

Colaboração internacional de astrônomos descobre estrela ultra pobre em elementos químicos que desafia os modelos de evolução das primeiras estrelas do universo

Descoberta foi feita em caracterização de 21 milhões de objetos celestes em segundo lançamento de dados do mapeamento S-PLUS

Um estudo publicado neste mês pelo periódico *The Astrophysical Journal Letters* (ApJL) revelou a descoberta de uma estrela pertencente ao grupo seletíssimo de estrelas ultra pobres em metais (para os astrônomos, metais são todos os elementos químicos mais pesados do que o hélio). A estrela, conhecida como SPLUS J2104-0049, foi selecionada para ser observada por espectroscopia de média e alta resolução em dois dos principais telescópios do mundo, o Gemini Sul e o Magellan Clay, ambos no Chile.

“No campo da arqueologia estelar, acredita-se que estrelas ultra pobres em metais nasceram a partir de nuvens de gás enriquecidas pela primeira geração de estrelas a se formarem no universo”, explica Vinicius Placco, cientista associado do NOIRLab, com sede em Tucson, Arizona (EUA), que liderou a pesquisa. “Atualmente, o grupo de estrelas ultra pobres em metais é composto por apenas 35 estrelas”.

Uma característica especial da estrela SPLUS J2104-0049 é que ela possui a menor abundância em carbono já medida para uma estrela ultra pobre em metais. “Isso desafia modelos correntes sobre a evolução das primeiras estrelas”, completa o pesquisador.

A pesquisa de Placco utilizou como base o trabalho de seu aluno de doutorado Devin Whitten, da Universidade de Notre Dame (EUA). Esse trabalho, publicado neste mês pelo periódico *The Astrophysical Journal*, estimou parâmetros atmosféricos estelares e abundâncias de carbono para mais de 700 mil estrelas a partir do segundo lançamento de dados (DR-2) do S-PLUS (sigla para Levantamento Fotométrico do Universo Local Sul, em inglês).

Esta foi também a primeira publicação com estimativas de abundâncias de carbono baseadas em fotometria. Usualmente, esses parâmetros físicos são obtidos com a técnica de espectroscopia, em que a luz é separada como num arco-íris, o que torna impossível conseguir analisar uma quantidade tão grande de estrelas. Os resultados desse trabalho são essenciais para validar as teorias de formação e evolução de galáxias como a Via Láctea e ainda fornecem candidatas interessantes para futuros estudos espectroscópicos.

Um mapa do céu do hemisfério Sul

O S-PLUS é um projeto que está mapeando o céu austral a partir de Cerro Tololo (Chile) com um telescópio robótico de 86 cm de diâmetro. As imagens para o projeto são obtidas com uma câmera capaz de registrar uma região do céu equivalente a um quadrado onde caberiam, com folga, duas Luas Cheias de cada lado.

Um dos diferenciais do S-PLUS é o uso de 12 filtros fotométricos do chamado sistema de Javalambre, que se utiliza de sete filtros a mais do que a maior parte dos *surveys* astronômicos. Esses sete filtros adicionais são mais estreitos e estrategicamente selecionados para permitirem o estudo de determinadas características denominadas linhas espectrais, que possibilitam, por exemplo, medir a temperatura e obter a caracterização química de estrelas.

O DR-2 representa a adição de dados e imagens de uma área de 950 graus quadrados, triplicando a área estudada até então e disponível no catálogo anterior. As imagens foram obtidas entre 2016 e 2020 e incluem medidas de brilho nas 12 bandas fotométricas de mais de 21 milhões de novos objetos.

O banco de dados conta com várias ferramentas para sua exploração. “Os interessados podem obter imagens das regiões de interesse através de uma interface simples e amigável, podendo montar imagens coloridas ao mesmo tempo”, conta Gustavo Schwarz, aluno de Ciência da Computação da Universidade Presbiteriana Mackenzie e aluno de iniciação científica no IAG/USP, que desenvolveu o sistema. “Além disso, disponibilizamos um pacote em linguagem *Python* que permite também baixar diretamente os dados do projeto”.

Para uma correta interpretação dos dados, foi necessário desenvolver uma técnica especial de calibração para o S-PLUS, aproveitando medidas de calibração de outros projetos. “Calibrações de projetos similares são transformadas ao sistema de 12 filtros utilizado pelo S-PLUS através do uso de modelos estelares sintéticos. Esse tipo de procedimento permite otimizar o tempo de telescópio disponível para observações científicas, reduzindo em cerca de 15% o tempo necessário para completar o projeto”, explica o astrofísico Felipe de Almeida Fernandes.

Fernandes, que é pós-doutorando no Departamento de Astronomia do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG/USP), trabalhou nos esforços de calibração e lidera o artigo submetido ao periódico *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* (MNRAS) que descreve o lançamento do DR-2 do S-PLUS.

As novas calibrações do DR-2 possibilitaram estimar parâmetros físicos importantes, tais como temperatura e composição química, em especial a quantidade de carbono, para mais de 700.000 estrelas da Via Láctea. Esse esforço gigantesco exigiu também ferramentas de cálculo baseada em redes neurais artificiais que tiveram que ser “ensinadas” antes.

Transformando dados em ciência

Com o volume de dados obtidos a cada noite pelo S-PLUS, seria impossível para um ser humano analisar e interpretar todas as informações durante uma vida inteira. Para solucionar esse tipo de problema, a análise das imagens e dos dados processados inclui algoritmos de inteligência artificial.

Um exemplo é a rotina para separar estrelas, galáxias e quasares que foi desenvolvida para fazer uma classificação adequada sem a intervenção humana. Para isso, o programa sofreu um “treinamento” e aprendeu a diferenciar cada tipo de objeto. “Além de incluir os valores

de brilho nas 5 bandas largas do sistema de filtros, como é feito usualmente, o programa do S-PLUS também incluiu características morfológicas obtidas pelo próprio projeto, bem como dados do satélite WISE, que observou o céu inteiro no infravermelho”, explica Lilianne Nakazono, estudante de doutorado no Departamento de Astronomia do IAG/USP que lidera os esforços de classificação de objetos. De acordo com Nakazono, que é a primeira autora de artigo explicativo submetido para publicação também pelo MNRAS, o índice de acerto do seu algoritmo supera os 97%, ou seja, a cada mil objetos classificados, apenas 22 têm classificação incorreta.

Clécio De Bom, pesquisador do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), também utiliza inteligência artificial para analisar o volumoso conjunto de dados do S-PLUS. Um novo artigo liderado por De Bom aplica modelos de Redes Neurais profundas para identificar, de maneira automática, a forma das galáxias: espirais e elípticas. Este trabalho permitiu avaliar o uso das 12 cores do S-PLUS para este tipo de classificação.

“Devido à grande quantidade de dados disponíveis, este tipo de análise visual se torna cada vez mais difícil para ser feito por especialistas humanos”, avalia De Bom. “Adicionalmente, diversos modelos de aprendizagem profunda têm se mostrado mais eficientes do que humanos em certas análises visuais. A quantidade e a proporção de diferentes formas de galáxias está associada à história de formação delas e das estruturas no Universo, como a de aglomerados de galáxias.”

Outro exemplo do uso de inteligência artificial se refere à aprendizagem de máquina para obtenção das distâncias até objetos que estão além da nossa galáxia. Essa técnica permite determinar a distância até o objeto através de uma análise estatística de seu brilho nos filtros usados pelo projeto. “Para o treinamento do algoritmo, foram usados bancos de dados fotométricos como o próprio S-PLUS, GALEX [um satélite destinado a observar no ultravioleta], 2MASS e unWISE [projetos de mapeamento do céu inteiro no infravermelho]”, explica Erik Vinícius de Lima, doutorando no IAG/USP e primeiro autor do artigo submetido ao *Astronomy and Computing* detalhando o trabalho.

O projeto S-PLUS é um projeto internacional com participação de pesquisadores de países como Brasil, Argentina, Chile, EUA e Espanha, reunindo mais de 100 cientistas entre pesquisadores e estudantes. O S-PLUS está sediado no IAG/USP em São Paulo-SP e tem como pesquisadora principal Cláudia Mendes de Oliveira, professora titular da USP. Roderik Overzier, pesquisador titular do Observatório Nacional, é cientista do projeto. O S-PLUS foi fundado pela Universidade de São Paulo, Observatório Nacional, Universidade Federal de Santa Catarina, Universidade Federal de Sergipe e Universidad de La Serena, com importantes contribuições do INPE e CEFCA e financiamento de FAPESP, CNPq, CAPES, FAPERJ e FINEP.

A participação como membro do projeto S-PLUS (www.splus.iag.usp.br) é aberta a todos os cientistas de instituições brasileiras. Vários pesquisadores brasileiros também fazem parte das colaborações J-PLUS (www.j-plus.es) e J-PAS (www.j-pas.org), estes no hemisfério norte, cujos dados, juntamente com o S-PLUS, cobrirão quase metade de toda a esfera celeste.

Lista de instituições participantes

IAG/USP, ON, UFSC, NOAO, GMT0, NOIRLab, IF/USP, OV/UFRJ, UFRGS, UFS, FEI, ULS, UNLP, UNIVAP, USP, IF/UFRJ, CBPF, FURG, Gemini, UNIFEI, UA, UESC, UFABC, IMT, UFPR, CEFCA, University of Florida, IAA, CTIO, Universidad de Concepcion, FCAG-UNLP, NAO China, U. de Talca, Chile, EWU, Swinburne U., FCAG-UNLP, UCSC, University of Notre Dame, University of Barcelona, IAR, IUCAA, IAP, IAFE/UBA-CONICET, National Observatory of Athens, UnB, UNC, IUCAA, Yunnan U, Universidad de Valparaiso, CNU.

Recursos:

Video sobre o projeto S-PLUS: <https://youtu.be/yc5kHrHU9Jk>
Crédito: Southern Photometric Local Universe Survey (S-PLUS)

Infográfico S-PLUS/DR2:

<https://drive.google.com/file/d/1pFmS43cahyUeE6SFw0FVjqxDofYAwJuN/view?usp=sharing>

Crédito: Felipe de Almeida Fernandes/S-PLUS

Referências:

Data Release 2 of S-PLUS: accurate template-fitting based photometry covering ~1000 square degrees in 12 optical filters

<https://arxiv.org/pdf/2104.00020.pdf>

Deep Learning Assessment of galaxy morphology in S-PLUS DataRelease 1

<https://arxiv.org/pdf/2104.00018.pdf>

The Photometric Metallicity and Carbon Distributions of the Milky Way's Halo and Solar Neighborhood from S-PLUS Observations of SDSS Stripe 82

<https://arxiv.org/pdf/2104.00016.pdf>

SPLUSJ210428.01-004934.2: An Ultra Metal-Poor Star Identified from Narrowband Photometry

<https://arxiv.org/pdf/2105.04573.pdf>

Acesso ao novo banco de dados do S-PLUS

<https://splus.cloud/>

Contatos:

S-PLUS

Cláudia Mendes de Oliveira

Principal Investigadora

claudia.oliveira@iag.usp.br

Vinicius Placco

NSF's NOIRLab
vinicius.placco@noirlab.edu

Clécio R. De Bom
CBPF
debom@cbpf.br

Lilianne Nakazono
IAG/USP
lilianne.nakazono@usp.br

Felipe de Almeida Fernandes
IAG/USP
felipe.almeida.fernades@usp.br

Mídia

Luciana Hiromi Silveira
IAG/USP
lhys@usp.br

Cássio Leandro Barbosa
FEI
cbarbosa@fei.edu.br