

# Núcleos Ativos de Galáxia

The background image shows two galaxies, one on the left and one on the right, both with bright, active nuclei. From each nucleus, a powerful jet of light extends outwards, appearing as a purple and blue glow. The jets are directed towards each other, creating a central region of intense light. The surrounding space is filled with numerous stars of various colors, including white, yellow, and blue, set against a dark, starry background.

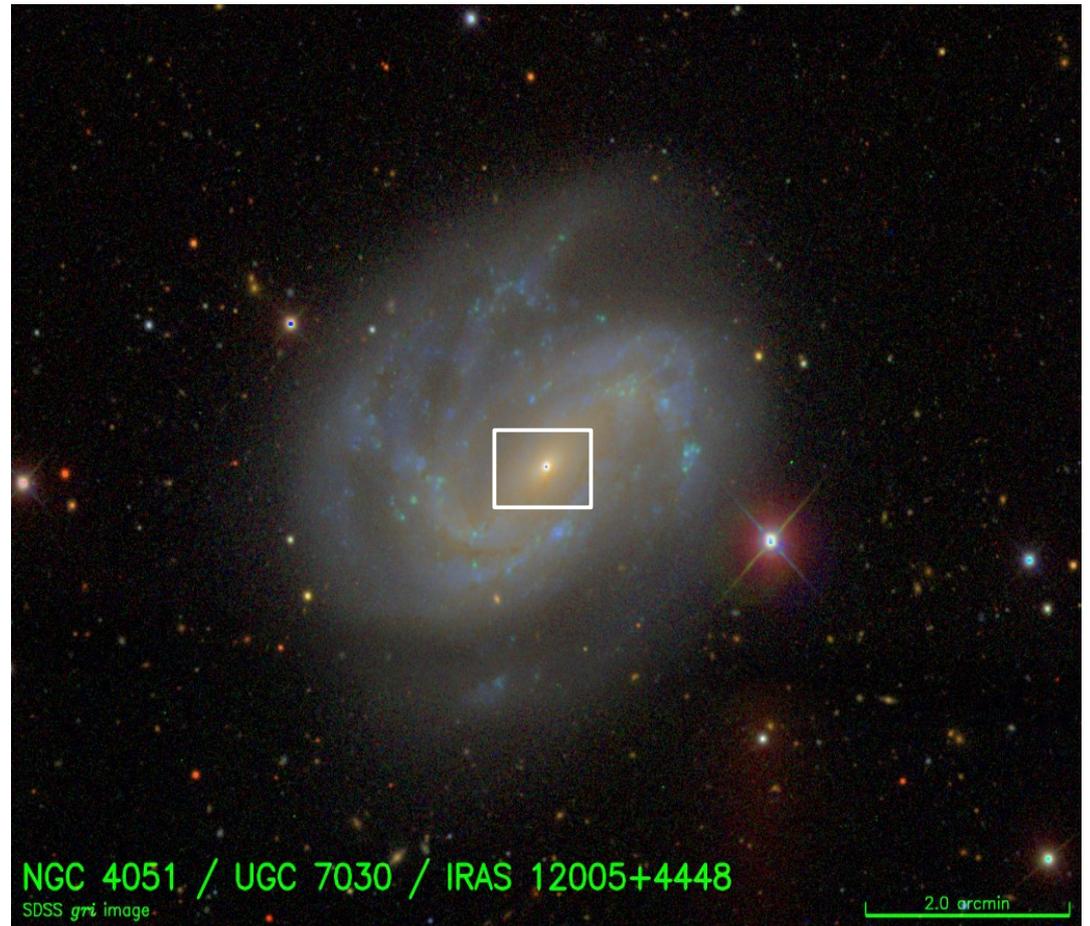
**Alberto Rodríguez Ardila**  
**Laboratório Nacional de Astrofísica /MCTI & INPE**  
**Workshop PG-AST/DAS 2016**  
**Abril 2016 - INPE**

# Conteúdo

- Introdução aos núcleos ativos de galáxia
- Motivação para seu estudo
- A região de linhas estreitas – linhas coronais

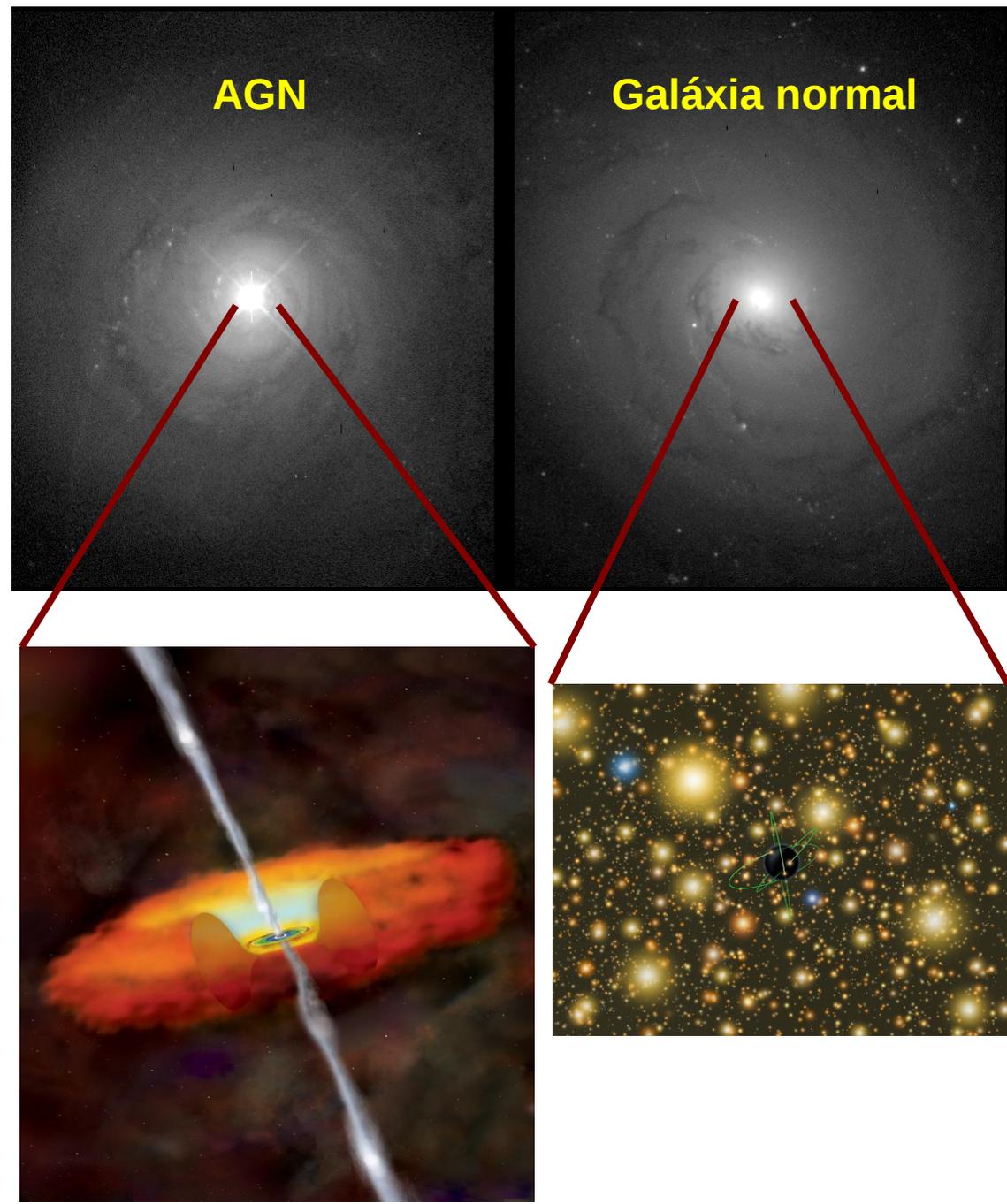
# O que é um AGN?

- **Objeto** extremamente **compacto** alimentado por **acréscimo de gás** ao redor de um buraco negro supermassivo no centro de uma galáxia hospedeira.
- Esse **termo inclui uma ampla variedade de objetos**, alguns dos quais se subdividem-se em várias categorias:
  - Quasares y QSOs
  - Galáxias Seyfert 1/Seyfert 2
  - Objetos BL Lac / blazares
  - LINERS
  - Rádio galáxias

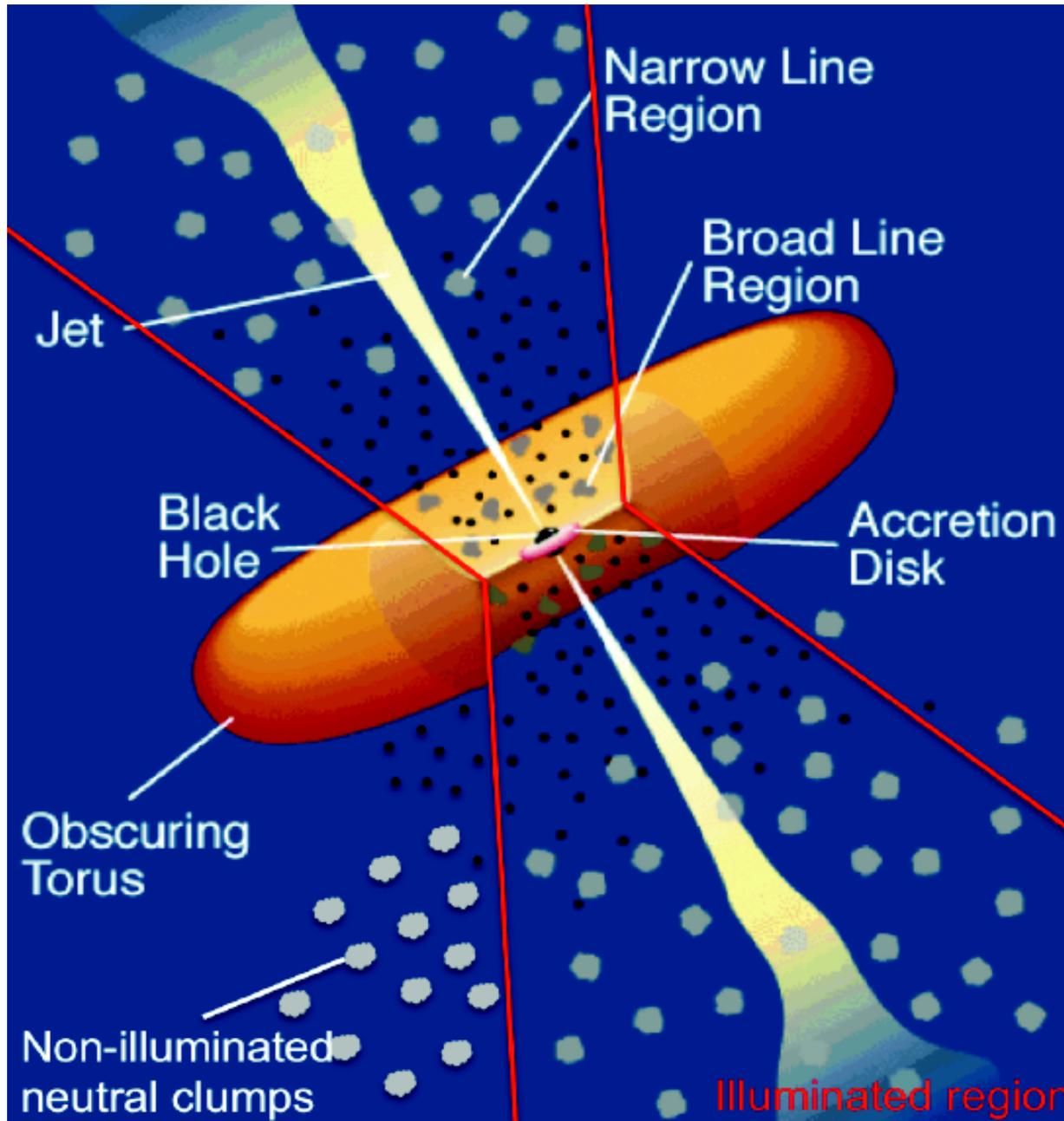


# O que é um AGN?

- **Objeto** extremamente **compacto** alimentado por **acréscimo de gás** ao redor de um buraco negro supermassivo no centro de uma galáxia hospedeira.
- Esse **termo inclui uma ampla variedade de objetos**, alguns dos quais se subdividem-se em várias categorias:
  - Quasares y QSOs
  - Galáxias Seyfert 1/Seyfert 2
  - Objetos BL Lac / blazares
  - LINERS
  - Rádio galáxias



# O Modelo Unificado de AGNs



**BLR < 0.1 pc**  
**Torus < 1 pc**  
**NLR ~ 0.1 – 1 Kpc**

**Fonte central + BLR  
não-resolvida!!!!**

# Por que estudar AGNs:

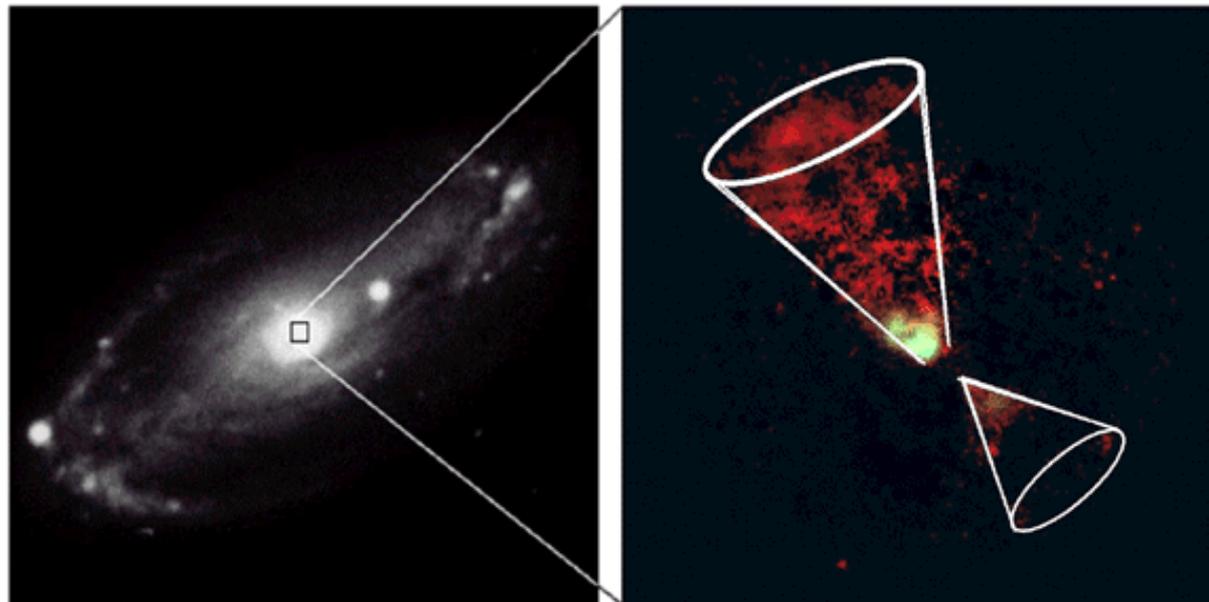
- O motor central é um SMBH, o objeto astrofísico mais exótico conhecido. Acesso a um sistema que seria elusivo de qualquer outra forma.
- O acréscimo de matéria por um SMBH é eficiente ( $\xi \sim 0.1$ ). Entender como grandes quantidades de energia (1-1000x a luz da galáxia hospedeira) são produzidas em uma região tão compacta é um dos principais objetivos no campo.
- **Os AGNs são laboratórios naturais de altas energias** onde relatividade geral, partículas ultra-relativistas, campos magnéticos, hidrodinâmica e transferência radiativa estão todas interligadas.
- **Evolução de galáxias em geral** Os Quasares são reconhecidos como sondas cosmológicas:
  - \* Velas Cosmológicas
  - \* Evolução do IGM pelas linhas de absorção na linha de visada
  - \* Conexão AGN - Starburst.

# A Região de linhas estreitas

**NGC 5728**

Hubble Space Telescope

*Wide Field / Planetary Camera*



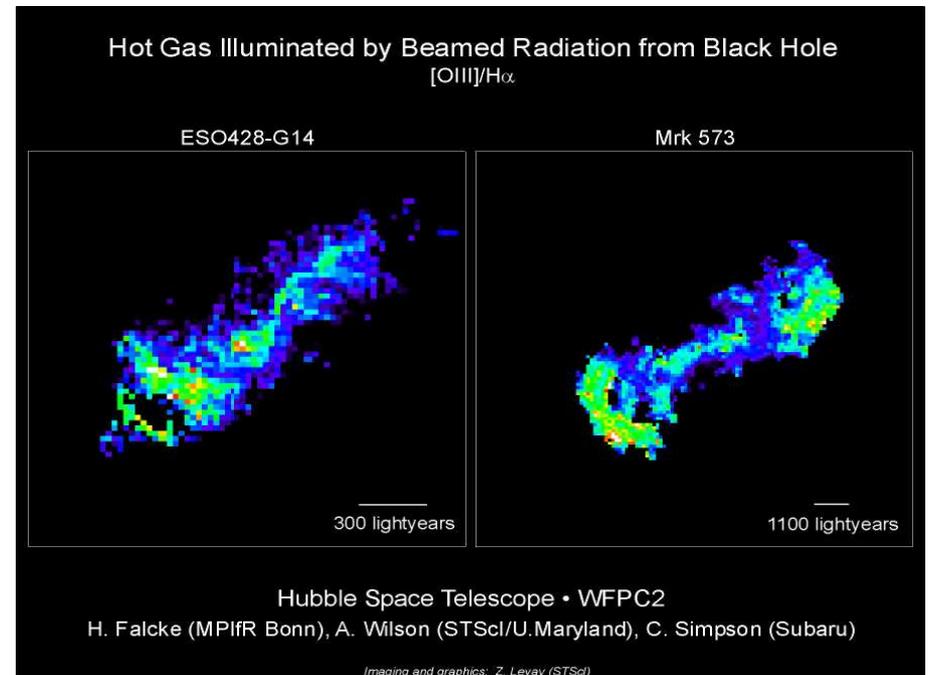
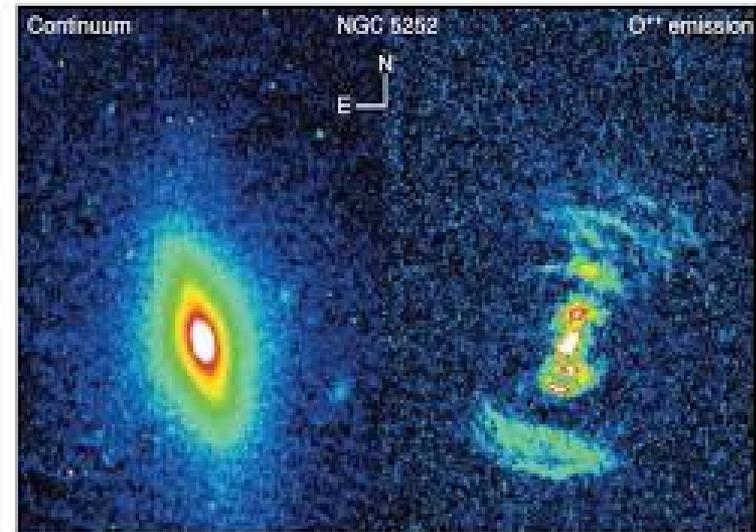
Ground View

HST View

``Cones de ionização'' em NGC 5728

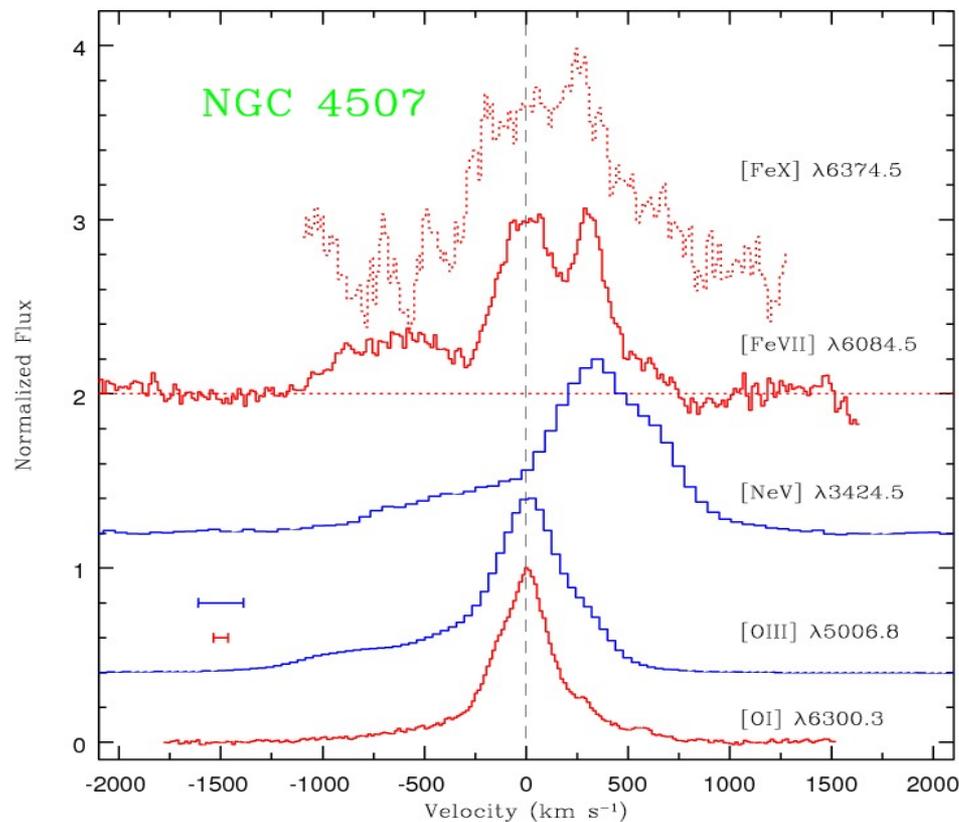
# Questões relevantes à NLR

- Geometria do gás emissor
- Estrutura de ionização e mecanismos de excitação dominantes
- Cinemática e dinâmica do gás
- Choques? Outflows? Ventos?
- Interação do gás com o jato?
  - Influencia apenas na dinâmica ou também na excitação do gás?
- Distribuição da poeira
- Pouco estudada no NIR



# Linhas Coronais

- Além das linhas da BLR e NLR clássicas, os AGNs apresentam linhas de íons altamente ionizados, também conhecidas como “linhas coronais” (CLs).
- CLs são transições proibidas dentro do nível fundamental, com potencial de ionização  $> 100$  eV e excitadas por colisões.



- Tendem a ser mais largas que as linhas proibidas de menor ionização (Phillips & Osterbrock 1975).
- Usualmente deslocada para o azul em relação à velocidade sistémica da galáxia (Penston et al. 1984).

# Estamos interessados em:

## - Distribuição do fluxo das LCs ao longo do eixo espacial

- \* Comparação com o gás de baixa ionização

## - Extensão física e morfologia da CLR.

## - Cinemática do gás coronal

- \* Perturbado em regiões onde o jato-rádio interage com a NLR ??

- \* Compatível com a rotação do disco ou associado a um vento?

- \* Mapas de velocidade radial e FWHM com a distância

- Úteis para estudar o *feedback* em AGNs através de escoamentos de gás ionizado, agora reconhecidos como um ingrediente crucial na relação MBH -  $\sigma^*$  (e.g. Gebhardt et al. 2000).

Colaboradores: Fábio Pinto Rodrigues (UNIFEI); Ximena Mazzalay (Max Planck-Alemanha)  
Almudena Prieto (IAC, Espanha); Yaherlyn Díaz (INPE).

Vários modelos têm sido considerados para explicar as CLs:

- ▶ **Ventos originados no tórus de gás e poeira**  
(e.g., Pier & Voit 1995; Nagao et al. 2000; Mullaney et al. 2009; Rose et al. 2015).
- ▶ **Uma componente altamente ionizada da NLR interna**  
(e.g., Komossa & Schulz 1997; Ferguson, Korista & Ferland 1997b; Binette et al. 1997).
- ▶ **Uma componente de baixa densidade do ISM** (Korista & Ferland 1989).
- ▶ **Choques entre o jato rádio jet e o ISM** (Contini & Viegas 2002; Rodríguez-Ardila et al. 2006, 2016; Mazzalay et al. 2013)

# Estudos IFU da CLR

- Estudar os perfis e a distribuição de luz de [FeVII] no óptico e de [SiVI], [SiVII], [SVIII], [SIX] no NIR.
- Mapear a cinemática da CLR e a sua relação com o jato rádio através de observações AO (NIFS, SINFONI). A escala angular atingida é de ~5-10 pc.
- Comparar razões de linhas de alta ionização com modelos para intuir as condições físicas do gás de alta ionização.

# Mapeamento 3D de linhas Coronais: NGC 1068

➡ Alongada na direção  
NE-SW.

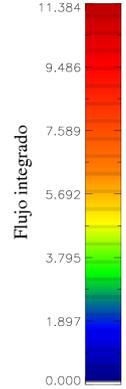
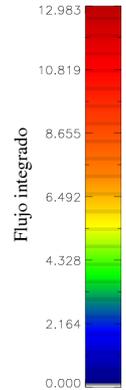
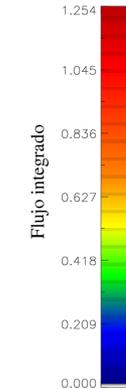
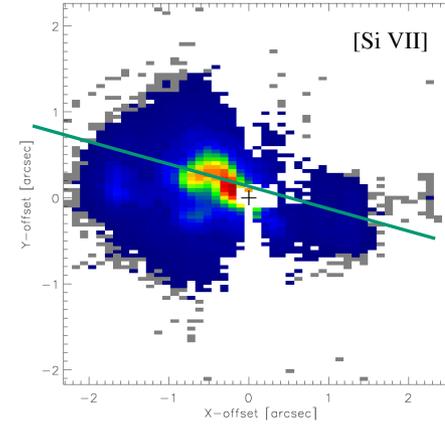
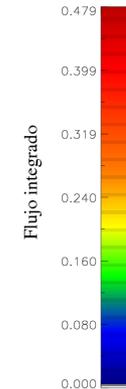
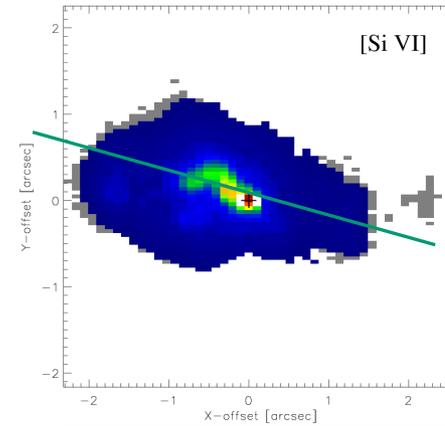
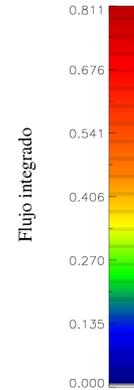
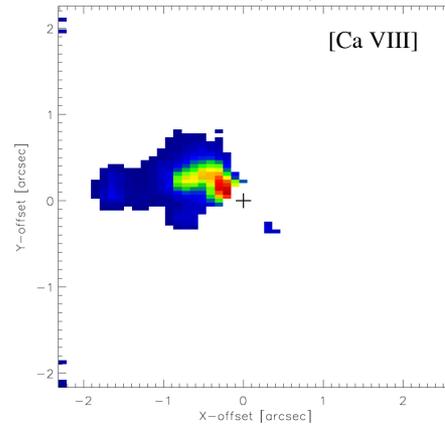
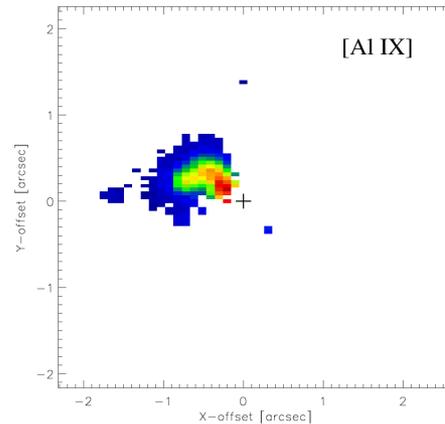
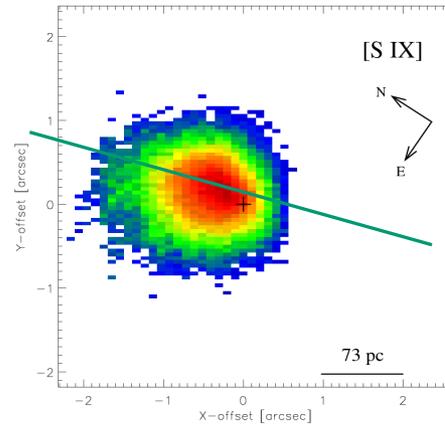
➡ Morfologia irregular.

➡ Regiões mais  
brilhantes no N-NE do  
núcleo. Arco que se  
estende por  $\sim 0.8''$ .

➡ No SW, emissão mais  
fraca (extinção).

➡ Extensão:

- NE:  $2.3'' \sim 170$  pc
- SW: [SiVI] & [SiVII]  
têm um segundo  
pico em  $\sim 2.2''$
- SW: [SIX]  $< 1''$



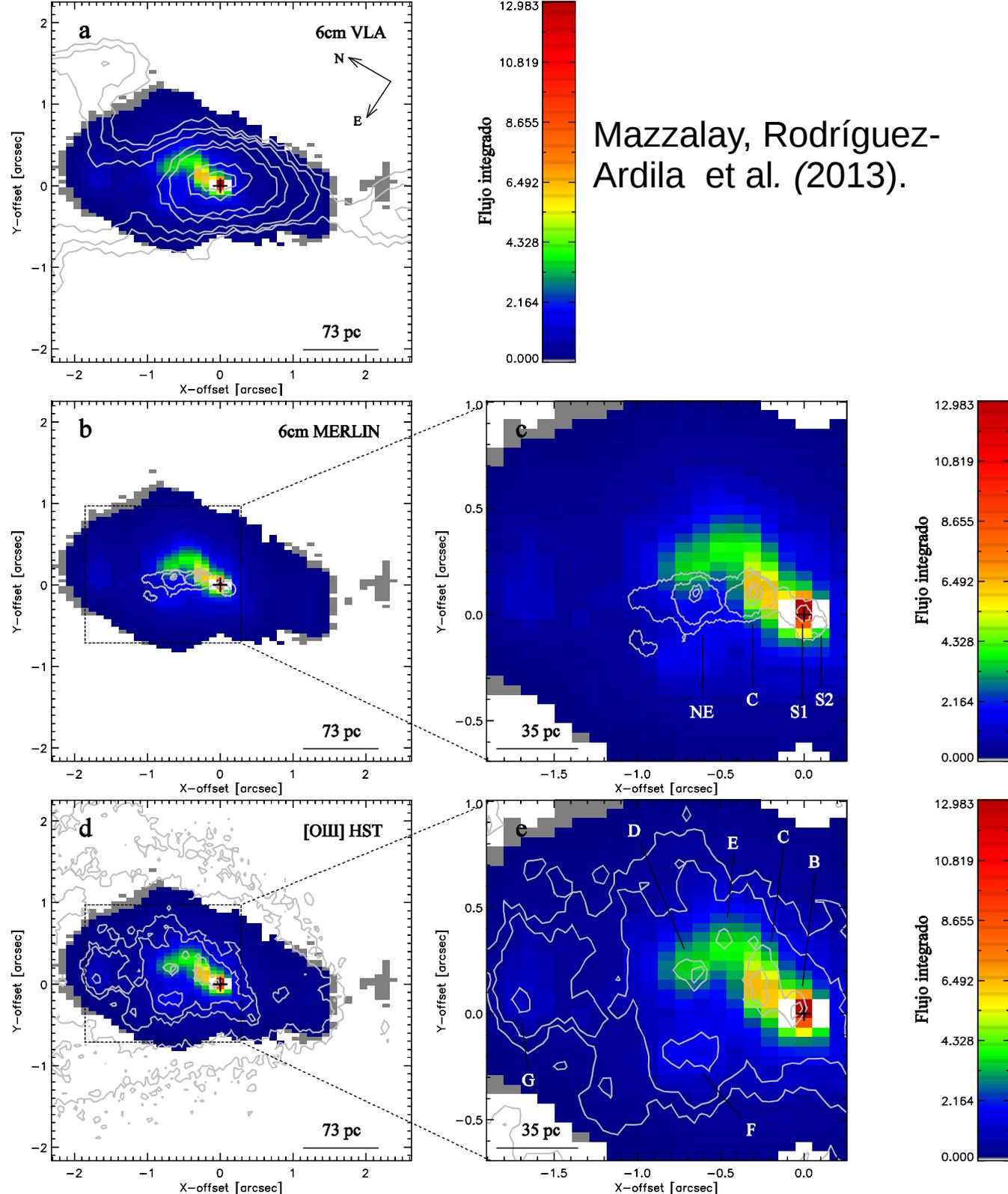
Mazzalay, Rodríguez-Ardila &  
Komossa (2013).

Results found are  
compatible to those of  
Müller-Sanchez et al.  
2011.

Amostra com +5 galáxias em estudo!!!!

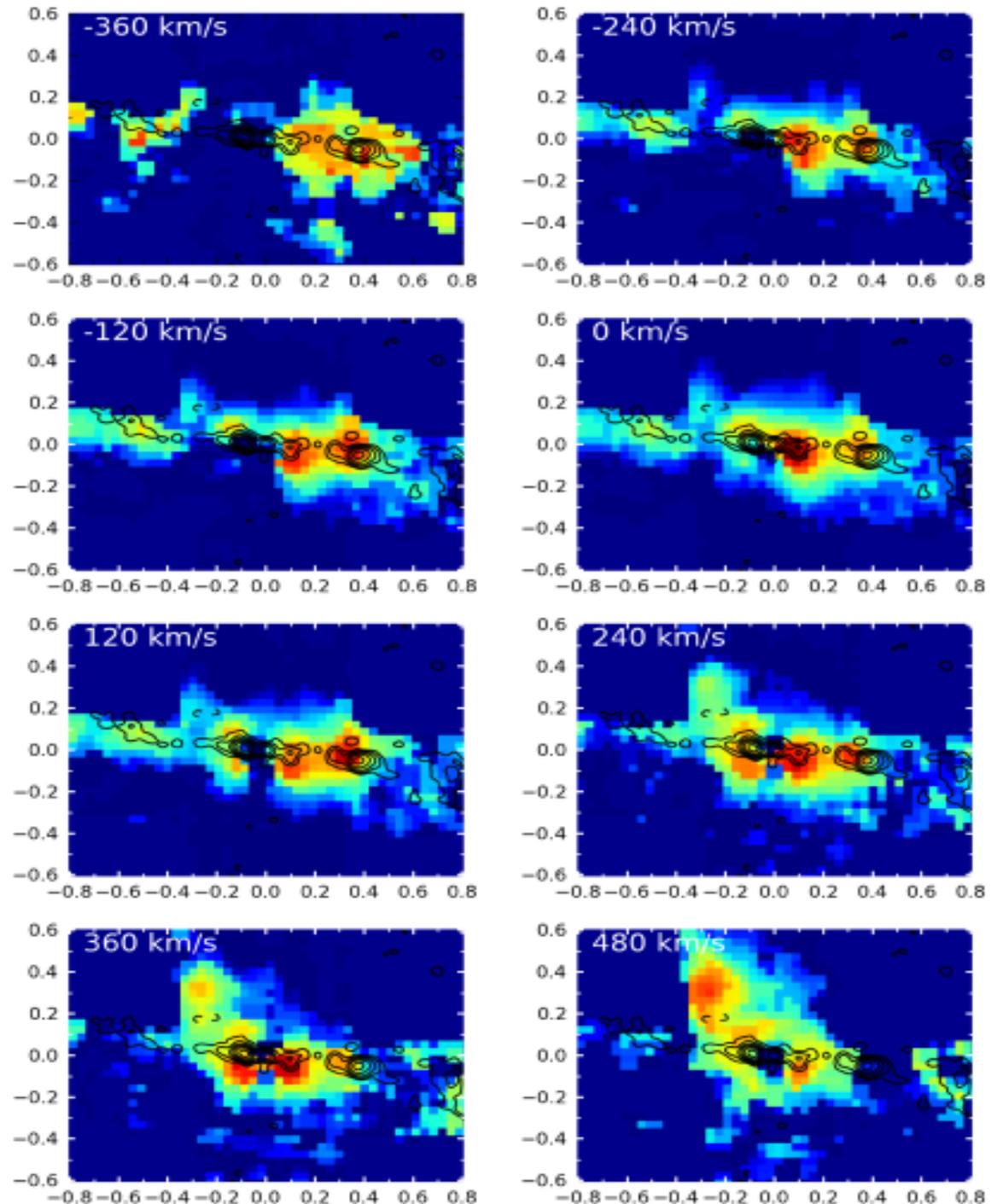
# [SiVI], [OIII] and radio emission

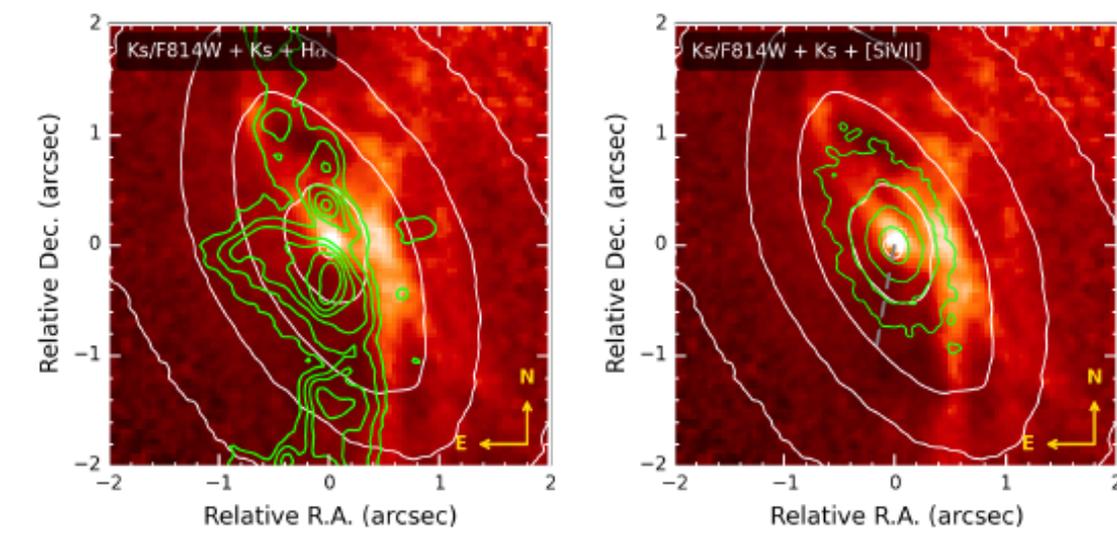
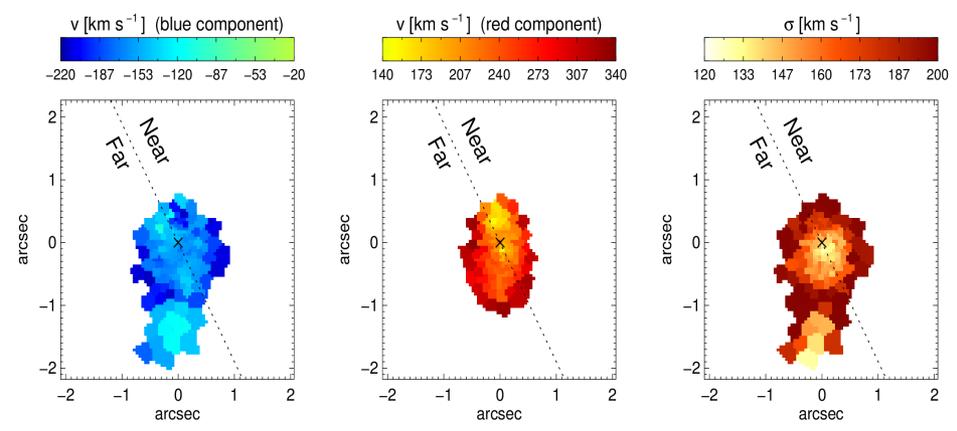
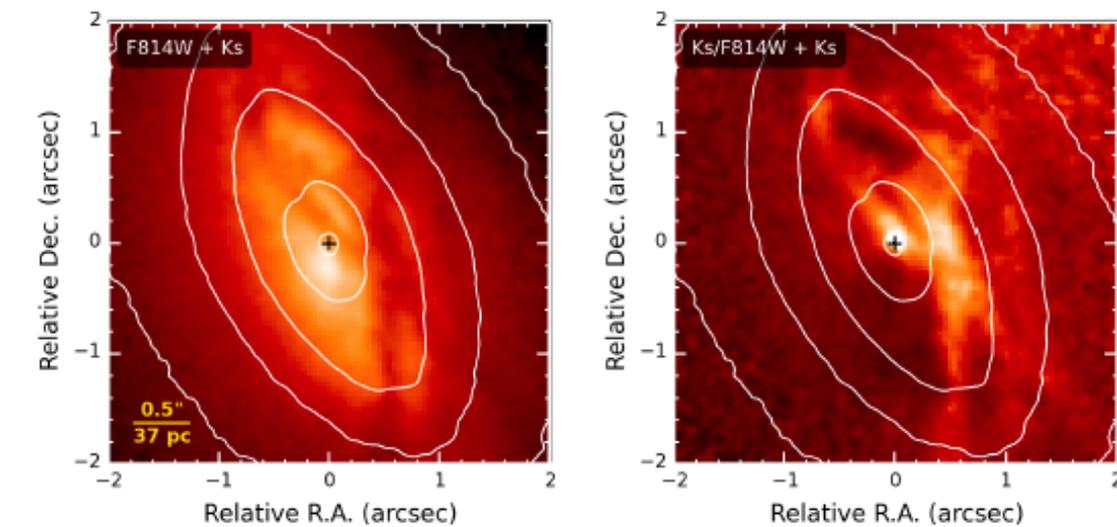
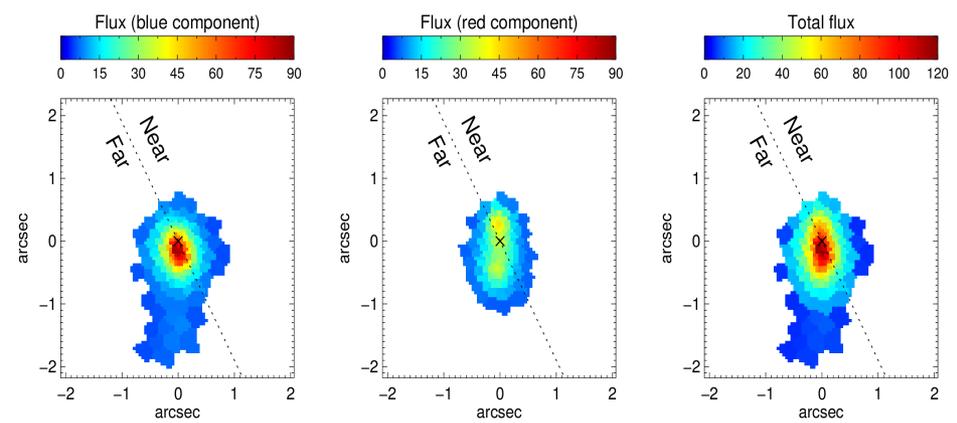
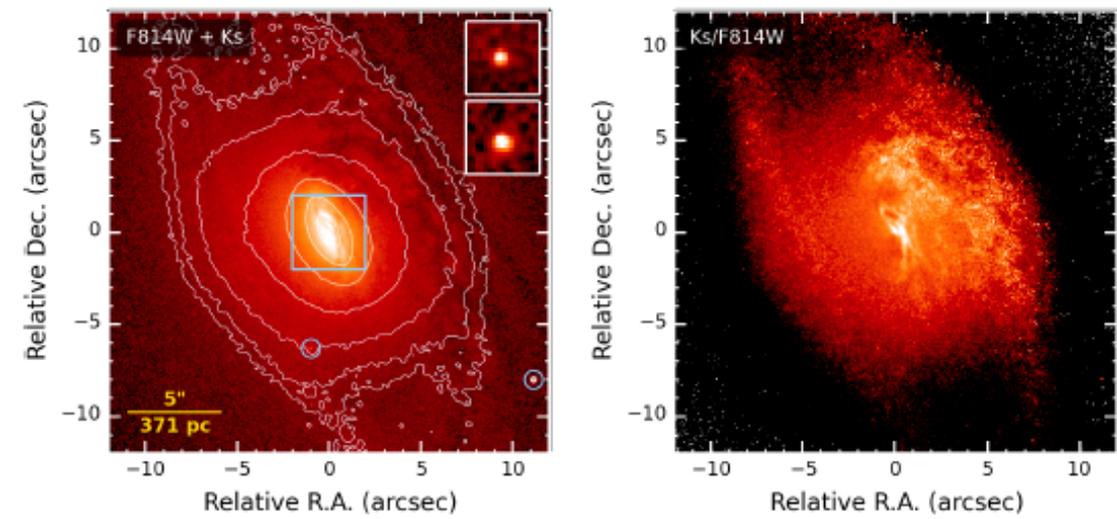
- ➡ [SiVI] similar à [OIII]
- ➡ [SiVI] alongada na direção do radio-jet
- ➡ Em escalas menores (Merlin): o jato cria um canal, incrementa a densidade do gás (e a sua emissão na borda).
- ➡ O jato tem um papel fundamental na morfologia do gás da CLR em NGC1068.



## NGC 4151 – Emissão de [SiVI]

- Cor vermelha destaca as regiões com maior emissão de [SiVI].
- [SiVI] mais intenso é observado em ou ao redor dos nós de rádio.
- Sugere uma relação estreita entre gás coronal e choques gerados pelo jato.
- 1" ~ 64 pc.
- Norte para cima, leste para a esquerda.





Distribuição de fluxo (painéis superiores) e da posição do centroide do pico da linha coronal [SiVI]  $1.963 \mu\text{m}$  em NGC1386 (SINFONI/VLT +AO). Duas componentes na linha são observadas, evidenciando a presença de um *outflow*. Ainda, a componente azul se estende até distâncias de  $\sim 150$  pc ao sul do núcleo da galáxia.  $1''=76$  pc. (Rodríguez-Ardila et al. 2016, em preparação).

- Observações de alta resolução espacial são necessárias para estudar as CLs e a física dos hipotéticos escoamentos de gás que as originam.
- No entanto, poucas fontes são próximas o suficiente para resolver espacialmente os parsecs mais internos por meio de técnicas de AO.
- Assim, visando uma maior abrangência nos resultados, a alternativa é utilizar observações realizadas com AO nas fontes mais próximas, e observações limitadas por seeing no caso de fontes mais distantes ( $z > 0.03$ ).

The image features a hypnotic spiral background composed of concentric circles in shades of red and black. The spiral starts from a dark blue/black center and expands outwards. Overlaid on this background is the text "That's all Folks!" written in a white, elegant cursive font. The text is positioned horizontally across the middle of the spiral, with the word "Folks!" ending in a prominent exclamation point.

*That's all Folks!*