próximos da literatura do meteorito. Os próximos passos são realizar novos testes com outras condições analíticas do meteorito Socorro, utilizando a Microsonda Eletrônica e dar continuidade a este projeto de desenvolvimento metodológico para química total, realizando assim novas análises com outros acondritos utilizando as técnicas mencionadas. O objetivo geral desses estudos é ampliar a possibilidade de se obter a química total de meteoritos por outras metodologias e os tornar novos métodos de análise de meteoritos.

Referências

- ZUCOLOTTO, Maria E., et al. Serra Pelada: The first amazonian Meteorite Fall is a Eucrite (Basalt) From Asteroid 4-Vesta. *Anais Da Academia Brasileira De Ciências (Online)*, V. 90, P. 1, 2018.
- MITTFEHLDT, D. W. et al., "Non-chondritic meteorites from asteroidal bodies." *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*. 36 (1):4.1–4.195, 1998.
- LODDERS, K., A survey of shergottite, nakhlite and chassigny meteorites whole-rock compositions. *Meteoritics and Planetary Science*, 33: A183-A, 1998

The missing rings around Solar System moons

Mario Sucerquia^{1,2}, Jaime A. Alvarado-Montes^{3,4}

¹ Departamento de Ciencias, Facultad de Artes Liberales, Universidad Adolfo Ibáñez, Av. Padre Hurtado 750, Viña del Mar, Chile.

² Núcleo Milenio Formación Planetaria - NPF, Chile.

³ School of Mathematical and Physical Sciences, Macquarie University, Balaclava Road, North Ryde, NSW 2109, Australia

⁴ The Macquarie University Astrophysics and Space Technologies Research Centre, Macquarie University, Balaclava Road, North Ryde, NSW 2109, Australia

Correo Electrónico: mario.sucerquia@edu.uai.cl

Rings are complex structures that surround various bodies within the Solar System such as giant planets and certain minor bodies. While some formation mechanisms could also potentially foster their existence around (regular or irregular) satellites, none of these bodies currently bear these structures. We aim to understand the underlying mechanisms that govern the potential formation, stability, and/or decay of hypothetical circumsatellital rings (CSRs) [1], orbiting the largest moons in the Solar System. This extends to the exploration of short-term morphological features within these rings, providing insights into the ring survival time-scales and the interactions that drive their evolution. To conduct this study, we use numerical N-body simulations under the perturbing influence of the host planet and other moon companions. We found that moons with a lower Roche-to-Hill radius can preserve their rings over extended periods. Moreover, the gravitational environment in which these rings are immersed influences the system's morphological evolution (e.g. ring size), inducing gaps through the excitation of eccentricity and inclination of constituent particles. Specifically, our results show that Iapetus' and Rhea's rings experience minimal variations in their orbital parameters, enhancing their long-term stability. This agrees with the hypothesis that some of the features of Iapetus and Rhea [2,3] were produced by ancient ring systems, for example, the huge ridge in Iapetus equator as a result of a decaying ring. From a dynamical perspective, we found no mechanisms that preclude the existence of CSRs and we attribute their current absence to non-gravitational phenomena. Effects such as stellar radiation, magnetic fields, and the influence of magnetospheric plasma can significantly impact the dynamics of constituent particles and trigger their decay. This highlights the importance of future studies on these effects.

Referencias

1. Sucerquia, M., Alvarado-Montes, et al. 2022, MNRAS, 512, 1032.
2. Kerr, R. A. 2008, Science, 319, 1325
3. Tiscareno, et al., Geophys. Res. Lett., 37, L14205

Agradecimientos

MS acknowledges support from ANID (Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo) through FONDECYT postdoctoral 3210605. MS, JC & MM thank ANID - Millennium Science Initiative Program – NCN19_171. JAA-M is funded by the International Macquarie University Research Excellence Scholarship ('iMQRES').

XII Planetary Sciences Workshop, Taller 2024
February 26 to March 1, 2024
Rio de Janeiro, RJ, Brazil

Near Earth Observations from CASLEO's Jorge Sahade (2.15m) telescope

M. Melita¹, L. Mammana², D. Lazzaro³, P. Arcoverde³, J.W. Pereira Da
Silva³

¹ IAFE (CONICET-UBA), Argentina

² CASLEO (CONICET-UNSJ-UNLP-UNC), Argentina

³ ON, RJ, Brasil

E-mail: melita@iafe.uba.ar

We shall summarize the results of the photometric observations of Near Earth Objects made at the Jorge Sahade (2.15m) telescope, located at the Complejo Astronomico El Leoncito (San Juan, Argentina). At the moment we have observed 42 nights since October 2021. We have data from 29 different objects. Our data includes sparse Johnson-BVRI colors to determine phase curves and spectro-photometric properties in the visible and/or lightcurves in the Johnson-R filter to determine rotation periods and shape properties. We are presenting the detailed data per object and we shall discuss the scope of this campaign, based on our results so far. Our sample includes 2 binaries and a possible tumbler. This project is a contribution to the campaign of observation of Near Earth Objects from the Observatorio Astronomico do Sertao de Itaparica.

Acknowledgments

ANPCyT, Mincyt, Argentina.

On the possible connection between lightning induced remanent magnetization and the strongest magnetic anomalies on Mars

Melissa A. Nunes¹, Ricardo I.F. da Trindade¹

¹ Universidade of São Paulo, USP, São Paulo (SP), Brazil

E-mail: melissa.nunes@usp.br,

Lightning is known for induce strong and scattered remanent magnetization when it hits the ground, an effect due to its electric currents carrying tens of kilo-amperes with approximately circular magnetic fields. As lightning-induced remanent magnetization cannot be helpful in paleomagnetic studies, this type of magnetization is few explored, but its strong effect may be associated with Mars' magnetic field. Mars has strong magnetic anomalies spread across its crust, with values that can reach more than 100 times the Earth's crustal remanent magnetization in general. These strong anomalies are difficult to explain by the acquisition of thermoremanent magnetization in the presence of an ancestral Martian magnetic field, and phenomena such as meteorite impacts may be more effective in explaining the positions of the anomalies and demagnetized patterns than stronger magnetization.

Our work evaluated experimentally the effects of high lightning-like current, of ~ 60 kA, setting igneous samples, chosen attempting to represent Mars' rocks composition, close to a wire in which electric current was conducted. We found that a ~ 60 kA current can change magnetic parameters in igneous rocks, with an increase in remanent magnetization in until more than 100 times, therefore, a proportional increase in Königsberg's ratio, comparing remanent magnetization and induced magnetization, and also with modification of magnetic coercivity of samples, increasing or decreasing it, depending on the case. Although we found remanent magnetization values that can explain the intensities of the strongest magnetic anomalies on Mars, to explain their size, it is necessary to better evaluate the processes that conduct electric current over long distances in planetary crusts.

References

- Cox, A., Anomalous Remanent Magnetization of Basalts, Geological Survey Bulletin 1083-E, 1961.
- Graham, K. W. T., The Re-magnetization of a Surface Outcrop by Lightning Currents, Geophysical Journal International, 6.1, 1961.
- Rochette, P. et al., Magnetism, iron minerals, and life on Mars, Astrobiology, 6, 2006.
- Sakai, H., Sunada, S., Sakurano, H., Study of lightning current by remanent magnetization. Electrical Engineering in Japan, 123, 1998.
- Voorhies, C. V., Sabaka, T. J., Purucker, M., On magnetic spectra of Earth and Mars, J. Geophys. Res., 107, 2002.

Acknowledgments

We are grateful to USPMAG lab and Group of High Voltage (IEE-USP) for providing resources for experimental work. We would like to acknowledge Dr. Johanna Salminen and Dr. Rachel Albrecht for instructions and advice. This project is financially supported by Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) - 88887.712751/2022-00.

The Influence of Stellar Activity on the Atmospheric Properties of Hot Jupiters

Micah G. C. Navia¹, Luan Ghezzi¹, Patricia Cruz²

¹ Valongo Observatory, Federal University of Rio de Janeiro (RJ), Brazil

² Centro de Astrobiología (CAB), CSIC-INTA, Madrid, Spain

E-mail: micah18@ov.ufrj.br, luanghezzi@ov.ufrj.br, pcruz@cab.inta-csic.es

During the last three decades, great advances have been made in the field of exoplanets. Among them, the discovery of an extreme class: the hot Jupiters. These exoplanets are objects with size and mass similar to Jupiter, but unlike the gas giant of the Solar System, their orbital period is less than ten days. This makes them extremely irradiated planets and, consequently, with higher temperatures. Since they are so close to their host stars, it is reasonable to assume that there is a direct stellar influence on the atmosphere of these objects. To study some of these effects, we can analyze the parameters obtained from secondary eclipses at infrared bands. These observations may provide important information, such as the brightness temperature and the presence or absence of thermal inversion layer in their atmospheres, when compared to models. Using a sample of 63 hot Jupiters with information on temperature inversion and stellar activity, we analyze the hypothesis that exoplanets without temperature inversion layer orbit active stars, while exoplanets with inversion orbit inactive stars. Furthermore, we reproduce two approaches from previous works that try to classify hot Jupiters according to their brightness temperatures and their relative fluxes: the empirical index proposed by Knutson et al. (2010) and the metric proposed by Wallack et al. (2021). We did not find a clear correlation between the considered brightness temperatures and the stellar chromospheric activity index, except for the H and 5.8 μm bands that showed a weak correlation. In addition, we did not find a clear separation between exoplanets with or without thermal inversion as a function of stellar activity. We verified that the most irradiated exoplanets have atmospheric thermal inversion, while the least irradiated ones do not. Therefore, we conclude that stellar influence must be considered when studying the atmospheres of hot Jupiters. In the future, this research may serve as a basis for studying the atmosphere of rocky exoplanets.

Referências

Taylor M.B. et al., TOPCAT & STIL: Starlink Table/VOTable Processing Software, *Astronomical Data Analysis Software and Systems XIV*, 347, 2005.

Knutson, H. A., Howard, A. W. & Isaacson, H. A correlation between stellar activity and Hot Jupiter Emission Spectra. *The Astrophysical Journal*, 720, 1569–1576, 2010.

Wallack, N. L., Knutson, H. A. & Deming, D. Trends in Spitzer secondary eclipses. *The Astronomical Journal*, 162, 36, 2021.

Acknowledgements

This work has been supported by CNPq, a Brazilian research agency, and Federal University of Rio de Janeiro through Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC). L.G. acknowledges financial support from Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), through the ARC research grant E-26/211.386/2019. P.C. acknowledges financial support from the Government of Comunidad Autónoma de Madrid (Spain) via postdoctoral grant 'Atracción de Talento Investigador' 2019-T2/TIC-14760. This work makes use of the Virtual Observatory tool TOPCAT (Taylor et al. 2005).

Análise de colisões entre exocometas nos sistemas Kepler-90, Kepler-35 e Kepler-38

Nilce da Silva dos Santos¹, Silvia Maria Giuliatti Winter¹, Rafael Ribeiro de Sousa¹

¹ Universidade Estadual Paulista, Unesp, Guaratinguetá (SP), Brazil

E-mail: nilce.s.santos@unesp.br

A possibilidade de entrega de água e matéria de importância astrobiológica para os planetas de nosso Sistema Solar através de colisões com cometas motivou o tema do presente trabalho no qual analisamos a dinâmica e possibilidade de colisões de exocometas com planetas em sistemas extrassolares considerando esses corpos (os exocometas) sub-produto da formação planetária. Utilizamos o pacote Mercury (Chambers, 1999) e o integrador Bulirsch-Stoer para a integração numérica. Analisamos os sistemas Kepler-90 (K90), Kepler-35 (K35) e Kepler-38 (K38). K90 é um sistema que possui oito planetas confirmados dentro de um raio orbital de 1 u.a. e em uma disposição hierárquica, ou seja, os planetas mais internos são do tipo Terra e os planetas mais externos são gigantes gasosos. A análise foi realizada considerando um reservatório cometário sob influência gravitacional dos planetas e para três valores de excentricidades dos planetas para os quais o sistema é estável: 0, 0.001 e 0.01 (Gaslac, 2021). A escolha desse sistema se deve por suas semelhanças com o nosso Sistema Solar e verificamos que para os três casos analisados ocorreram colisões, sendo que menos de 5% dos exocometas hipotéticos colidiram com os planetas, e, assim, o transporte de água é possível através desses corpos no início da integração numérica e que ainda são ativos. K35 e K38 são dois sistemas binários com um planeta confirmado em cada sistema. Barbosa et al. (2020) mostraram a possibilidade de formação de um planeta do tipo Terra na zona habitável de cada um desses sistemas. Dessa forma, realizamos uma análise semelhante a de K90 para K35 e K38 considerando, em nossas simulações, o planeta confirmado e o possível planeta do tipo Terra que pode se formar. Ocorreram colisões com as estrelas e ejeções de exocometas hipotéticos considerados. Entretanto, não verificamos colisões com os planetas e o transporte de água por esse mecanismo não é possível para as condições iniciais analisadas.

Referências

- BARBOSA, G.O. et al. Earth-size planet formation in the habitable zone of circumbinary stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, v. 494; p. 1045-1057, 2020.
- DVORAK, R.; LOIBNEGGER, B.; CUNTZ, M. On the dynamics of comets in extrasolar planetary systems. In: *The Trans-Neptunian Solar System*. Elsevier, 2020. p. 331-350.
- GALLARDO, D. M. G. Dinâmica dos pequenos corpos de Netuno e o sistema Kepler-90. Orientador: Silvia Maria Giuliatti Winter. 2021. Tese (Doutorado em Física) - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016

Acknowledgments

SMGW agradece a Fapesp (Proc.2016/24561-0) e CNPq (Proc.313043/2020-5)

Dynamics of a particle around a non-spherical symmetrical body with a large crater

Paulo Victor S. Soares¹, Silvia Maria G. Winter¹, Gustavo Madeira², Othon C. Winter¹,
Taís A. S. Ribeiro¹

¹ Universidade Estadual Paulista, UNESP, Guaratinguetá (SP), Brazil

² Institut de Physique du Globe de Paris, IPGP, Paris, France

E-mail: paulo.v.soares@unesp.br

New information about Trans-Neptunian Objects is becoming increasingly common, and as a result, many discoveries are being made about these objects, such as the case of (307261) 2002 MS4. According to data collected in recent years using the stellar occultation technique and studies that analyzed this data, there is evidence of the existence of a large crater on the surface of 2002 MS4, with a depth depression of 45.1 ± 1.5 km and a linear extent of 322 ± 39 km (there was an estimate made in 2007 by the Spitzer Space Telescope that 2002 MS4 has a diameter of 726 ± 126 km). It was these peculiar characteristics that motivated us to initiate an investigation to better understand the dynamics of particles around bodies with this type of anomaly on their surface. The objective of this work is to study the dynamics and stability of the system, analyzing sectoral resonances in detail. We will address the two-body problem with rotation and a change in the potential of the central body, considering its spherical shape with a crater. The system consists of a central spherical body with a large and deep crater. Following Madeira et al. (2022), we normalize the system by setting $G=1$, $M=1$ (mass of the spherically symmetric body), and $R=1$ (the distance between the system centre and the "mass of the crater"). The system can be fully described by two free parameters: the rotation parameter of the central body λ , which represents the ratio between angular velocity and Keplerian frequency, and the mass parameter μ , which represents the ratio between the "mass of the crater" and the mass of the spherically symmetric body. The dynamics will be numerically explored as a function of these two parameters using the Poincaré sections technique, and resonance regions will be identified to understand how this anomaly will influence the dynamics of a particle under the gravitational field of this system.

References

- Murray, C. D., Dermott, S. F., Solar System Dynamics, 1999.
Madeira, G. O. et al., Dynamics around non-spherical symmetric bodies, *MNRAS*, 510, 2022.
Rommel, F. L. et al., A large topographic feature on the surface of the trans-Neptunian object (307261) 2002 MS4 measured from stellar occultations, *Astronomy & Astrophysics*, 46892, 2023.

Acknowledgments

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001 - Process 88887.918101/2023-00.
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) - Process 2021/07181-7.
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Processes 313043/2020-5 and 305210/2018-1.

Trajectories for Mining Space Mission on Asteroids in Near Earth Orbit

Pryscilla M. Pires¹, Ernesto V. Neto², Silvia M. Giuliatti Winter²

¹ Faculty of Technology, Rio de Janeiro State University, UERJ, Resende (RJ), Brazil

² Guaratinguetá Engineering and Science Faculty, São Paulo State University, UNESP, Guaratinguetá (SP), Brazil

E-mail: pryscilla.pires@fat.uerj.br, ernesto.vieira@unesp.br, giuliatti.winter@unesp.br

Mining asteroids will soon be a reality, the technology for this venture is almost off the shelf depending on the development of artificial intelligence for autonomous robotic spacecraft. In this work we treat the problem of transporting ores to Earth, mainly to the vicinity of the Moon to avoid any accident of a colliding asteroid. We explore the database for Near Earth Objects (NEOs) and choose the best asteroid candidates for mining, based on their orbit. We studied Apollos and Atens groups since they are Earth orbit crossing objects. The main strategy of this work is to obtain trajectories that could lead to a transfer orbit from the current orbit of the asteroid to the vicinity of the lunar orbit. We use the relative two body energy between the Moon and the asteroid to find the best orbit candidates. The best point of the asteroid trajectory is the point that could lead to a less expensive maneuver. We found that there are less than 1000 asteroids from the Apollo group, and less than 350 asteroids from the Aten group, that could be transferred to a temporary orbit around the Moon with a variation in velocity smaller than 447 m/s. We found a temporary capture of an Apollo asteroid (2015 DO215) around the Moon in the year ~ 2063 . We also identified, from our numerical simulations, that an asteroid of the Aten group may collide with Earth. Therefore we propose two mitigation maneuvers to change the probability of collision.

References

- O'Leary, B.: Mining the Apollo and Amor Asteroids. *Science*, 197(4301), 363–366 (1977).
Elvis, M.: Let's mine asteroids — for science and profit. *Nature* 485(7400), 549 (2012).
Jedicke, R., Sercel, J., Gillis-Davis, J., Morenz, K.J., Gertsch, L.: Availability and delta-v requirements for delivering water extracted from near-Earth objects to cis-lunar space. *Planetary and Space Science* 159, 28-42 (2018).

Acknowledgments

Ernesto V. Neto thanks CNPq (Proc. 305420/2019-4) and Silvia M. Giuliatti Winter thanks the brazilian agencies, CAPES (Finance Code 001), FAPESP (Proc. 2016/24561-0), and CNPq (Proc. 313043/2020-5), for the financial support.

A Lua como uma possível fonte de corpos coorbitais da Terra

Rafael Sfair^{1,2}, Luiz C. Gomes¹, Othon C. Winter¹, Ricardo A. Moraes¹, Gabriel Borderes-Motta³, Christoph M. Schäfer²

¹ UNESP - Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, Brasil

² Institut für Astronomie und Astrophysik, Eberhard Karls Universität Tübingen, Tübingen, Alemanha

³ IRF, Swedish Institute of Space Physics, Kiruna, Suécia

E-mail: rafael.sfair@unesp.br

Há um aumento significativo na detecção de objetos coorbitais da Terra, com pelo menos cinco deles ocupando órbitas classificadas como quase-satélites. Um desses objetos é o 469219 Kamo'oalewa, que exibe uma assinatura espectral notavelmente semelhante à da Lua. Investigamos aqui condições necessárias para que um corpo de pequenas dimensões, ejetado da Lua, se torne um coorbital da Terra, com um foco especial nas órbitas quase-satélites. Esta análise é feita por meio de simulações numéricas do problema de quatro corpos envolvendo o Sol, Terra, Lua e partícula. Considera-se a ejeção das partículas de forma radial e isotrópica em toda a superfície lunar, com velocidade variando entre 1 e 7 vezes a velocidade de escape lunar.

Adicionalmente, diferentes configurações iniciais do sistema Lua-Terra-Sol são examinadas, juntamente com uma análise das condições de impacto na Lua que têm a capacidade de gerar objetos com dimensões comparáveis às do Kamo'oalewa. A evolução das partículas em trajetórias coorbitais com a Terra se revela um resultado frequente, ocorrendo em cerca de 25% das simulações realizadas. Aproximadamente 4% das partículas ejetadas colidem com a Terra ou a Lua, enquanto cerca de 2% exibem um comportamento temporário de quase-satélite, sugerindo um possível caminho que pode levar ao estabelecimento de órbitas semelhantes à do Kamo'olawa.

Estrutura dinâmica de um disco hipotético de partículas ao redor do asteroide Apófis

Raí Machado Oliveira¹, G. Valvano¹, O. C. Winter¹, R. Sfair^{1,2}, G. Borderes-Motta^{3,4}

¹ Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia, UNESP, Guaratinguetá (SP), Brasil

² Institut für Astronomie und Astrophysik, Eberhard Karls Universität, Tübingen, Alemanha

³ Bioengineering and Aerospace Engineering Department, Universidad Carlos III de Madrid, UC3M, Leganés, Espanha

⁴ Swedish Institute of Space Physics (IRF), Kiruna, Suécia

E-mail: rai.machado@unesp.br

99942 Apófis é um asteroide descoberto em 2004 que faz parte do conjunto de Asteroides com Órbitas próximas à Terra (NEA's). Em 2021, foi removido da lista de objetos potencialmente perigosos, uma vez que o seu risco de colisão com o nosso planeta foi descartado pelos próximos cem anos. Contudo, sua relevância para a astronomia continua em evidência, tendo em vista seus futuros encontros próximos com a Terra. Este trabalho analisa a dinâmica de um hipotético disco de partículas ao redor de Apófis em termos de seus destinos (colisão, ejeção e sobrevivência) após um período de 30 anos de integração. São apresentados as características de uma complexa estrutura na vizinhança do asteroide, gerada pelo seu potencial gravitacional levando em conta o formato irregular e alongado. Além disso, é apontada que a comensurabilidade entre a frequência de movimento orbital das partículas e o período de rotação do asteroide geram efeitos de ressonância spin-orbit que dominam as regiões analisadas. Os resultados do trabalho mostram que a evolução da trajetória das partículas na direção z e também o seu destino são caracterizados pelos efeitos ressonantes e pelo potencial gravitacional gerado pela assimetria alongada do corpo, o que permite explicar em detalhes as regiões formadas nas vizinhanças do asteroide.

Agradecimentos

Este estudo contou com o financiamento de Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) através do Programa CAPES-PrInt, proc. 88887.310463/2018-00, Projeto de Cooperação Internacional Proc. 3266, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) - Proc. 2016/24561-0, Proc. 2019/23963-5, Proc. 2020/14307-4, Proc. 2022/01678-0, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Proc. 305210/2018-1, and DFG German Research Foundation (project 446102036).

XII Taller de Ciencias Planetarias, 2024
Observatório Nacional, ON, 26 de fevereiro a 01 de março de 2024
Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Search for satellites and rings from NRCB1 Infrared JWST Chariklo Observations

M. Assafin¹, A. R. Gomes-Júnior², G. Benedetti-Rossi³, J. I. B. Camargo⁴, B. E. Morgado¹, F. Braga-Ribas⁵, C. Pereira⁴, F. Rommel⁶, P. Santos-Sanz⁷ and B. Sicardy⁸

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

² Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Belo Horizonte (MG), Brazil

³ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Guaratinguetá (SP), Brazil

⁴ Observatório Nacional, ON/MCTI, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

⁵ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Curitiba (PR), Brazil

⁶ Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

⁷ Instituto de Astrofísica de Andalucía, Granada, Spain

⁸ Observatoire de Paris – LESIA, Meudon, France

E-mail: massaf@ov.ufrj.br

This report regards to the image treatment of JWST observations of the 18 October 2022 Chariklo stellar occultation. Here, we report results on the co-addition of NRCB1 (1.5 μm) images in an attempt to identify the rings or putative satellites in the FOV. Due to the body movement and the need to avoid profile contamination, we used images far from the occultation itself, and restricted our search to a FOV of 0.99'' x 0.45'' around Chariklo. After sub-sampling, co-adding the images and subtracting body and star resulting profiles, our analysis did not detect any satellites in this area. Using the occultation star and Chariklo's estimated J magnitudes, we find a detection limit of $J = 20.274$ at the 1-sigma level. A profile at the expected location of the rings was detected, with sub-pixel brightnesses within 0.1 - 0.2 of Chariklo's peak height, compatible with the expected ring brightness from former studies of the system with SPHERE and HST observations.

Acknowledgments

CNPq for grants 427700/2018-3, 310683/2017-3 and 473002/2013-2. This work is based on observations made with the NASA/ESA/CSA James Webb Space Telescope.

Dust Generation through macroscopic bodies collisions in planetary rings: A Hybrid Approach Integrating SPH Analysis and N-Body Simulations

P. B. Siqueira^{1,2}, R. Sfair^{1,2}, V. Lattari¹, C. M. Schäfer²

¹ Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia, São Paulo State University, UNESP, Guaratinguetá, CEP 12516-410, São Paulo, Brazil

² Institut für Astronomie und Astrophysik, Eberhard Karls Universität Tübingen, Germany

E-mail: patricia.buzzatto@unesp.br

Planetary rings, a common feature around giant planets, have recently been discovered around centaurs and dwarf planets. These rings often contain azimuthally confined structures known as arcs, associated with increased particle density due to corotation resonances. One well-known example is Saturn's G ring arc, attributed to the Aegaeon satellite's presence and the resonant confinement by Mimas. However, the conventional explanation of dust production by Aegaeon struggles to account for the arc's brilliance within the observed time span. Our study explores an alternative model of dust generation within planetary rings, mainly focusing on the G ring arc. Building upon previous work, we introduce a hybrid approach that combines Smooth Particle Hydrodynamics (SPH) analysis with N-body simulations to investigate the impact between macroscopic bodies embedded in the arc. These bodies, though large, remain below the resolution limit of cameras and have the potential to collide, generating more dust or even forming new satellites. Unlike previous approaches that assume gravitational regimes (1), we consider a wide range of body sizes, making no geometric constraints on collisions. This approach includes physical properties like fragmentation and porosity that cannot be addressed through N-body simulations alone. Incorporating these properties, we model the collision outcomes, exploring how bodies with such characteristics deform, compress, or fracture based on various strength models. The results of these simulations are critical for understanding the dust production and longevity of objects within planetary rings. Comparing multiple strength models ensures the accuracy of the simulations. The unique properties of planetary ring particles, including mixed ice-rock composition, high porosity, and low material strength, present computational challenges. Our research addresses these challenges by employing a hybrid method, combining detailed SPH simulations with analytical models to estimate dust production rates and the lifespan of objects between catastrophic collisions. We also define a threshold for catastrophic disruption of macroscopic ice bodies.

References

- [1] Z. M. Leinhardt and S. T. Stewart, "Collisions between gravity-dominated bodies. i. outcome regimes and scaling laws." *The Astrophysical Journal*, 2011.

Acknowledgments

DFG Project 446102036, FAPESP Project 2016/24561-0, CAPES-PrInt Process 88887.310463/2018-00 and CAPES Finance 0001.

Utilização da Técnica EPMA/EDS para a Análise de Química Total de Meteoritos

Rayssa Rayde da Silva Monteiro¹, Amanda Tosi², Diana Paula de Pinho Andrade¹, Maria Elizabeth Zucolotto³

¹ Observatório do Valongo, OV/UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

² Instituto de Geociências, IGEO/UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

³ Museu Nacional/UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

E-mail: rayssa22@ov.ufrj.br

Os meteoritos, fragmentos do Sistema Solar que sobrevivem à entrada na atmosfera terrestre, desempenham um papel fundamental no estudo da formação e evolução do nosso sistema. Esses corpos possibilitam uma transição da astronomia, geralmente considerada uma ciência macroscópica, para uma ciência microscópica, utilizando a sua composição química para determinar sua origem. Uma das técnicas mais utilizadas na classificação desses corpos é a Microsonda Eletrônica (EPMA). Ela utiliza um feixe eletrônico para realizar análises químicas pontuais em minerais. No entanto, a análise química elementar total, juntamente com as quantidades associadas, é fundamental na determinação da origem dos meteoritos. Este trabalho tem como objetivo adaptar uma metodologia para obter não apenas a química mineral pontual, já amplamente utilizada, mas também a química elementar total de meteoritos usando a EPMA. Para isso, foram utilizados meteoritos acondritos estudados previamente por outros autores, com análises de áreas em diferentes regiões dos mesmos. A composição elementar, bem como as médias quantitativas obtidas, foram comparadas com a química elementar disponível na literatura, obtida por meio de técnicas analíticas, como a Análise por Ativação Neutrônica Instrumental (INAA), a Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS) e a Espectroscopia de Fluorescência de Raios-X (XRF). Essas técnicas possibilitam uma ampla detecção e quantificação de diversos elementos químicos, o que é essencial para este estudo. As análises de área foram realizadas com o espectrômetro por dispersão de energia (EDS), com feixe desfocado, acoplado à EPMA do LABSONDA/IGEO/UFRJ para identificar os elementos majoritários presentes nas amostras. Os testes iniciais com três tipos diferentes de meteoritos acondritos revelaram resultados muito próximos aos valores da literatura e às análises de XRF e HHXRF (XRF portátil), feitas com o intuito de comparação, na maioria dos elementos. Os próximos passos deste trabalho incluem a análise por meio da técnica de PIXE (Emissão de Raios-X Induzida por Próton), com o objetivo de estabelecer uma fonte adicional de comparação, e a realização de análises em outras amostras, com o propósito de validar a eficácia da técnica. Assim, este trabalho busca expandir a aplicação da EPMA para a obtenção da química total em diversas amostras, enriquecendo as informações necessárias no processo de classificação dos meteoritos por meio de uma única técnica analítica.

References

- ZUCOLOTTO, Maria Elizabeth; FONSECA, Ariadne do Carmo; ANTONELLO, Loiva Lízia. Decifrando os meteoritos. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, 2013. 160 p.
- MITTFEHLDT, David Wayne et al. Non-Chondritic Meteorites from Asteroidal Bodies. In: PAPIKE, James J. (ed.). Planetary Materials. [S.L.]: De Gruyter, 1998. Cap. 4. p. 523-718.

XII Taller de Ciencias Planetarias, Taller 2024
26 de febrero a 1 de marzo de 2024
Rio de Janeiro, RJ, Brazil

Ventanas de evolución secular para altas excentricidades e inclinaciones

Rodrigo Cabral-Fontes¹, Tabaré Gallardo¹

¹ Universidad de la República, Montevideo, Uruguay

E-mail: rcabral@fcien.edu.uy

Una partícula sometida al potencial de una estrella central y perturbada por la presencia de planetas masivos puede tener distintos tipos de evolución orbital. La evolución secular es aquella en donde el semieje se mantiene constante y los demás elementos orbitales oscilan con frecuencias bien marcadas. En este trabajo exploramos las condiciones necesarias para encontrar evoluciones seculares dentro del régimen de altas excentricidades e inclinaciones, tanto para el objeto perturbado como para el perturbador. Ya que no existen desarrollos analíticos para la función perturbadora en las condiciones planteadas, utilizamos métodos semianalíticos, así como el integrador numérico EVORB (Fernández et al., 2002) para la realización del análisis.

Referencias

Fernández, J. A., Gallardo, T., and Brunini, A., “Are There Many Inactive Jupiter Family Comets Among the Near-Earth Asteroid Population?”, *Icarus* 159, 358-368, 2002

Agradecimientos

CSIC-Udelar, por el apoyo financiero al proyecto Dinámica Secular y Resonante en Sistemas Planetarios.

Caracterização física de NEOs em órbitas cometárias

Romário Midon^{1,2}, Filipe Monteiro¹, Marçal Evangelista-Santana¹, Wesley Pereira¹, Eduardo Rondón¹, Plícida Arcoverde¹, Jonatan Michimani¹, Daniela Lazzaro¹, Teresinha Rodrigues¹

¹ Observatório Nacional, Rua Gal. José Cristino 77, CEP 20921-400, Rio de Janeiro, Brazil

² Departamento de Física, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, Brazil

E-mail: romariomidon@gmail.com, filipeastro@on.br

A população de objetos em órbitas próximas da Terra (NEOs) é abastecida de corpos provenientes de diferentes regiões do Sistema Solar, em particular do Cinturão Principal de asteroides. Além desta, a região além da órbita de Netuno pode fornecer objetos ricos em material volátil e orgânico para a região dos NEOs. A identificação desses objetos próximos à Terra, com ou sem a presença de atividade cometária, pode trazer pistas valiosas sobre a origem da água e de compostos orgânicos na Terra. Dessa forma, o presente trabalho busca identificar potenciais cometas extintos/dormentes entre os NEOs a partir das características físicas e orbitais disponíveis em base de dados (por exemplo, LCDB Database), como também da análise de dados fotométricos.

Nesse sentido, observações fotométricas estão sendo realizadas usando o telescópio de 1 m do projeto IMPACTON, no Observatório Astronômico do Sertão de Itaparica (OASI), usando os filtros g, r, i, e z do sistema SDSS, além do filtro R do sistema Johnson (ver Rondón et al 2020). Os objetos selecionados para observação possuem parâmetro de Tisserand menor que 3 e não possuem classificação taxonômica. Todas as imagens estão sendo corrigidas por um Master Dark e Master flat utilizando pacotes do programa IRAF. A fotometria absoluta será realizada utilizando o pacote PHOT do IRAF, enquanto que para alguns casos iremos usar o software MPO Canopus, conforme a metodologia adotada em Monteiro et al. (2021).

No momento, estamos analisando os dados obtidos a fim de obter os índices de cor e espectrofotométricos, assim como curvas de luz para uma amostra de 5 NEOs em órbitas cometárias observados no OASI. Dessa forma, pretendemos apresentar os resultados preliminares das nossas análises, incluindo a classificação taxonômica de alguns objetos estudados. Consequentemente, seguindo os mesmos critérios adotados em diversos trabalhos (e.g. Monteiro et al. 2021) e com base em suas características físicas, avaliaremos quais os NEOs estudados podem ter vindo de regiões mais distantes. Por fim, os objetos identificados como potenciais cometas extintos/dormentes serão considerados para futuras campanhas de observação.

References

- Rondón, E., Lazzaro, D. et al. (2020). OASI: A Brazilian Observatory Dedicated to the Study of Small Solar System Bodies - Some Results of NEOs Physical Properties. *PASP* 132, 065001.
Monteiro, F., Rondon, E., Lazzaro, D., et al. (2021). Physical characterization of equal-mass binary near-Earth asteroid 2017 YE5: a possible dormant Jupiter-family comet. *MNRAS* 507, 5403-5414.

Acknowledgments

The authors would like to thank CAPES, FAPERJ and CNPq for supporting this work through diverse fellowships and grants. The authors also are grateful to the IMPACTON team, in particular, to A. Santiago and R. Souza for the technical support at OASI.

On the Stability Around the External Region of the Binary System Patroclus-Menoetius

Rosana A. N. de Araujo¹, Priscilla M. P. dos Santos², André A. Luiz¹

¹ Universidade Estadual Paulista, UNESP – Guaratingueta-SP, Brazil

² Universidade Estadual do Rio de Janeiro - Resende-RJ, Brazil

E-mail: rosana.araujo@unesp.br, priscilla.pires@fat.uerj.br, andre.amarante@unesp.br

The Patroclus-Menoetius binary system is a Jupiter Trojan with a semi-major axis of 5.22 au., eccentricity of 0.14, and orbital inclination of 22.0 degrees. The components of the system have diameters of about 60.9 km (Patroclus) and 56.3 km (Menoetius). Menoetius orbits Patroclus with a semi-major axis of about 688.5 km and an orbital period of about 4.2 days (Marchis, F. et al. (2006), Grundy, W. M. et al. (2018), Berthier, J. et al. (2020)). Patroclus-Menoetius system is one of the targets of the Lucy mission. The Lucy spacecraft launched by NASA in 2021 aims to investigate the composition and history of the Trojan asteroids that share Jupiter's orbit (Levison, H. et al. (2021)). The announcement of this mission has motivated the present study, which aimed to identify regions of stability and instability around the binary system Patroclus-Menoetius. Such analysis can help to identify the most probable regions to find another system component (stable regions) or regions without particles (unstable regions) where the spacecraft may safely approach the system. Previous studies, such as the work of Pires dos Santos et al. (2011), have analyzed stability regions around the components of the Pluto-Charon system, providing critical parameters to the New Horizons mission. Other studies, such as those conducted by Araujo et al. (2012) and Araujo et al. (2015), have also examined stability regions around the triple system 2001 SN263 components, the target of the conceptual mission ASTER. We then performed a similar analysis based on numerical integrations of a system composed of the Sun, the planet Jupiter, the two components of the binary system Patroclus-Menoetius, and thousands of particles randomly distributed within the external regions of the binary system with different values of orbital inclinations. The integration was performed using the Gauss-Radau for 12 years, corresponding to $\sim 10^3$ orbital period of Menoetius or ~ 1 orbital period of Patroclus around the Sun. The regions of stability and instability were identified based on the particles' orbital elements (a, e, i) relative to the system's center of mass, i.e., we discuss our findings regarding stable and unstable p-type orbits.

References

- Araujo, R.A.N. et al. MNRAS, 423.4 (2012): 3058-3073.
Araujo, R. A. N. et.al. MNRAS, 449.4 (2015): 4404-4414.
Berthier, J. et al. Icarus, 352 (2020): 113990.
Grundy, W. M. et al. Icarus, 305 (2018): 198-202.
Levison, H. F. et al. The Planetary Science Journal 2.5 (2021): 171.
Marchis, F., et al. Nature. 439.7076 (2006): 565-567
Pires dos Santos, P. M. et al. MNRAS, 410.1 (2011): 273-279.

Acknowledgments

The authors are grateful to CAPES, CNPq, UNESP and UERJ

Exploring the fragmentation hypothesis in objects with similar orbits

Santiago Roland¹, Andrea Sosa¹

¹ Centro Universitario Regional Este - Universidad de la República, Rocha, Uruguay

E-mail: santiago.roland@cure.edu.uy, asosa@cure.edu.uy

In this new work we explore the hypothesis of the fragmentary origin of pairs of minor bodies in similar orbits such as the main belt asteroids 2008 BY42 and 2015 BN494, following the method applied in Roland & Sosa 2023. These objects have very well known orbits according to JPL/Horizons. We study the dynamical evolution of a few pairs of minor bodies over the last few thousand years to determine simultaneous relative distance and velocity minima, to identify possible epochs of fragmentation. We found a very well defined minima in relative distance and velocity, reaching values of zero, for the pair 2008 BY42 and 2015 BN494 occurred about 4500 years ago. Both orbits have been very stable over the last hundred thousand years and without planetary encounters. To assess the possibility that 2015 BN494 is a fragment of the larger object of the pair 2008 BY42 originated about 4500 years ago, we generated fictitious fragments and studied their evolution towards the present by applying different distance criteria (Kholshchevnikov et al. 2016) and searching for fragments that are observationally compatible with the actual orbit of 2015 BN494. We present preliminar results of the findings for each pair of objects studied and plausible fragmentation epochs.

References

- Vokrouhlicky et al., Pairs of asteroids probably of a common origin, *AJ* 136(1), 2008.
Rozek et al., Orbital similarity functions – application to asteroid pairs, *MNRAS* 412(2), 2011.
Kholshchevnikov et al., Metrics in the space of orbits and their application to searching for celestial objects of common origin, *MNRAS* 462(2), 2016.
Roland S., Sosa A., Comet P/2003 T12 (SOHO): A possible fragment of comet 169P/NEAT?, submitted to *Planetary and Space Science*, 2023.

Transitional objects: monitoring through archival images and new observations

Silvia Martino¹, Gonzalo Tancredi¹, Martin Banda-Huarca², Julio Bueno Camargo², Eduardo Rondon², Daniela Lazzaro², Javier Licandro³

¹ Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay

² Observatório Nacional, Rio de Janeiro, Brasil

³ Instituto de Astrofísica de Canarias, España

E-mail: smartino@fisica.edu.uy

Transitional objects are bodies that share some characteristics with asteroids and others with comets. Asteroids in Cometary Orbits (ACOs) behave dynamically like comets but have not shown cometary activity and Activated Asteroids (AAs) have a typical asteroidal orbit and have shown dust ejections at some point. We present the monitoring of a set of these objects using archival images as well as new observations. Two techniques were used to search for signs of activity: i) the surface brightness profile of the objects was obtained and compared with the profile of stars in the field, in search of a widening that indicates the presence of activity; ii) data on the reported magnitudes of these objects were obtained from the Minor Planet Center database, to which were added those obtained in the observations, for studying the reduced magnitude as a function of the heliocentric distance, in search of increases in brightness that could be due to activity. We analyze the surface brightness profiles of 133 ACOs and seven AAs. For the study of the reduced magnitude, we obtained data of all the existing ACOs at the time of the analysis (705). Ten ACOs presented some deviation in the surface brightness profile or in the reduced magnitude and one in both. We found a very small percentage of objects with signs of activity, which would rule out a slow transition from active to inert. Four AAs were active in the images, three were coincident with the activity periods reported by other observers, while in the case of P/2015 X₆, the data analyzed was obtained 19 days before the first activity report. We could observe that the episodes of activity of these objects are very restricted in time and do not always occur in the same region of the orbit.

Acknowledgments

This work is based on observations obtained at the Observatório Astronômico do Sertão de Itaparica (OASI, Itacuruba) of the Observatório Nacional, Brazil, the Dark Energy Survey (DES) database, the Very Large Telescope (VLT) and the Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC).

Faint Young Sun Paradox: evolução dinâmica e habitabilidade

Sofia Leite Fonseca¹, Adrián Rodríguez¹, Gustavo F. Porto de Mello¹

¹ Observatório do Valongo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: sofia20@ov.ufrj.br

O paradoxo do Sol Jovem Fraco (do inglês *Faint Young Sun paradox*) aponta que, ao passo que o Sol tinha cerca de 70% da atual luminosidade na idade zero da sequência principal (ZAMS), representando um drástico decréscimo no fluxo de radiação solar há 4.57 bilhões de anos, os planetas Terra e Marte já tinham condições de abrigar vida e água líquida pouco tempo após a ZAMS, conforme constam várias evidências geológicas em ambos corpos. Há algumas décadas, propõem-se soluções para aumentar a temperatura superficial inicial dos planetas rochosos, como a adição de gases de efeito estufa nas atmosferas primitivas e o aumento da massa solar (e, por conseguinte, da luminosidade solar) como consequência de uma perda de massa que teria sido bem maior no passado. A segunda proposta foi analisada por Minton & Malhotra (2007) utilizando como base os dados de Wood et al. (2002) para perda de massa por ventos estelares em estrelas tipo Sol jovens. A relação que Minton & Malhotra encontram, usada em nosso trabalho, é tal que $\dot{M} \propto t^{-2.00 \pm 0.52}$ exceto durante a fase de saturação, na qual a perda de massa do Sol é máxima e constante. Por meio de análises numéricas usando o método Monte Carlo, encontramos uma possível idade de saturação de 81.0 ± 37.3 Myr, para a qual a nossa estimativa de perda de massa é de $\dot{M} = 1500^{+4007}_{-1050} \dot{M}_{\odot}$ e resultaria num Sol 1.23% mais massivo, podendo esse valor ser de até 3.5% segundo nosso modelo. Em seguida, aplicamos a relação de Veras et al. (2015) para associar nossa perda de massa de melhor valor e de máximo valor (1500 e 5000 \dot{M}_{\odot} , respectivamente) à expansão orbital de Vênus, Terra e Marte, tendo em vista que os planetas têm seus semi-eixos maiores aumentados à medida que o Sol perde massa. Estudamos a dinâmica planetária por meio do código de Gallardo et al. (2021) para acessar as ressonâncias de movimento médio nesses dois cenários. Apenas no caso de perda de massa máxima pode ter ocorrido o cruzamento de ressonâncias entre Vênus/Terra e Vênus/Marte, o que poderia representar um empecilho na nossa resolução do paradoxo do Sol Jovem Fraco. Nossa próxima análise focará no cruzamento dessas ressonâncias e, futuramente, estudaremos as consequências da ligeira aproximação dos planetas a um Sol de idade zero levemente mais massivo. O ganho de 1.23% mais massa tornaria o Sol ~5% mais luminoso, com grandes consequências para a habitabilidade de Vênus, Terra e Marte, assim como para a modelagem do ambiente radiativo do Sistema Solar primitivo.

Referências

- D. A. Minton and R. Malhotra, *Assessing the Massive Young Sun Hypothesis to Solve the Warm Young Earth Puzzle*. ApJ, 660(2):1700–1706, 2007.
- D. Wood, et al., *Measured Mass Loss Rates of Solar-like Stars as a Function of Age and Activity*. ApJ, 574(1):412–425, 2002.
- D. Veras, et al., *The orbital evolution of asteroids, pebbles and planets from giant branch stellar radiation and winds*. MNRAS, 451(3):2814–2834, 2015.
- T. Gallardo, et al., *Semianalytical Model for Planetary Resonances*. A&A, vol. 646, 2021.

Agradecimentos

PIBIC/CNPq, pelo apoio financeiro a este projeto.

Evolución dinámica de asteroides interiores a la Tierra

Stella M. Vargas¹, Romina P. Di Sisto¹, Rosa B. Orellana¹

¹ Universidad Nacional de la Plata, UNLP, La Plata (Bs As), Argentina

Correo Electrónico: svargas33@yahoo.com.ar, romina@fcaglp.unlp.edu.ar,
rorellana2003@yahoo.com.ar

Los asteroides interiores a la Tierra son un subgrupo de los objetos cercanos a la Tierra (NEOs por sus siglas en inglés) cuya órbita se encuentra contenida por completo dentro de la órbita terrestre. Dentro de este grupo se llaman Atiras a aquellos que tienen distancias al afelio Q con valores $0.718 \text{ UA} < Q < 0.983 \text{ UA}$, los Vatiras con órbitas completamente interiores a Venus o $0.307 \text{ UA} < Q < 0.718 \text{ UA}$, y Vulcanoides con órbitas interiores a Mercurio. Existen muy pocos objetos descubiertos debido a que por sus características orbitales se observan en dirección cercana al Sol. En este trabajo realizamos un estudio de la evolución dinámica de los Atiras y Vatiras observados (no hay Vulcanoides observados) mediante simulaciones numéricas basándonos en el primer trabajo al respecto de Ribeiro et. al (2016). Incrementamos la muestra original a 28 objetos observados obtenidos de la base de datos del JPL en octubre de 2022 y realizamos la integración numérica de estos objetos más 100 clones de cada uno por 10^9 años considerando la teoría clásica y la teoría relativista. Realizamos mapas de ocupación de la población y detectamos regiones de diferente estabilidad lo que nos permite identificar regiones donde será más probable encontrar este tipo de objetos. Encontramos que casi en su totalidad, las partículas terminan colisionando principalmente con Venus y el Sol, y también con la Tierra y Mercurio. Tienen la mayoría de sus encuentros con Venus y la Tierra, luego en menor medida con Mercurio y Marte. Estimamos la vida media de cada subpoblación y su evolución a largo plazo hacia otras regiones del sistema solar. También analizamos las diferencias de los resultados obtenidos al considerar la relatividad general o la teoría clásica.

Referencias

Ribeiro, A.O. et al., Dynamical study of the Atira group of asteroids, MNRAS, 458 2016.

Equilibrium Points Around a Non-axially Symmetric Body

Thamiris de Santana^{1,2,3}, Bruno Sicardy¹

¹ LESIA, Observatoire de Paris, Meudon, France

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Sao José dos Campos, Brazil

³ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, Guaratinguetá (SP), Brazil

E-mail: t.santana@unesp.br

It is well known that the circular restricted three-body problem is not integrable. However, there are some special analysis that can be done to extract some information about this system and the equilibrium points studied by La-grange are probable the most notable tool for such purpose. For this reason, it is common to be interested in the stable regions as favorable place to find objects, for example, among other possibilities, as to place artificial satellites. In this study, we propose to explore the stability around a non-axially symmetric body through a variation of the Lagrangian (or equilibrium) points. There are several motivation purposes to study non-axially symmetric bodies and its surroundings: It is plausible that some bodies have a mass anomaly; Haumea, for instance, is so elongated that the points L4 and L5 are not stable. Also, its rings, as well as Chariklo's rings, are far from the corotation radius and near to the Roche limit. Additionally, it may be interesting to explore such configurations once they are not into the Half-Gascheau's limit of mass to study the equilibrium points. The model of our study consists into a spherical body with radius R and mass M with a topographic anomaly of mass μ (relative to the spherical body) and located at the equator. The whole body rotates with an uniform rate Ω . The non axisymmetric potential that models the body have terms that will led a particle around it to experiment an additional perturbation to the Keplerian motion. We calculate numerically and analytically the new positions for the equilibrium points for several rotation states. We also study how the system changes when the radiation pressure is considered.

Studying orbits around Io for planning small satellite constellations

Thamis C.F. Carvalho Ferreira¹, Antônio F.B.A. Prado^{2,3}, Silvia M. Giuliatti Winter¹

¹ School of Engineering and Sciences, São Paulo State University (UNESP), Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333, Guaratinguetá, 12516-410, São Paulo, Brazil

² Postgraduate Division, National Institute for Space Research (INPE), Av. dos Astronautas, 1.758, São José dos Campos, 10587, São Paulo, Brazil.

³ Academy of Engineering, RUDN University, Miklukho-Maklaya street 6, Moscow, 117198, Russia

E-mail: tcf.carvalho@unesp.br, antonio.prado@inpe.br, giuliatti.winter@unesp.br

Over the past few decades, the study of moons of the Solar System has received high visibility in the scientific community, especially after the observations brought during the exploration missions Voyager 1, Voyager 2, and Cassini-Huygens. The Cassini probe found evidence that indicates the presence of liquid water on Enceladus, a moon of Saturn, and the possibility of a subsurface ocean on Europa, was brought up by Voyagers and Galileo missions. As the most volcanically active body in the Solar System, Io is a natural satellite that is disturbed from its proximity to Jupiter and the fact that Io is in mean-motion resonance with Europa and Ganymede. Therefore, Io has the potential to be visited by future exploration missions. In this sense, the main goal of this work is to study the best initial orbital configurations in order to implement a small artificial satellite constellation around Io. We were considering the perturbation from Jupiter, the disturbed effect from the other Galileans moons, gravitational coefficients of Io J2 and C22. In addition to that, the gravitational coefficient J2 of Jupiter, was also considered. The results were analyzed using lifetime maps of initial orbits around Io. We performed numerical simulations for initial inclinations in the range of [60-120] degrees and at an initial semi-major axis between [2.5-3.0] radius of Io. These simulations were performed for initial circular orbits and with eccentricity of 0.10. The results showed that there are preferential initial orbital conditions, in terms of the choice of semi-major axis, inclination, pericenter argument and longitude of node, for which orbits with longer lifetimes were found. Considering that most of the orbits around Io have low lifetimes, from the strong disturbances from Jupiter, these conditions with long lifetimes can be used for the purpose of implementing several small satellites arranged in such a way as to optimize and make feasible the realization of long-duration missions around this natural satellite.

Acknowledgments

National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), São Paulo Research Foundation (FAPESP), RUDN University and Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES). SMGW thanks Fapesp (Proc.2016/24561-0) e CNPq (Proc.313043/2020-5).

Estudos de Habitabilidade Planetária

Thamynie Pacheco¹, Beatriz B. Siffert¹

¹ Campus Duque de Caxias, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Duque de Caxias (RJ), Brazil

E-mail: thamyniekethuly@gmail.com

A astrobiologia é o estudo da vida no Universo, com relação ao ambiente: sua origem, distribuição, evolução e futuro. Atualmente, as condições do planeta Terra são usadas como modelo para a procura de vida em outros locais do Universo, visto que esse ainda é o único planeta com formas de vida que conhecemos. Neste projeto, estudamos o conceito de zona de habitabilidade estelar, muito usado para identificar exoplanetas com possibilidade de ter água líquida em sua superfície, ter atmosfera e receber a quantidade ideal de energia luminosa de sua estrela. Calculamos as bordas da zona de habitabilidade para diferentes tipos de estrelas utilizando as definições apresentadas em Kopparapu et al. (2013) e Kopparapu et al. (2014). Além disso, estendemos a amostra de planetas utilizada por Hill et al. (2023) para obter um catálogo de planetas habitáveis, incluindo exoplanetas cujas estrelas não possuem temperatura efetiva medida na referência *default* do catálogo por ele utilizado. Iniciaremos com uma breve introdução do conceito de habitabilidade planetária e os tipos de estrelas existentes. Em seguida apresentaremos os métodos e cálculos utilizados para calcular as bordas das zonas habitáveis, os tipos de estrelas e os exoplanetas considerados na análise. Por fim, apresentaremos um gráfico da zona habitável para diferentes tipos de estrelas e a amostra de exoplanetas habitáveis obtida.

References

- Kopparapu, et al., Habitable zones around main-sequence stars: new estimates, *The Astrophysical Journal*, 765:131, 2013.
- Kopparapu, et al., Habitable zones around main-sequence stars: dependence on planetary mass, *The Astrophysical Journal Letters*, 787, 2014.
- Hill et al., "A Catalog of Habitable Zone Exoplanets", *The Astronomical Journal*, 165:34, 2023.

Constraints on the dynamics of extra solar ring systems

Tiago F. L. L. Pinheiro¹, Giovana Ramon¹, Rafael Sfair^{1,2}

¹ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Guaratinguetá (SP), Brazil.

² Eberhard Karls University of Tübingen, Tübingen, Germany.

E-mail: francisco.pinheiro@unesp.br

No extraplanetary ring system has been confirmed as of yet, but advancements in observational instruments and techniques indicate that the first discoveries may be on the horizon. In 2007, the initial indications of an exoplanet possibly hosting a ring system were observed by analyzing the starlight curve of the star J1407. This intriguing series of eclipses, spanning 56 days, led to the interpretation of a substantial disc encompassing the planet J1407b, with over 35 rings and an expansive radial extension of 0.6 au. Subsequently, another star, PDS110, experienced two comparable eclipses in 2008 and 2011, each lasting approximately 25 days. These events raised the possibility of a massive exoring system around an as-yet-unseen planet (PDS110b). In this study, our objective is to refine our understanding of these exoplanetary systems by constraining the parameters that are not well-determined from observational data, including the mass and eccentricity of the planets and the size and inclination of their rings. Our approach varies for each system (PDS110b and J1407b). For PDS110, we conducted a comprehensive numerical exploration, analyzing approximately 1.3×10^6 different ring system configurations and eliminating those that did not match the observational data. Our results suggest that the ring system with both retrograde or prograde can explain the eclipse duration. Nevertheless, the most plausible scenario indicates a ring eccentricity of around 0.05, an inner radius of 0.1 au, an outer radius of 0.2 au, and a planet with a mass exceeding 35 Jupiter masses. In the case of the J1407 system, we employed Machine Learning algorithms to forecast stable regions around J1407b, significantly expediting our numerical analysis.

Acknowledgments

CAPES, FAPESP, DFG German Research Foundation project

Near-Earth asteroids in cometary orbits: a new study

Valentina Pezano¹ and Andrea Sosa¹

¹ Centro Universitario Regional Este - Universidad de la República, Rocha, Uruguay

E-mail: vpezano@cure.edu.uy, asosa@cure.edu.uy

Asteroids and comets are the remnants of the accretion process that formed the planets about 4.6 billion years ago. Their physical nature, chemical composition, and orbital characteristics depend on the region of the solar system where they originally formed. Traditionally, asteroids are considered rocky, inert objects, while comets are icy, active bodies. Also, in general, asteroids have more stable orbits and longer dynamic lifetimes than comets, due to much less close encounters with the planets (especially Jupiter). However, this boundary has become more blurred, especially among near-Earth objects (defined as those reaching perihelion distances $q < 1.3$ au). For instance, near-Earth asteroid 3552 Don Quixote shows cometary activity (Mommert et al. 2014), and in the other hand some near-Earth comets were found to have stable orbits like asteroids (Fernández and Sosa 2015).

Following Fernández et al. 2014 we analyze a sample of 327 near-Earth asteroids (NEAs) that approach or cross Jupiter's orbit (aphelion distances $Q > 4.8$ au), with Tisserand parameters $2 < T < 3$ and orbital periods $P < 20$ yr, i.e. resembling the orbital characteristics of the Jupiter family comets. We also constrain the sample to those objects with better quality orbits. We use the NASA JPL Small-Body Database (<https://ssd.jpl.nasa.gov/horizons/>). We integrated the orbits of the selected objects plus 50 clones of each one, for 10.000 yr in the past and in the future, to study their dynamic evolution. We also analyze the conditions for photometric observations of selected objects which could improve our physical knowledge of this population. We present the preliminary results, based in an updated and larger (by a factor of 2) orbital database of NEAs, and numerical integrations with ten times more clones than the previous work.

References

- J. A. Fernández, A. Sosa, Jupiter-family comets in near-Earth orbits: Are some of them interlopers from the asteroidal belt?, *Planetary and Space Science* 118, 2015.
- J. A. Fernández, A. Sosa, T. Gallardo, J. N. Gutiérrez, Assessing the physical nature of near-Earth asteroids through their dynamical histories, *Icarus* 283, 2014.
- M. Mommert et al., The discovery of cometary activity in near-Earth asteroid (3552) Don Quixote, *The Astrophysical Journal* 781, Issue 1, 2014.

Experimentos de eyección en medios granulares blandos

Valeria Abraham¹, Thomas Gallot¹, Gonzalo Tancredi¹

¹ Instituto de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

Correo Electrónico: valeriabraham@gmail.com

Se ha demostrado que los asteroides están compuestos por medios granulares. Tancredi et al. (2012) predijeron, mediante simulaciones numéricas, la formación de nubes de polvo a bajas velocidades de escape tras un impacto. En concreto, llegaron a la conclusión de que una capa de partículas impactadas desde abajo podría hacer que las partículas subieran a la superficie, y que algunas incluso alcanzaran velocidades de escape en entornos con una gravedad muy baja. Este concepto, conocido como ‘efecto cocoa’, fue corroborado por Tancredi et al. (2023) al analizar la posible elevación del material de la superficie de Dimorphos causada por una sacudida lejos del punto de impacto.

Actualmente, nuestra investigación se centra en el estudio de las velocidades de las partículas eyectadas en medios granulares blandos, concretamente caucho tamizado de varios tamaños. El objetivo es comprender cómo se comporta el efecto cocoa a escala de laboratorio midiendo la altura a la que se elevan y la velocidad de las partículas. Hemos optado por trabajar con un medio granular blando porque la velocidad de las ondas en su interior es significativamente más lenta que en medios más duros, lo que nos permite captar el movimiento utilizando cámaras de alta velocidad.

El montaje experimental consiste en un prisma acrílico relleno de caucho, colocado sobre un shaker; un acelerómetro mide la aceleración aplicada. Hemos variado el volumen ocupado por el material granular, así como la amplitud y frecuencia de la aceleración. El movimiento de las partículas se graba con una cámara de alta velocidad y se analiza con software de Particle Image Velocimetry (PIV). Los resultados preliminares indican la altura a la que comienza el levantamiento y cómo cambia la velocidad a lo largo de la columna de material.

A pesar de la importante modificación de las condiciones de eyección por la gravedad terrestre, seguimos convencidos de que los datos experimentales recogidos en nuestra investigación son invaluable para mejorar la comprensión de los procesos de eyección en asteroides.

Referencias

Tancredi et al., Granular physics in low-gravity environments using discrete element method, MNRAS, Volume 420, Issue 4, pp. 3368-3380, 2012.

Tancredi et al., Lofting of low-speed ejecta produced in the DART experiment and production of a dust cloud, MNRAS, Volume 522, Issue 2, pp.2403-2414, 2023.

Agradecimientos

Al Grupo I+D CSIC-Udelar ‘Ciencias Planetarias y Geofísicas’ por el apoyo financiero.

Produção e evolução de partículas de poeira no sistema de Saturno

Vanessa Moura¹, Rafael Sfair^{1,2}, Patrícia Buzzatto¹

¹ Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho', UNESP, Guaratinguetá (SP), Brasil

² University of Tübingen, Tübingen, Alemanha

E-mail: vanessa.moura@unesp.br

Saturno é conhecido pelo seu extenso e complexo sistema de anéis. Em muitos casos a origem e evolução dessas estruturas estão intimamente ligadas à interação com satélites. Estes, por sua vez, podem produzir material capaz de popular os anéis através de partículas geradas pela colisão de projéteis interplanetários (IDPs) com a superfície dos satélites e isso está relacionado com o fluxo de projéteis interplanetários presentes no espaço. Após serem ejetadas, essas partículas sofrem influência de diversas forças: gravitacional (tanto do planeta quanto dos satélites), eletromagnética, radiação solar e arrasto de plasma. Esses IDPs são provenientes de diversas fontes como cometas e de objetos do cinturão de Kuiper e o fluxo desses objetos é usualmente estimado a partir de medições feitas por sondas espaciais.

Neste trabalho propomos analisar a geração de poeira dos satélites de Saturno, computando a quantidade de poeira gerada por cada satélite através do fluxo de IDPs na órbita de Saturno e das características dos satélites. Além disso, iremos comparar a taxa de produção de poeira para cada família de Saturno, levando em conta também os satélites recentemente descobertos para futuramente analisar os mecanismos de transporte e destino.

Validamos o nosso código utilizando os resultados de Sfair & Giuliatti Winter (2012) e a partir dos dados obtidos até o momento vimos que a taxa de produção de poeira é diretamente proporcional ao raio do satélite. Podemos tomar como exemplo dois satélites da família Gaulês, Albiorix e Bebhionn. Albiorix possui um raio de aproximadamente 13km e produz $1.41 \times 10^{-1} \text{ gs}^{-1}$ de poeira enquanto Bebhionn possui um raio de 3km e produz uma taxa de $7.40 \times 10^{-3} \text{ gs}^{-1}$. Analisando outros casos vemos que o satélite que produz a maior quantidade de poeira do grupo Inúite é Sianarq, com uma taxa de $2.04 \times 10^{-1} \text{ gs}^{-1}$ e do grupo Nórdico é Ymir, com uma produção de $5.66 \times 10^{-2} \text{ gs}^{-1}$.

Referências

Sfair R., Giuliatti Winter S. M., 2012, A&A, 543, A17.

Agradecimentos

CAPES, pelo apoio financeiro e DFG German Research Foundation (project 446102036).

Estudo da Dinâmica de Hippocamp: Futuro Cenário Ressonante 13:11.

Victor H. Mota¹, Tadashi Yokoyama¹, Marcos T. Santos¹

¹ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP, Rio Claro (SP), Brasil

E-mail: victor.mota@unesp.br, tadashi.yokoyama@unesp.br, mt.santos@unesp.br

Hippocamp, uma minúscula e interessante lua de Netuno, possui uma origem complexa, sendo que seu nascimento pode ter sido proveniente de detritos reacrescidos de uma grande colisão sofrida por um satélite próximo, Proteus. Um dos fatos que corrobora esta ideia, é a grande proximidade entre estes dois corpos, uma vez que seus semi-eixos maiores atuais são aproximadamente 105.283 km (Hippocamp) e 117.647 km (Proteus). É fácil notar que a relação entre os dois semi-eixos maiores é bastante próxima a uma ressonância de relação 13:11 de segunda ordem. Devido a efeitos de maré sofrida por Proteus, este acaba se afastando de Netuno, o que segundo [1], após Proteus migrar cerca de 40 km, os satélites seriam então capturados pela ressonância 13:11, algo que pelos métodos adotados, aconteceria em torno de 18 milhões de anos a frente. Este trabalho consiste na tentativa de reproduzir este fenômeno em nosso simulador baseado em RADAU15, além de estudar seu efeito perturbativo na evolução da dinâmica orbital de Hippocamp e Proteus. Utilizamos o formalismo descrito por [2] para governar os cálculos da simulação, além do método de Mignard para introduzir o efeito de maré em Proteus. Nossas integrações mostram que de fato há indícios da possível captura ressonante no período proposto por [1]. Porém, os resultados revelam que esta captura é apenas temporária, onde o intervalo de tempo de liberação do ângulo ressonante raramente ultrapassa alguns milhares de anos. Nestes casos, o semi-eixo maior de Hippocamp acaba não acompanhando a migração de seu companheiro, o que fatalmente implicará na perda da relação 13:11 entre os semi-eixos maiores, e isto destruirá a captura. Nossos testes também mostram alguns casos de novas re-capturas, porém todas elas são temporárias e acabam escapando. Foram testadas várias simulações com diferentes valores de velocidade de migração de Proteus (alguns, seis vezes mais lento do que o adotado em [1]). Em nenhum deles nota-se captura permanente e todas elas sugerem que ao final, o sistema Hippocamp-Proteus tende ao colapso, pois no modelo adotado, Proteus vai se aproximando continuamente de Tritão.

Referências

- [1] Marina Brozović et al. "Orbits and resonances of the regular moons of Neptune". *Icarus* 338 (2020).
- [2] Valéry Lainey et al. "New accurate ephemerides for the Galilean satellites of Jupiter-I. Numerical integration of elaborated equations of motion". *Astronomy Astrophysics* 420.3 (2004).

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio CAPES - Código de Financiamento 001.

Habitabilidade em Exoplanetas de Estrelas Anãs Vermelhas

Vitória Bellecerie da Fonseca¹, Eduardo Janot-Pacheco¹

¹ Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo
(IAG-USP), São Paulo (SP), Brasil

E-mail: vitoriabfonseca@usp.br, eduardo.janot@iag.usp.br

A maior parte das pesquisas sobre habitabilidade em ambientes extraterrestres foi centrada, até então, em exoplanetas e no conceito de Zona Habitável (ZH), região ao redor de uma estrela na qual a temperatura na superfície de um planeta com atmosfera é favorável para a existência de água (H₂O) em estado líquido. Essa ZH clássica, planetária ou radiativa contabiliza bordas interior e exterior de temperaturas 100 e 0 °C, em ordem. A definição de habitabilidade no Universo possui viés na vida na Terra, supondo que é indispensável a presença de H₂O como solvente nas reações químicas entre moléculas orgânicas, formadas em especial por carbono. Todavia, os reais limites para a vida cósmica são desconhecidos, e fatores como fenômenos geológicos, presença de atmosfera e campo magnético e características da estrela central do sistema devem influir na habitabilidade. Iniciamos em agosto de 2023 o Mestrado em Astronomia, cujo interesse é analisar a habitabilidade de exoplanetas orbitando estrelas anãs vermelhas. Para tanto, iremos considerar suas atmosferas, seus interiores e as interações com a estrela central e o sistema planetário. Telescópios espaciais como o *Kepler* e o TESS (*Transiting Exoplanet Survey Satellite*) e a nova geração com o *James Webb Space Telescope* e o futuro PLATO (*PLANetary Transits and Oscillations of stars*), do qual o Brasil participa, além de observatórios terrestres como o GMT (*Giant Magellan Telescope*), em construção, abrem uma nova fronteira, com 5528 exoplanetas confirmados até 09/10/2023, número atualizado todos os dias.

Referências

[1] Brownlee, D.E. & Kress, M.E. 2007, em *Planets and Life: The Emerging Science of Astrobiology*, p. 69., Cambridge University Press; [2] Janot-Pacheco, E., & Fonseca, V. B. 2022, Habitabilidade em luas de sistemas planetários: uma nova fronteira, *Cadernos de Astronomia*, 3(2), 21–34; [3] NASA, *Exoplanet Archive*, disponível em <https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu>; [4] Olsson-Francis, K. et al. 2018, *Editorial: Habitability Beyond Earth*, *Front. Microbiol.*, 9; [5] Shapiro, R. 2007, em *Planets and Life: The Emerging Science of Astrobiology*, capítulo 6, Cambridge University Press.

Agradecimentos

O trabalho de mestrado está sendo desenvolvido com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 (PROEX; processo 88887.904320/2023-00).

Propriedades Superficiais do Troiano (58931) Palmys

Viviane F. Peixoto^{1,2,3}, Julio I. B. Camargo^{2,3}, Bruno E. Morgado^{1,3}, Rodrigo C. Bouffeur^{2,3},
Felipe Braga-Ribas^{2,3,4}, Marcelo Assafin^{1,3}, Altair R. Gomes^{3,5}, Roberto Martins^{2,3},
Desenvolvedores SORA e Observadores

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

² Observatório Nacional (ON/MCTI), Brasil

³ Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia (LIeA), Brasil

⁴ Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Brasil

⁵ Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Brasil

E-mail: vivianepeixoto989@gmail.com

Os Troianos de Júpiter são uma fascinante classe de objetos que orbitam o Sol com a mesma velocidade do planeta gigante, ocupando seus pontos Lagrangianos L4 e L5. O estudo desses objetos é importante para aumentar nossa compreensão do disco protoplanetário e do Sistema Solar inicial e sua evolução dinâmica. Atualmente, mais de 12.600 troianos são conhecidos. O (58931) Palmys é um deles e habita o ponto Lagrangiano L5. Neste trabalho, apresentamos os resultados do estudo deste objeto usando dados recentes de ocultações estelares combinados com medições fotométricas do *Dark Energy Survey (DES)*^[1]. O DES é um levantamento astronômico que realizou observações de 2013 até 2019, em cinco bandas - g,r,i,z,Y - e varreu uma área no céu de aproximadamente 5.000 graus quadrados. Para nosso objeto de estudo, o DES obteve mais de três medições em quatro das cinco bandas usadas, o que nos permitiu calcular sua magnitude absoluta nas bandas *griz*. É importante ressaltar que os resultados apresentados neste trabalho são preliminares e ainda não foram validados pela colaboração DES. Além disso, apresentamos os resultados de cinco ocultações estelares^[2] por Palmys, todas elas eventos de corda única. As quatro primeiras foram observadas nos EUA em 14 de abril de 2021 (Arizona), 20 de julho de 2022 (Nevada), 28 de julho de 2022 (Connecticut) e 17 de agosto de 2022 (Maryland). A última foi detectada em 20 de agosto de 2022 na Austrália (Queensland). Dessa forma, apresentamos neste trabalho os resultados obtidos a partir da fotometria do DES (magnitudes absolutas) e das ocultações estelares (valores de diâmetro e achatamento)^[3,4], além de dados resultantes de curvas de rotação. Ao combinar estas informações, estimamos também o albedo deste objeto, característica importante relacionada com sua composição superficial.

Referências

1. FLAUGHER, B. The dark energy survey. *International Journal of Modern Physics A*, v. 20, n. 14, p. 3121-3123, 2005.
2. GOMES-JÚNIOR, A. R. *et al.* SORA: Stellar occultation reduction and analysis. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. v. 511, n. 1, p. 1167-1181, 2022.
3. GRAV, T. *et al.* WISE/NEOWISE observations of the Jovian Trojan population: Taxonomy. *The Astrophysical Journal*, v. 759, n. 1, p. 49, 2012.
4. SICARDY, B. *et al.* A Pluto-like radius and a high albedo for the dwarf planet Eris from an occultation. *Nature*, v. 478, n. 7370, p. 493-496, 2011.

Agradecimentos

PIBIC/ON, CNPq, CAPES e FAPERJ pelos apoios financeiros.

Physical properties of Near-Earth Objects derived from photometric observations at Observatório Astronômico do Sertão de Itaparica (OASI)

W. Pereira¹, P. Arcoverde¹, F. Monteiro¹, M. Evangelista-Santana¹, E. Rondón¹, J. Michimani¹,
T. Rodrigues¹, D. Lazzaro¹

¹ Observatório Nacional/ MCTI, Rio de Janeiro - Brazil

E-mail: josasilva@on.br

The study of Near-Earth Objects (NEOs) presents a compelling opportunity to explore the physical characteristics of the Solar System's smallest bodies and gain insights into their formation and evolution. However, their small size, spanning from just a few meters to a few kilometers, necessitates long observation periods to achieve reliable results. Thus, as part of the IMPACTON project, we obtained our data using the *Observatório Astronômico do Sertão de Itaparica* (OASI, Brazil) (Rondón et al. 2020), which is a dedicated telescope for the characterization of small bodies.

For our observations, we selected NEOs preferably without determined physical properties. The main purpose being to determine a complete physical characterization of the selected NEOs, including rotational period, absolute magnitude, indication of surface properties and composition. The observations were performed using the V and R-Johnson-Cousins filters to derive light curves and phase curves, and the g - r - i - z Sloan Digital Sky Survey (SDSS) filters to obtain photometric spectra. All images underwent calibration following standard procedures.

As a result, we obtained nearly 12 NEOs with a complete photometric characterization. The rotational period was determined through a Fourier analysis of the light curves using the MPO Canopus software (Warner, 2018). On the other hand, the absolute magnitude and surface parameters were determined fitting the phase curves to the nonlinear three-parameter model H-G₁-G₂ (Penttilä et al. 2016). The photometric spectra were compared to templates of the taxonomic scheme derived by Carvano et al. (2010) to obtain an indication of the surface composition. The periods obtained vary between 2.22h and 6.20h, while the taxonomic class was predominantly X-type.

References

- Carvano, J. M., et al. (2010). SDSS-based taxonomic classification and orbital distribution of main belt asteroids. *A&A*, 510,A3.
- Penttilä, A., et al. (2016). H,G₁,G₂ photometric phase function extended to low-accuracy data, *Planetary and Space Science* 123, 117-125
- Rondón E., et al. (2020), OASI: A Brazilian Observatory Dedicated to the Study of Small Solar System Bodies - Some Results on NEO's Physical Properties, *PASP*, 132,065001.
- Warner, B.D. (2018), MPO Canopus Software, v.10.8.6.3. Bdw publishing.

Acknowledgments

The authors would like to thank CAPES, FAPERJ and CNPq for supporting this work through diverse fellowships and grants. The authors also are grateful to the IMPACTON team, in particular, to A. Santiago and R. Souza for the technical support at OASI.

Os efeitos das espirais e da barra central na estabilidade dinâmica na vizinhança solar

Willian Y. Nacafucasaco¹, Tatiana A. Michtchenko¹

¹ Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo,
IAG-USP, São Paulo (SP), Brasil
E-mail: willianyn@usp.br

Os *moving groups* são estruturas que aparecem na distribuição de velocidades de estrelas na vizinhança solar no plano *UV*. Acredita-se que suas origens estão correlacionadas com as zonas de ressonâncias produzidas pelas perturbações no disco da Galáxia. Trabalhos recentes argumentam que a barra central seja o principal mecanismo responsável pela formação dos *moving groups*, no entanto, acreditamos que os braços sejam os agente causadores, devido suas propriedades dinâmicas na vizinhança solar já estudadas em Michtchenko et al. (2018b). Nesse contexto, nosso trabalho tem como objetivo principal comparar os efeitos de perturbações ocasionadas pelos braços espirais e a barra na vizinhança solar de modo separado, utilizando modelos teóricos junto com dados observacionais do *Gaia*.

Nosso modelo consiste em um Hamiltoniano que descreve o movimento estelar num disco axissimétrico sob efeito de perturbações induzidas pelos braços e barras, descritas através de um potencial gravitacional. No caso dos braços, utilizamos o modelo com perfil Gaussiano de Junqueira et al. (2013) e para a barra aplicamos o modelo analítico de Michtchenko et al. (2018a). Através disso, deduzimos as equações de movimento para cada perturbação e estudamos suas soluções utilizando ferramentas numéricas, como o método espectral, por exemplo, para construir mapas dinâmicos com o intuito de caracterizar as órbitas e identificar zonas de movimento estável, ressonantes e caóticas. Além disso, a escolha dos parâmetros do modelo foram realizadas através do consenso de que a órbita solar no disco Galáctico deve ser estável e habitável para longos períodos.

Com a análise dos mapas dinâmicos em diversos planos, como por exemplo, o plano $U-V$, $R-V_\phi$ e planos paramétricos, foi possível concluir que o modelo com os braços espirais se aproxima mais com aquele obtido dos dados observacionais de estrelas na vizinhança solar, indicando que as zonas de ressonâncias geradas pelas perturbações dos braços podem ser os mecanismos por trás da formação dos *moving groups*.

Referências

- Junqueira, T. C., Lépine, J. R. D., Braga, C. A. S., & Barros, D. A. 2013, *A&A*, 550, A91
- Michtchenko, T. A., Lépine, J. R. D., Barros, D. A., & Vieira, R. S. S. 2018a, *A&A*, 615, A10
- Michtchenko, T. A., Lépine, J. R. D., Pérez-Villegas, A., Vieira, R. S. S., & Barros, D. A. 2018b, , 863, L37

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

