

CARACTERIZAÇÃO ESPECTRAL NO ÓPTICO DA GALÁXIA MEGAMASER OH IRAS 10039-3338 USANDO MUSE/VLT

Douglas A. Silva¹; A. Robinson²; Dinalva A. Sales³

¹*Instituto de Matemática, Estatística e Física, Universidade Federal do Rio Grande*
– douglas.as@furg.br

²*School of Physics and Astronomy, Rochester Institute of Technology –*
axrsp@rit.edu

³*Instituto de Matemática, Estatística e Física, Universidade Federal do Rio Grande*
– dsales@furg.br

1. INTRODUÇÃO

IRAS 10039-3338, também catalogada como IC 2545, é um sistema de galáxias em fusão, situado na constelação da Bombarda (Antlia), a cerca de 450 milhões de anos-luz (~140 Mpc) (ESA/HUBBLE, 2008). Imagens do Telescópio Espacial Hubble revelam dois núcleos ainda visíveis e extensas marés de gás e estrelas, resultantes do processo de interação. A intensa emissão no infravermelho e a presença de aglomerados azuis evidenciam uma fase ativa de formação estelar.

Entre as assinaturas mais marcantes desse tipo de sistema estão os megamasers de OH — masers extragalácticos extremamente luminosos, com emissões nas frequências de 1665 e 1667 MHz, que podem alcançar luminosidades de até $10^4 L_\odot$ SANDERS; MIRABEL (2025). Esse fenômeno é impulsionado pela radiação no infravermelho distante, emitida por poeira aquecida, que inverte a população das moléculas de OH, amplificando o contínuo de rádio nuclear. Em IRAS 10039-3338, a presença de um megamaser de OH foi confirmada por observações interferométricas de alta resolução, que localizaram a emissão em uma região nuclear compacta ROVILOS et al., (2002), revelando uma estrutura complexa com componentes blueshift e redshift separadas por até 80 km/s.

Diante desse cenário, marcado por intensa atividade dinâmica e energética, este trabalho tem como objetivo estudar a cinemática do gás ionizado na galáxia IRAS 10039-3338 por meio de dados ópticos do instrumento MUSE/VLT, buscando compreender sua estrutura interna e posicioná-la no contexto evolutivo de galáxias em fusão com emissão de megamaser de OH.

2. METODOLOGIA

Para estudar a estrutura interna da galáxia IRAS 10039-3338 e sua emissão maser, utilizamos dados públicos do instrumento MUSE (*Multi Unit Spectroscopic Explorer*), instalado no *Very Large Telescope* (VLT) do ESO. O MUSE é um espectrógrafo de campo integral (IFS) que permite a aquisição de um espectro completo para cada pixel da imagem observada, cobrindo o intervalo de 465–930 nm com resolução espectral de 1700 a 3400 (EUROPEAN SOUTHERN OBSERVATORY, 2025).

O cubo de dados resultante foi processado com o software IFSCube, um pacote em Python voltado à análise de espectros obtidos por IFUs, com ajuste de perfis usando funções gaussianas ou gauss-hermitianas. Baseando-nos na metodologia de RUSCHEL-DUTRA et al. (2021), utilizamos ajustes bi-gaussianos para modelar a linha H α , de modo a distinguir componentes cinemáticas estreitas e largas associadas a diferentes regimes físicos do gás.



Figura 1: Esta imagem mostra os quatro grandes telescópios principais e os quatro telescópios auxiliares menores que compõem o *very large telescope* do ESO. O telescópio principal 1, que começou a operar há 25 anos, está no centro da imagem, ao lado dos telescópios auxiliares. Crédito:ESO

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise espectral permitiu decompor a linha de emissão H α em duas componentes: uma estreita, associada ao gás ionizado em rotação, e uma larga, relacionada a outflows e possíveis interações com o núcleo ativo. A Figura 2 apresenta a comparação entre a imagem óptica de alta resolução obtida com o HST (filtro F814W) e o campo de visão do MUSE, evidenciando a região central da galáxia com intensidades calibradas.

A Figura 3 mostra os mapas espectrais resultantes da decomposição da linha H α . Na linha superior, referente à componente estreita (Ha_6563), o fluxo estende-se ao longo da estrutura em forma de “S”, com forte emissão no centro e ao sul. O gradiente de velocidade, do azul (nordeste) ao vermelho (sudeste), indica um disco rotacional distorcido. A dispersão de velocidade (σ) varia entre 30 e 100 km/s, com elevação central associada a turbulência ou sobreposição de linhas. Na linha inferior (Ha_6563b), os mapas da componente larga mostram uma morfologia mais compacta, concentrada no núcleo, com velocidades extremas (± 200 km/s) e dispersões acima de 300 km/s. Esses dados sugerem a presença de ventos galácticos e outflows energéticos, possivelmente

impulsionados por um AGN obscurecido ou starburst central, como descrito por RUSCHEL-DUTRA et al. (2021).

A coexistência espacial dessas duas componentes revela uma estrutura multifásica do gás ionizado, onde processos de rotação, interação gravitacional e ejeção de matéria coexistem. Essa complexidade cinemática é coerente com a natureza de [U]LIRGs em fusão, que frequentemente abrigam megamasers de OH impulsionados por intensos episódios de formação estelar e atividade nuclear SANDERS; MIRABEL(2025).

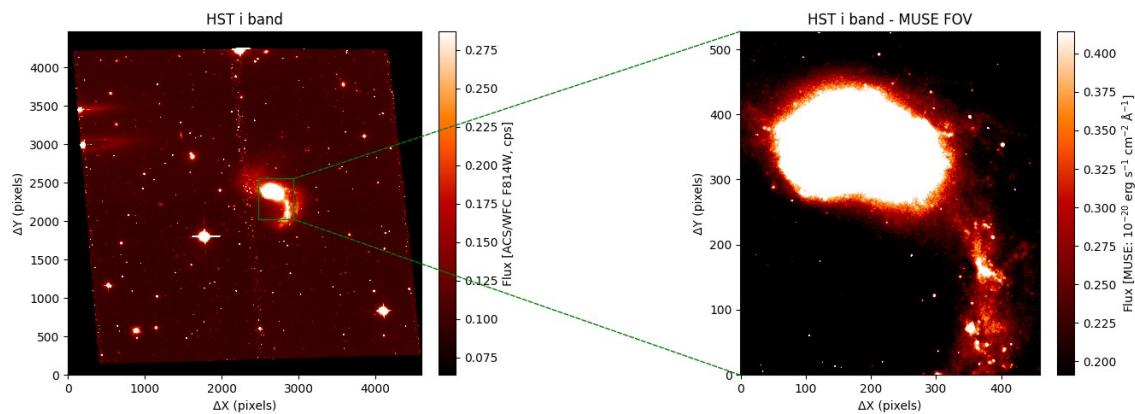


Figura 2: Painel comparativo entre a imagem de banda *i* obtida pelo HST/ACS e o campo observado com o MUSE/VLT. À esquerda, apresenta-se o mosaico completo na banda *i* (filtro F814W) do Hubble.

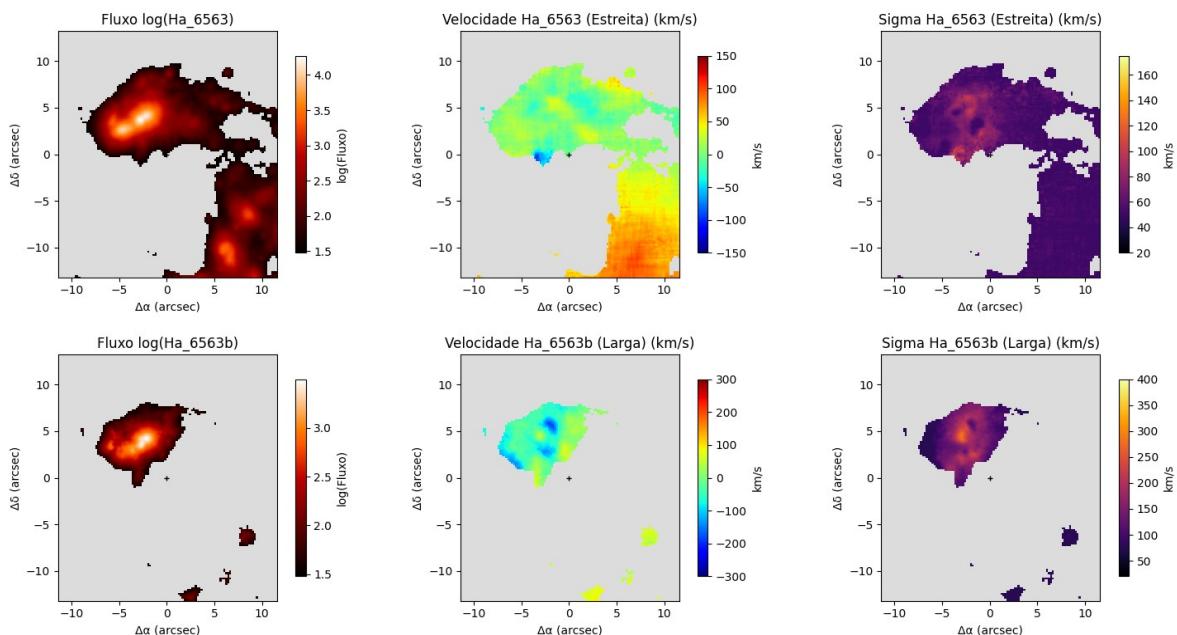


Figura 3: Mapas espectrais da linha $\text{H}\alpha$ ($\lambda 6563 \text{ \AA}$) na Galáxia IRAS 10039–3338.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho evidenciou a capacidade do instrumento MUSE/VLT de revelar em detalhe a estrutura cinemática e espectral da galáxia megamaser OH IRAS 10039-3338. A principal inovação está na decomposição da linha H α em duas componentes distintas, permitindo identificar regimes físicos diferentes do gás ionizado. Essa abordagem revela a coexistência de um disco rotacional distorcido e de outflows nucleares intensos, associados a mecanismos de feedback em ação. A metodologia empregada reforça o papel da espectroscopia de campo integral na compreensão da evolução de galáxias em fusão e dos ambientes onde megamasers de OH se formam.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ESA/HUBBLE. IC 2545. 24 abr. 2008. Imagem. Acessado em 30 jul. 2025. Online. Disponível em: <https://esahubble.org/images/heic0810bj/>

EUROPEAN SOUTHERN OBSERVATORY. MUSE – Multi Unit Spectroscopic Explorer. Paranal Observatory, VLT Instrumentation. Acessado em 30 jul. 2025. Online. Disponível em: <https://www.eso.org/public/teles-instr/paranal-observatory/vlt/vlt-instr/muse/>

ROVILOS, E.; DIAMOND, P. J.; LONSDALE, C. J.; LONSDALE, C. J.; SMITH, H. E. Observations the OH megamaser galaxies Arp 220 and IRAS 10039-3338. In: EUROPEAN VLBI NETWORK SYMPOSIUM, 6., Bonn, 2002. Proceedings of the 6th European VLBI Network Symposium. **BONN: EUROPEAN VLBI NETWORK**, 2002. p. 179–184.

RUSCHEL-DUTRA, D.; STORCHI-BERGMANN, T.; SCHNORR-MÜLLER, A.; et al. AGNIFS survey of local AGN: GMOS-IFU data and outflows in 30 sources. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, Oxford, v. 507, n. 1, p. 74–89, jul. 2021. ISSN 0035-8711. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/mnras/stab2058>. Acesso em: 30 jul. 2025.

SANDERS, D. B.; MIRABEL, I. F. **Properties of luminous infrared galaxies – OH megamasers. (Seção 4.6.3 de “Luminous Infrared Galaxies”).** NASA/IPAC Extragalactic Database. Acessado em 30 jul. 2025. Online. Disponível em: <https://ned.ipac.caltech.edu/level5/Sanders/Sanders4.html>

WHITTET, D. C. B. **Dust in the Galactic Environment.** Bristol e Philadelphia: Institute of Physics Publishing, 2003.