
PROJETO DE PESQUISA

Programa de Iniciação Científica e Tecnológica – CBPF

Nome do Orientador e Coordenação (Pesquisador/Tecnologista/Pós-doc):

Karín Menéndez-Delmestre

COSMO (Coordenação de Cosmologia, Astrofísica e Interações Fundamentais)

Título do Projeto:

Mapeando buracos negros obscurecidos com o telescópio espacial JWST:
PAHs, gás molecular e atividade nuclear em galáxias

Palavra-chave:

AGNs; JWST; infravermelho médio; PAHs; gás molecular; astroquímica

Área de conhecimento:

Astronomia Extragaláctica; Astrofísica Observacional

Pré-requisitos desejáveis (se houver):

Interesse em astronomia, galáxias e análise de dados observacionais. Familiaridade com conceitos básicos de física e disposição para leitura orientada de textos científicos em inglês serão importantes para o bom desenvolvimento do projeto.

Pré-requisitos obrigatórios (se houver):

Conhecimento básico de programação em Python, incluindo noções de variáveis, listas, funções, leitura de arquivos e produção de gráficos simples. O aprimoramento em Python aplicado à análise de dados astronômicos ocorrerá ao longo do projeto, mas espera-se que a estudante ou o estudante já tenha uma base inicial de programação.

Possibilidade de orientação remota:

() Sim

(X) Não

Rio de Janeiro, 30 de junho de 2026

PROJETO:

Mapeando buracos negros obscurecidos com o telescópio espacial

JWST: PAHs, gás molecular e atividade nuclear em galáxias

1. Motivação

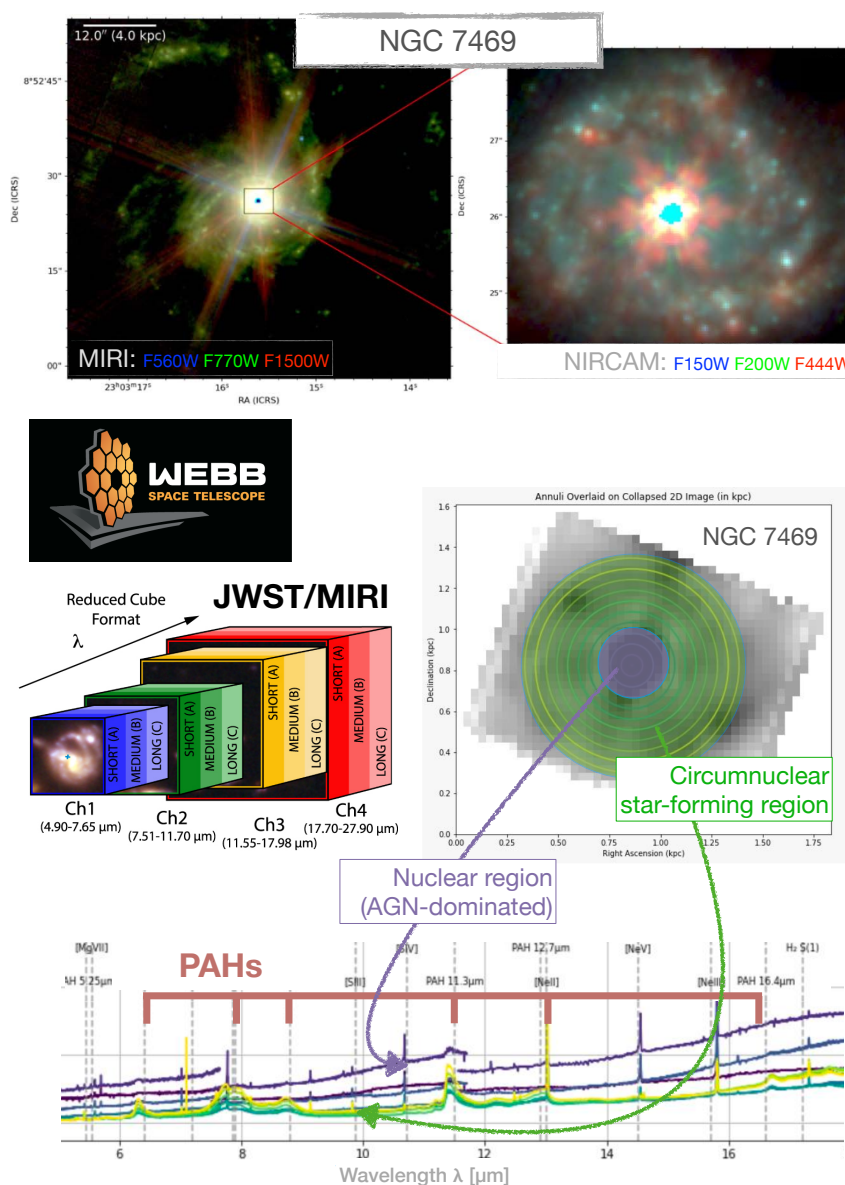
A evolução de galáxias é regulada por múltiplos processos físicos que atuam em escalas espaciais muito distintas. A formação de novas gerações de estrelas transforma gás em massa estelar ao longo de regiões extensas da galáxia e ocorre em um meio interestelar rico em gás e poeira, cuja composição registra o histórico de processamento químico do sistema. Ao mesmo tempo, a acreção de matéria por um buraco negro supermassivo central pode liberar enormes quantidades de energia em uma região extremamente compacta, dando origem a um núcleo ativo (AGN, pela sigla em inglês); essa energia, por sua vez, pode aquecer ou remover gás das regiões centrais, afetando o combustível disponível para a formação estelar. Em muitos sistemas, esses processos coexistem, tornando ambígua a interpretação da emissão observada: ela pode estar associada à formação de novas estrelas, ao crescimento do buraco negro, ou à combinação dos dois. Separar essas contribuições é uma questão central para entender como energia é injetada no meio interestelar e como essa energia influencia a evolução futura da galáxia.

Essa separação é particularmente desafiadora em galáxias obscurecidas por poeira, onde diagnósticos baseados na luz óptica podem ser fortemente afetados por extinção. Apesar de as observações ópticas de alta resolução do telescópio espacial Hubble terem representado uma revolução para o estudo da estrutura interna de galáxias, permitindo distinguir núcleos centrais de componentes galácticas mais extensas, os núcleos obscurecidos por poeira permaneceram de difícil acesso. Nesses casos, a faixa espectral decisiva é a do infravermelho. Missões como IRAS, ISO, Spitzer e Herschel abriram esse caminho, revelando a importância da poeira aquecida, do gás ionizado e de moléculas complexas no estudo de galáxias. Com o JWST em operação, esse campo entrou em uma nova fase: pela primeira vez, o maior telescópio já lançado ao espaço combina sensibilidade, resolução angular e acesso ao infravermelho médio em um nível que permite mapear essas componentes nas regiões centrais de galáxias próximas. Isso tem levado a comunidade a revisitar a coexistência entre formação estelar e atividade de AGN, agora com a capacidade de separar espacialmente processos físicos que antes apareciam misturados.

Embora representem apenas uma pequena fração da massa do meio interestelar, os grãos de poeira têm um impacto gigantesco na interpretação das observações de galáxias. Além de obscurecer a luz óptica, eles absorvem radiação de estrelas jovens e de

AGNs e a reemitem termicamente no infravermelho, muitas vezes apagando parte da informação sobre a origem dessa energia. Uma forma de recuperar essa informação é olhar para os menores tamanhos da distribuição de poeira, já no regime molecular: os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, ou PAHs. Essas moléculas são excitadas por fótons ultravioleta, abundantes tanto em regiões de formação estelar quanto nas vizinhanças de AGNs, e emitem em bandas largas no infravermelho médio.

A radiação produzida próxima ao buraco negro supermassivo pode alterar as propriedades físicas dos PAHs, modificando seu grau de ionização e seu tamanho por meio de processos como fragmentação. Caracterizar essa emissão torna-se, portanto, uma ferramenta observacional para investigar o campo de radiação nas regiões centrais das galáxias. Neste projeto, essa análise será feita com dados do instrumento MIRI, a bordo do JWST, que realiza espectroscopia de campo integral no infravermelho médio: para cada posição no campo observado, obtém-se um espectro, permitindo construir mapas da emissão dos PAHs e comparar suas propriedades entre o núcleo e as regiões circumnucleares.



A expectativa usual é que ambientes dominados por AGNs sejam particularmente hostis a moléculas complexas. A radiação intensa produzida pela acreção no buraco negro supermassivo poderia ionizar, fragmentar ou destruir parte da população de PAHs. No entanto, resultados recentes obtidos por nosso grupo apontam para um

comportamento mais complexo e contraintuitivo: em galáxias observadas com o JWST, regiões mais próximas ao AGN parecem apresentar uma contribuição maior de PAHs neutros. Esse resultado sugere que a resposta dos PAHs à radiação de um AGN não depende apenas da intensidade ou dureza do campo de radiação, mas também da estrutura física do meio interestelar ao redor.

Uma hipótese importante é que grandes concentrações de gás molecular nas regiões centrais das galáxias possam atuar como uma forma de blindagem, protegendo parte dos PAHs da radiação mais energética. Nesse cenário, a presença de PAHs neutros perto de AGNs não seria uma contradição, mas uma pista sobre a geometria, a densidade e a distribuição do gás no núcleo da galáxia. Testar essa hipótese requer combinar dados no infravermelho médio, sensíveis à emissão dos PAHs, com mapas espacialmente resolvidos de hidrogênio molecular (H_2). Esse gás é usualmente traçado pela emissão de monóxido de carbono (CO), observada por interferômetros em comprimentos de onda (sub)milimétricos (e.g., ALMA: Atacama Large Millimeter/submillimeter Array, no Chile).

Este projeto propõe investigar essa conexão usando dados de ponta do telescópio espacial JWST, em particular do instrumento MIRI, em combinação com mapas de gás molecular obtidos em levantamentos como o PHANGS-ALMA. A estudante ou o estudante participará de uma investigação observacional atual, na interface entre astrofísica extragaláctica e análise de dados, buscando compreender como o crescimento de buracos negros deixa uma assinatura observável no meio interestelar das galáxias.

2. Objetivos

O objetivo geral deste projeto é investigar se a distribuição de gás molecular em galáxias próximas pode ajudar a explicar a dominância inesperada de PAHs neutros em regiões dominadas por AGNs.

- Familiarizar a estudante ou o estudante com conceitos fundamentais sobre galáxias, formação estelar, AGNs, poeira, PAHs e observações no infravermelho médio.
- Estudar dados espectroscópicos do JWST/MIRI de galáxias próximas com núcleos ativos, com foco na emissão de PAHs.
- Reunir mapas de gás molecular, traçado por emissão de CO, para galáxias com observações compatíveis no infravermelho médio.
- Avaliar se a hipótese de blindagem por gás molecular pode explicar a sobrevivência de PAHs neutros próximos a AGNs.

Referências iniciais: [Armus, L., et al. 2023, ApJL, 942, L37](#) // [Boersma, C., Bauschlicher, C. W., Ricca, A., et al. 2014, ApJS Series, 211, 8](#) // [Bohn, T., et al. 2023, ApJL, 942, L36](#) // [Smith, J. D. T., Draine, B. T., Dale, D. A., et al. 2007, ApJ, 656, 770](#) // [Hernán-Caballero, A., & Hatziminaoglou, E. 2011, MNRAS, 414, 500](#).