

Núcleos Ativos de Galáxia



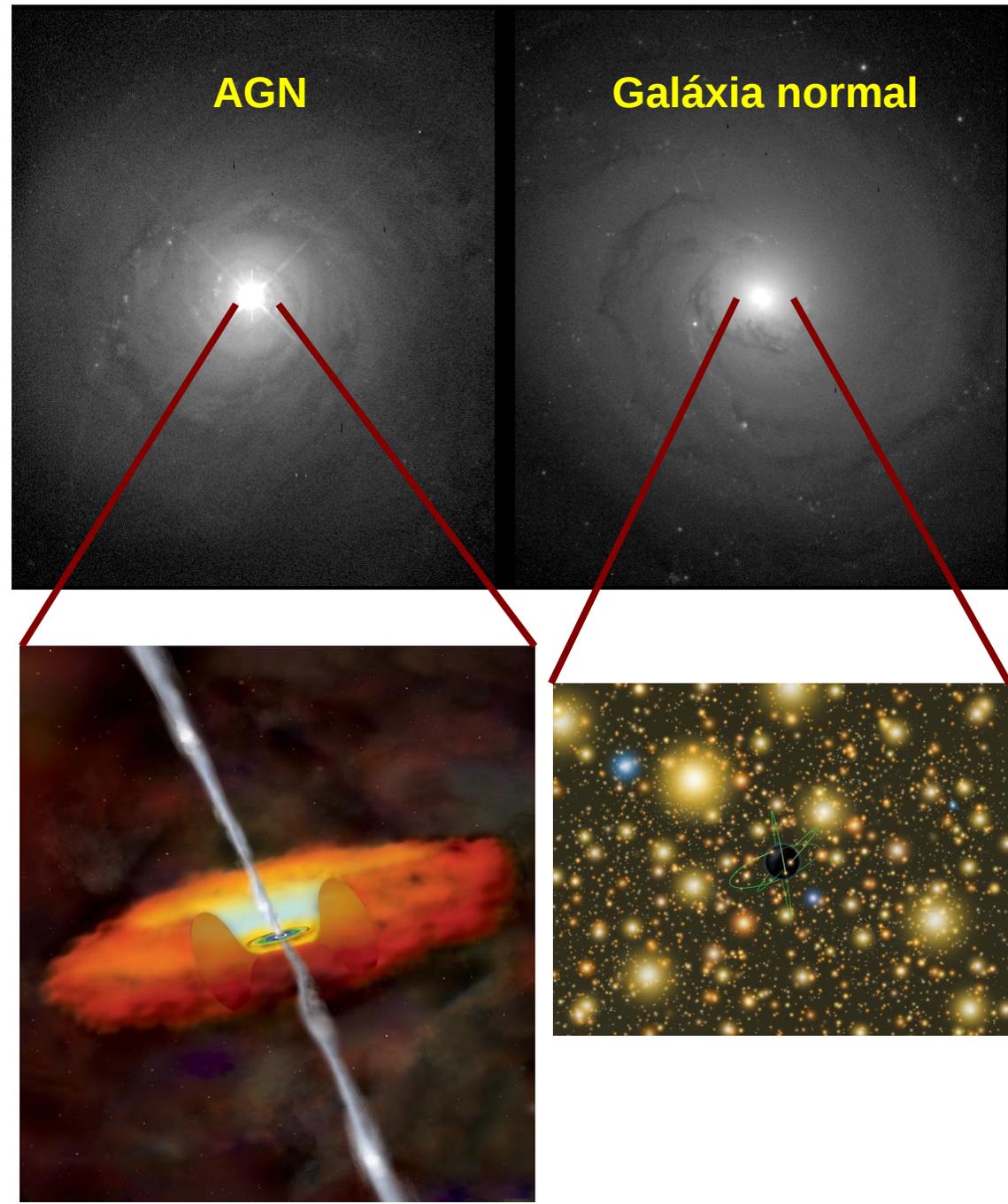
Alberto Rodríguez Ardila
Laboratório Nacional de Astrofísica /MCTI & INPE
VIII Workshop PG-AST/DAS
Abril 2015 - INPE

Conteúdo

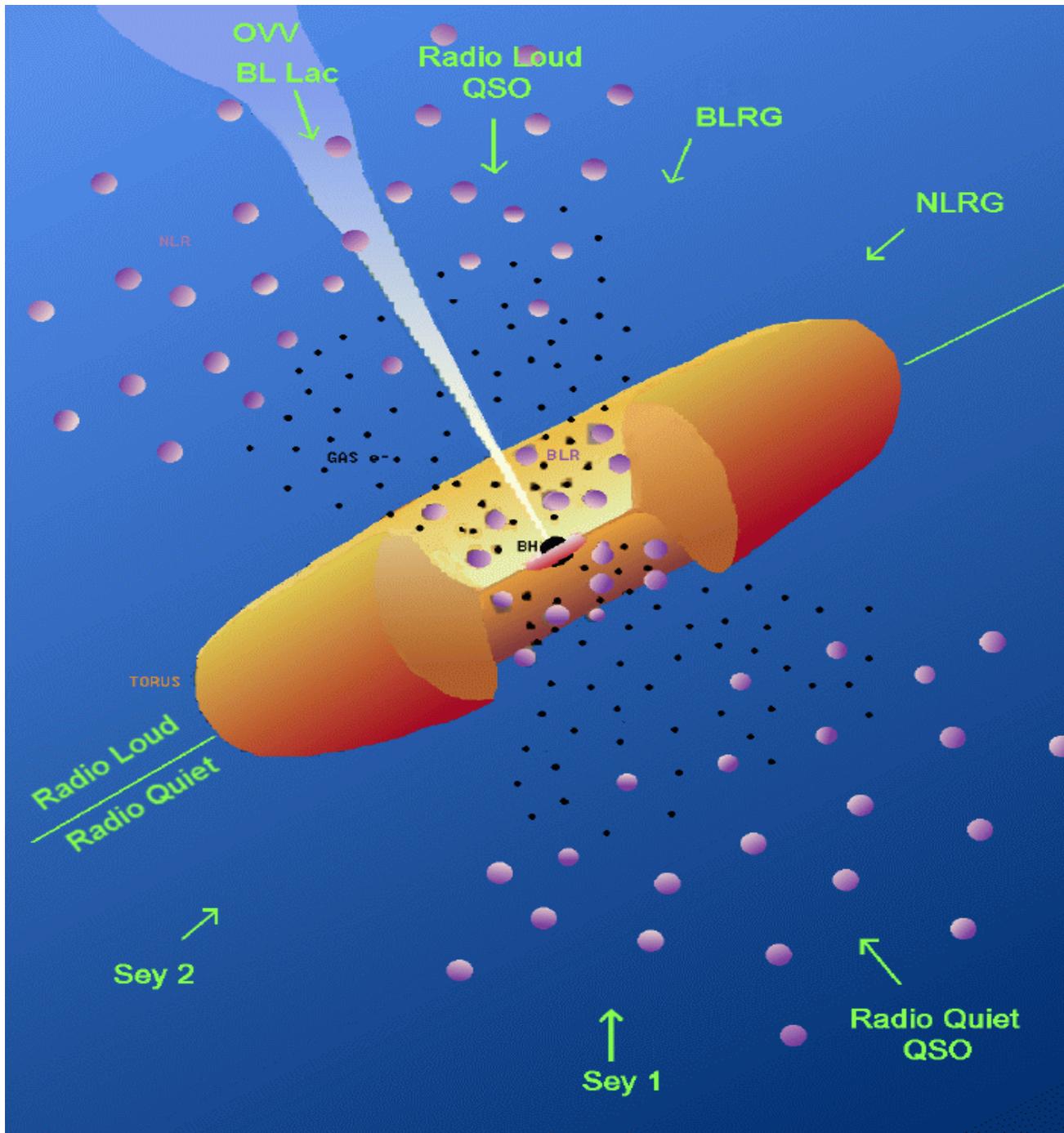
- Introdução aos núcleos ativos de galáxia
- Motivação para seu estudo
- Estrutura da região de linhas largas
- A região de linhas estreitas – linhas coronais
- População estelar em AGNs e Starburst

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



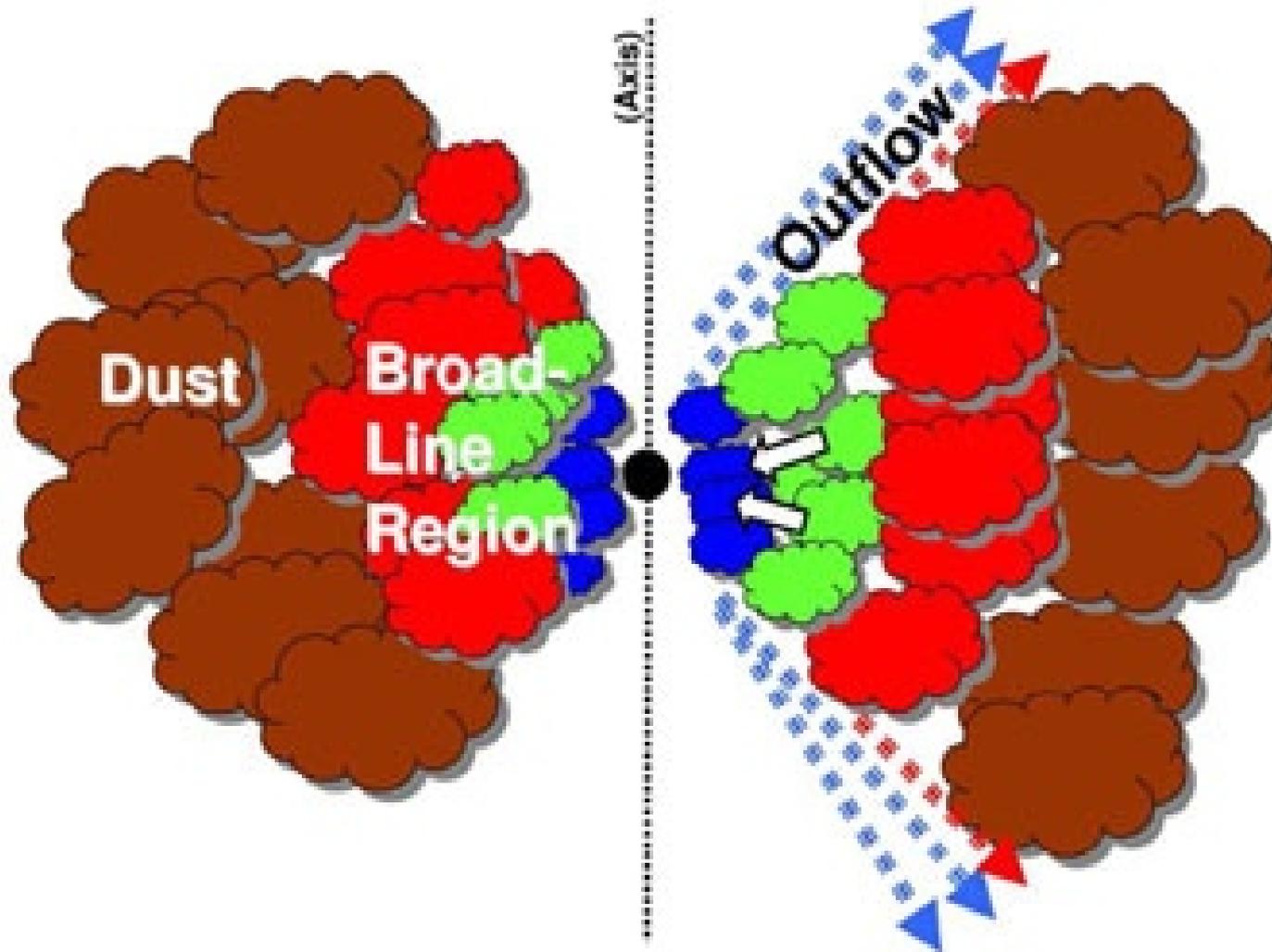
BLR < 0.1 pc
Torus < 1 pc
NLR ~ 0.1 – 1 Kpc

**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.

Estrutura da BLR



Qual é a natureza da BLR ??

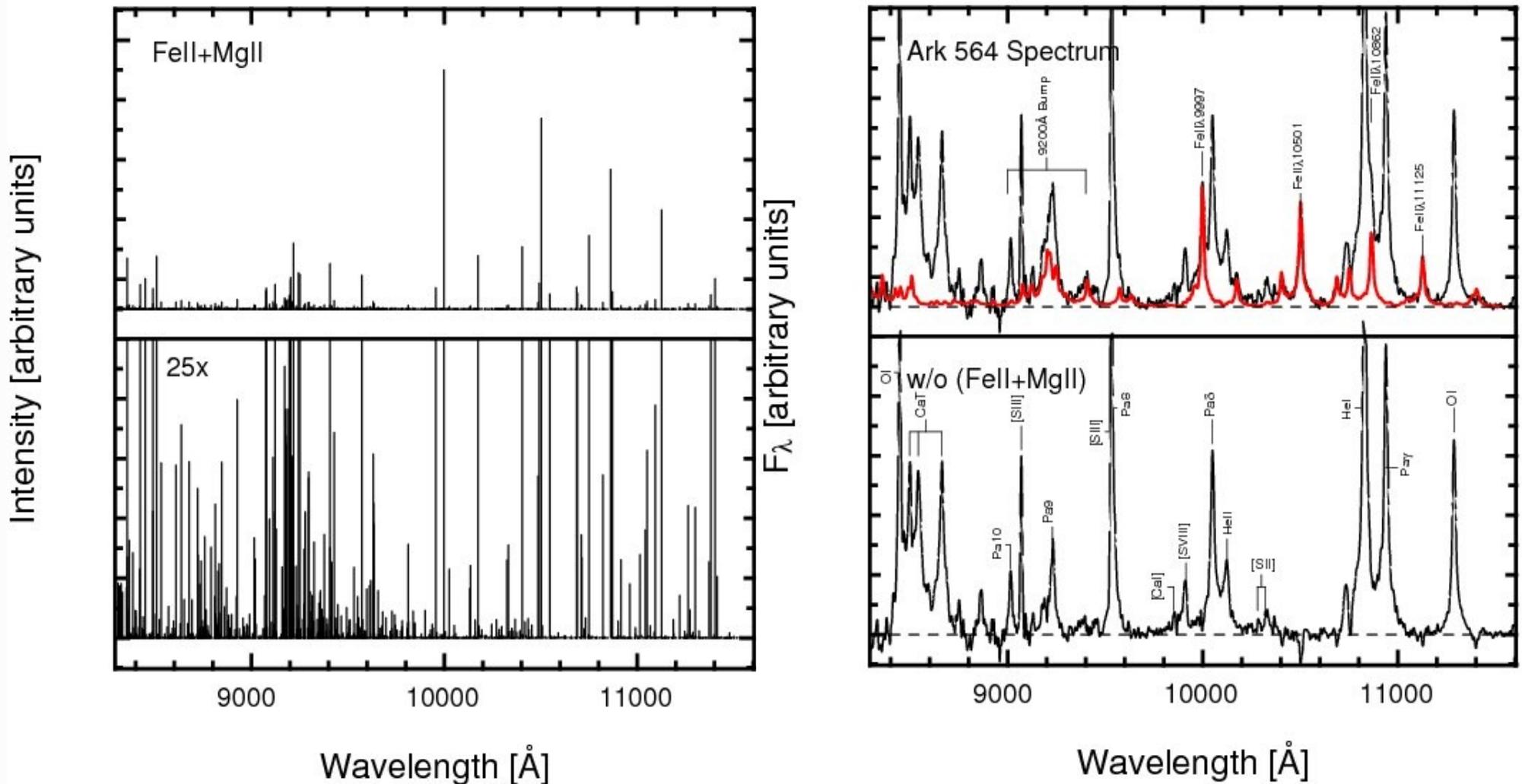
Qual é a origem do gás que produz as linhas em emissão e como se relaciona com o fluxo em acreção??

Estudo da BLR através da Emissão de FeII

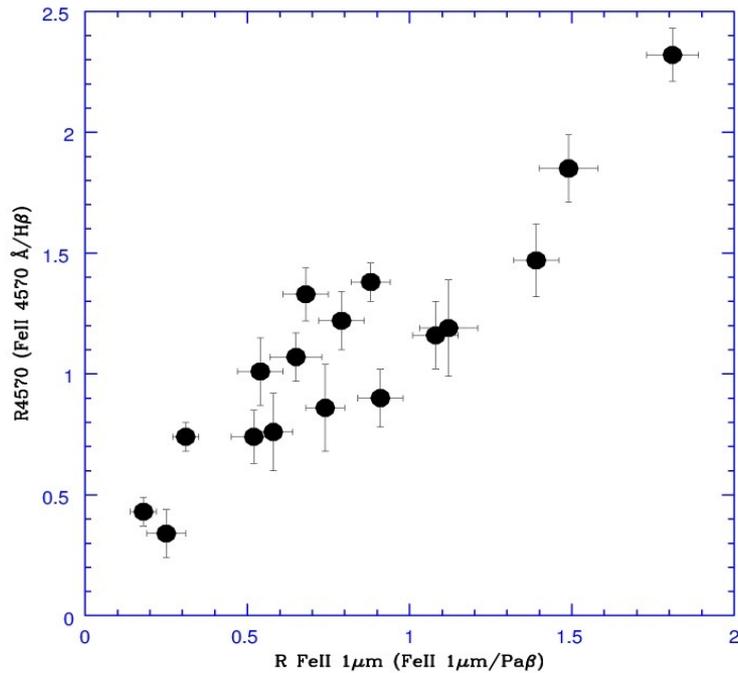
- A emissão é forte (até 25% da energia emitida pela BLR).
- A determinação da sua abundância como função do tempo cósmico é de grande interesse cosmológico:
 - Boa parte do Fe do ISM produzido por SNs Type Ia.
 - ➔ Começou a se formar 0.3 - 1 bilhões de anos depois do início da formação estelar.
 - ➔ Conexão com o enriquecimento químico primitivo. Interesse considerável na medida do FeII em QSOs de alto redshift.
 - ➔ **Fe II/MgII** é útil para derivar a razão de abundância Fe/Mg. Indica quanto material tem sido processado através de SN Tipo I vs processos α , liberados via SN tipo II.
- Contudo, **o espectro de FeII é um dos problemas não resolvidos no estudo de AGNs.**
- **Templates** são a forma mais adequadas de estudar essa emissão.

Colaboradores: Murilo Marinelo (UNIFEI/ON); Aurea Garcia Rissmann (ESO-Garching); Anil Pradhan (OSU-USA); Aaron Sigut (UWO-Canada)

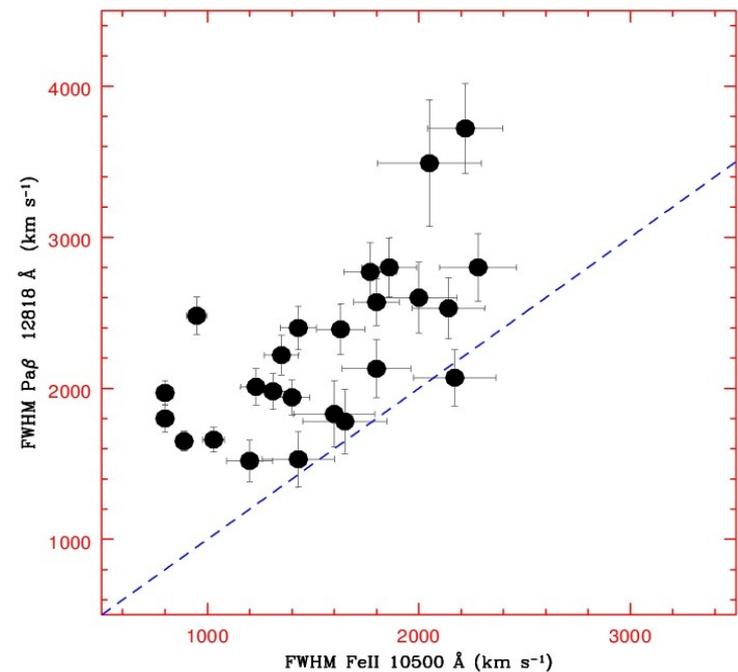
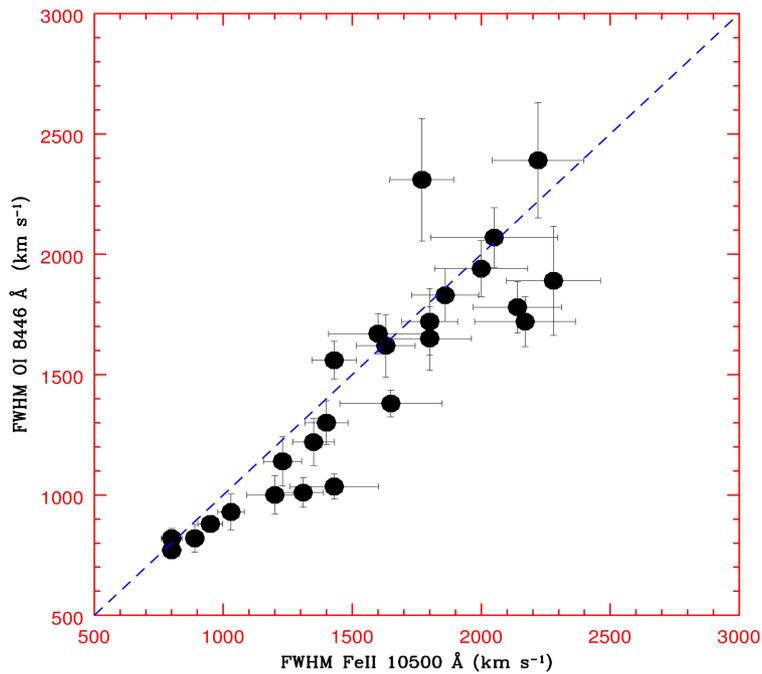
Primeiro template semi-empírico de FeII no NIR



Template de FeII (esquerda) desenvolvido por Garcia-Rissmann, Rodríguez-Ardila, Sigut et al. (2012) e aplicado à NLS1 Ark 564 (direita). O template permite a caracterização dessa emissão no NIR assim com o estudo de linhas individuais de FeII. 25 AGNs foram estudados.



- FeII óptico e NIR correlacionam. Mecanismos de excitação em comum. A fluorescência de Ly α pode representar > 20% do fluxo observado.
- Comparação do FWHM do FeII e outras linhas da BLR mostra que FeII, CaII e OI são emitidos na mesma região. HI é ~25% mais largo, ou 2x mais afastado da fonte central.
- Confirma resultados de variabilidade em alguns objetos.

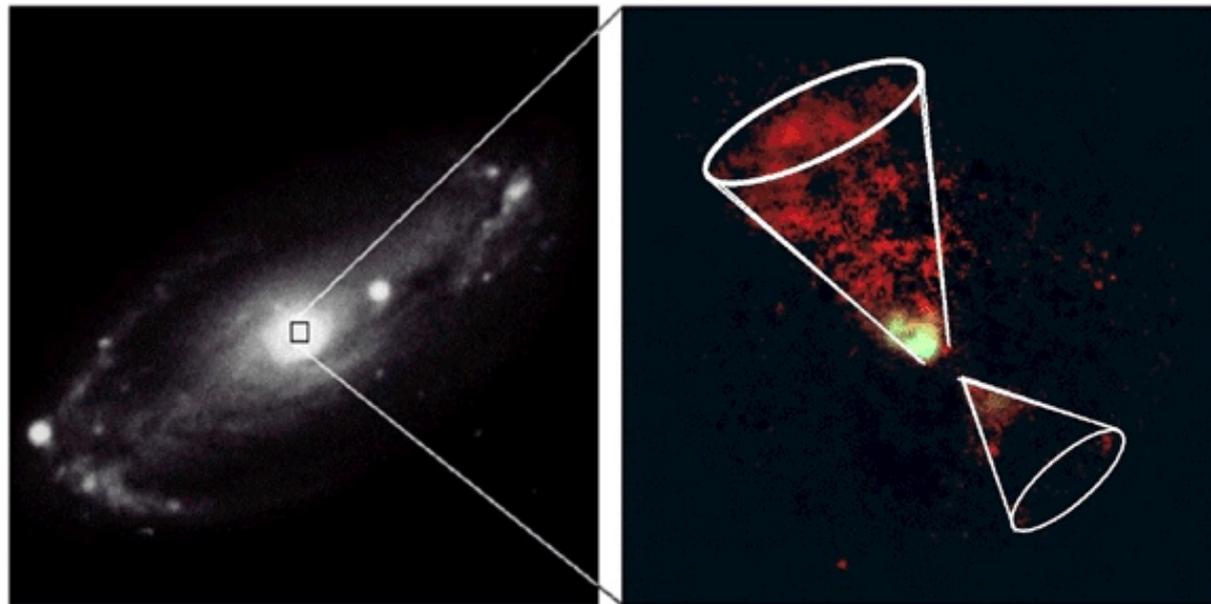


A Região de linhas estreitas

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

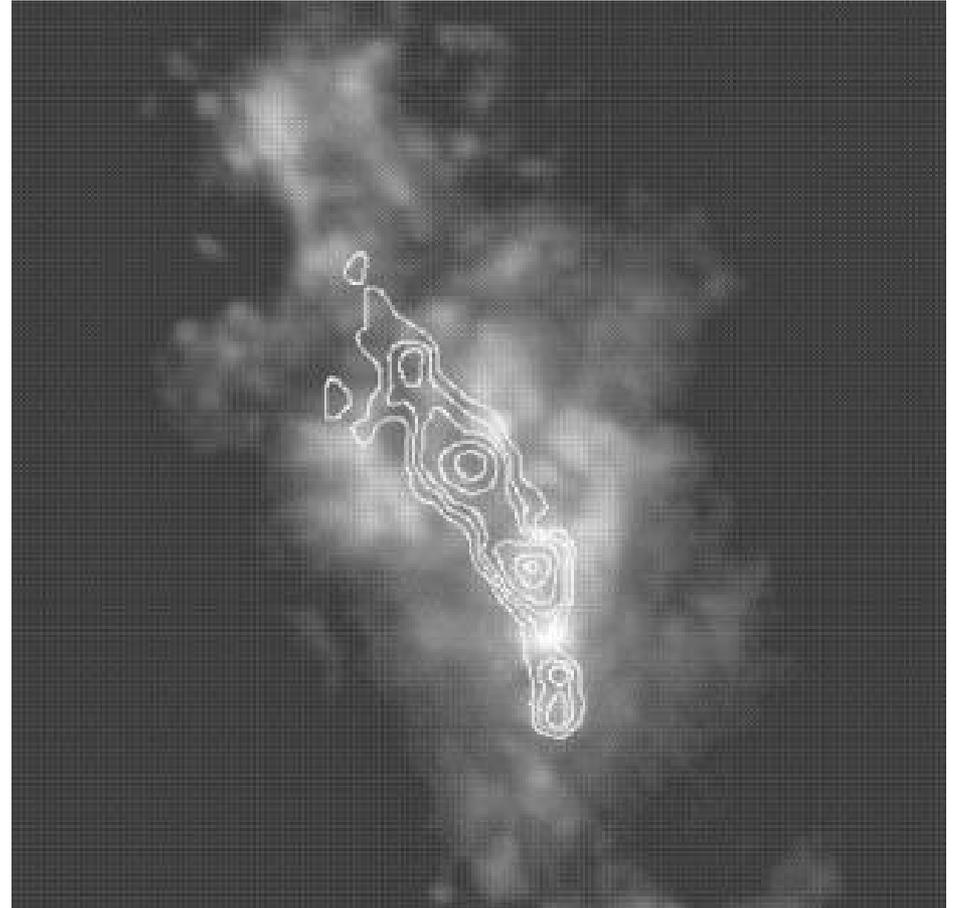
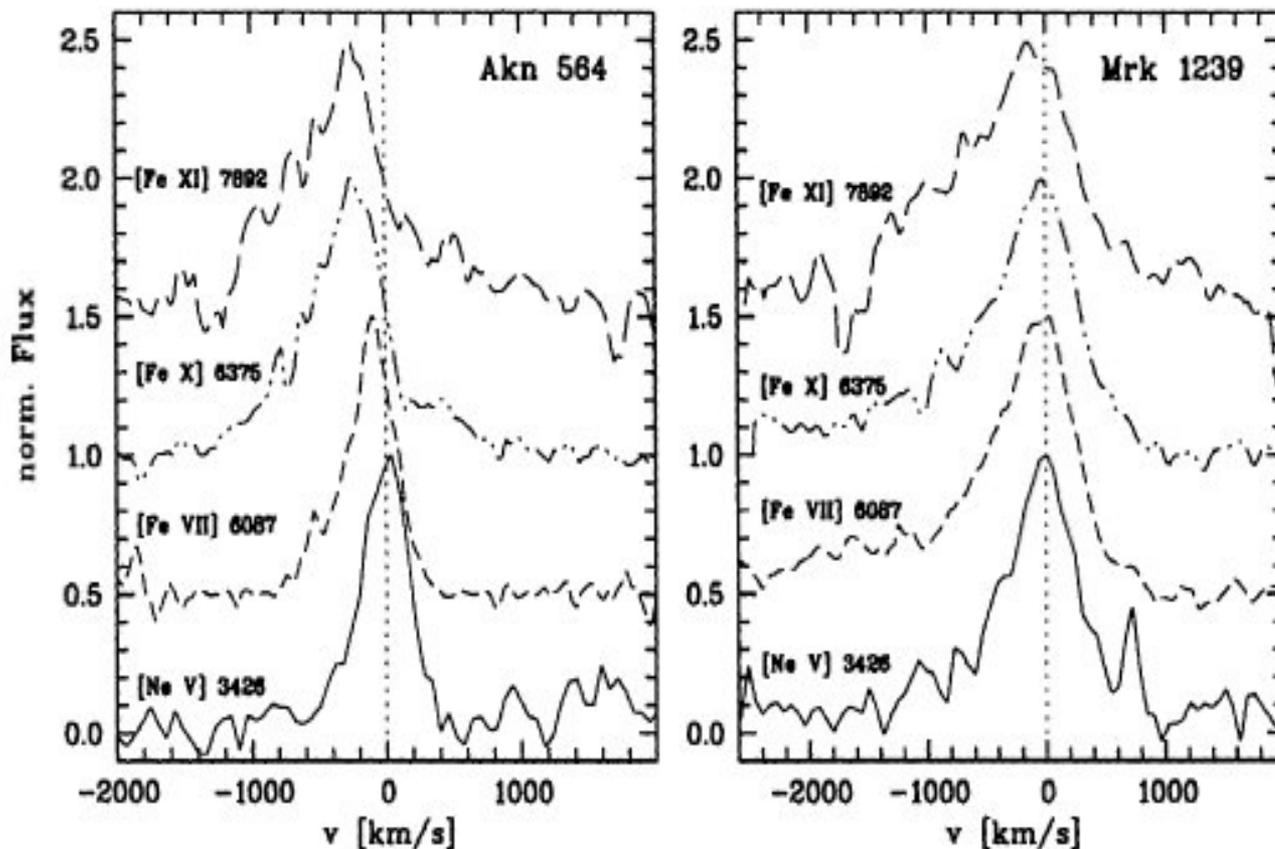


Imagem HST do cone de NGC1068 em [OIII] sobreposto à emissão rádio (Cecil et al. 2002).

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 assunto do *feedback* em AGNs através de escoamentos de gás ionizado, agora reconhecidos como um ingrediente crucial na relação MBH - σ^* (e.g. Gebhardt et al. 2000).

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

Mapeamento 3D de linhas Coronais: NGC 1068

➡ Alongada na direção
NE-SW.

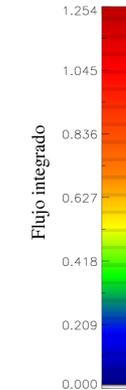
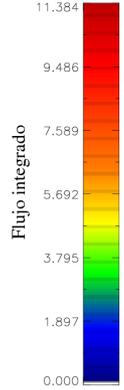
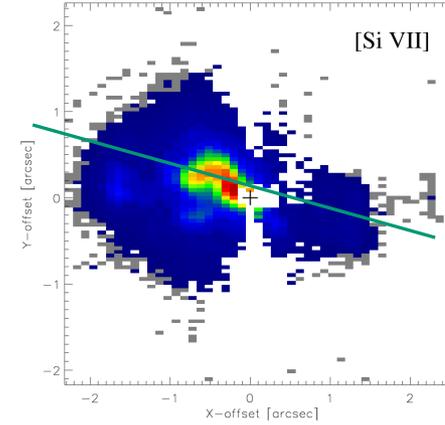
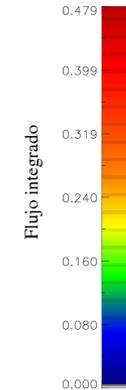
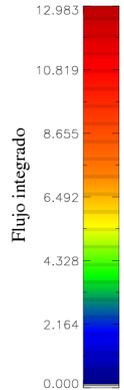
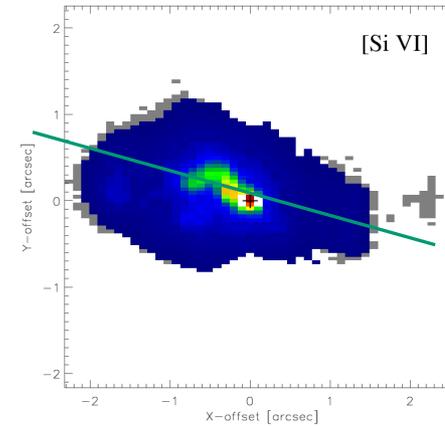
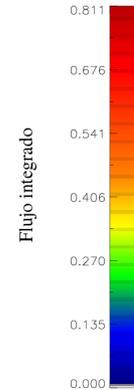
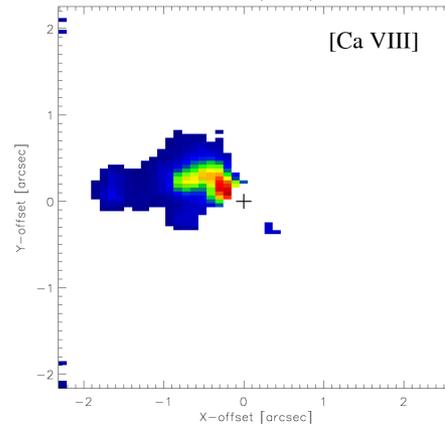
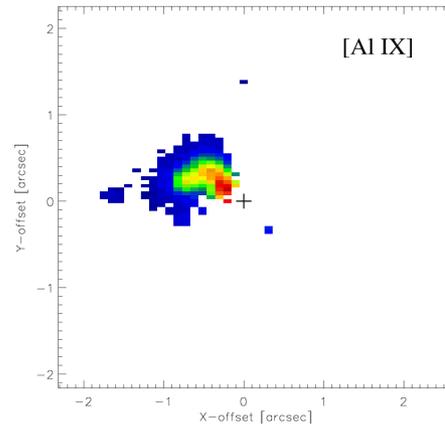
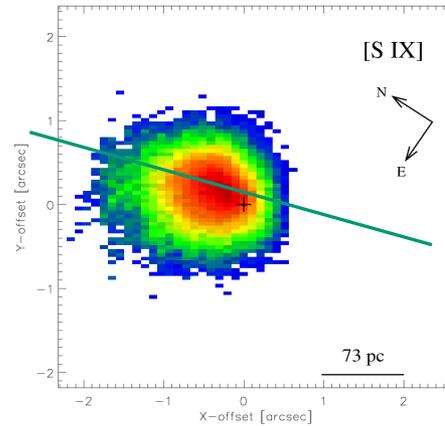
➡ Morfologia irregular.

➡ 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!!!!

XD_palomar Survey: Caracterização da população estelar e do gás em emissão no NIR

A. Rodríguez-Ardila (LNA/MCT)

R. Riffel (UFRGS), M. G. Pastoriza (UFRGS),

C. Maraston (U. Oxford)

Luis Gabriel Dahmer Hahn (UNIFEI)

Rachel Mason (Gemini)

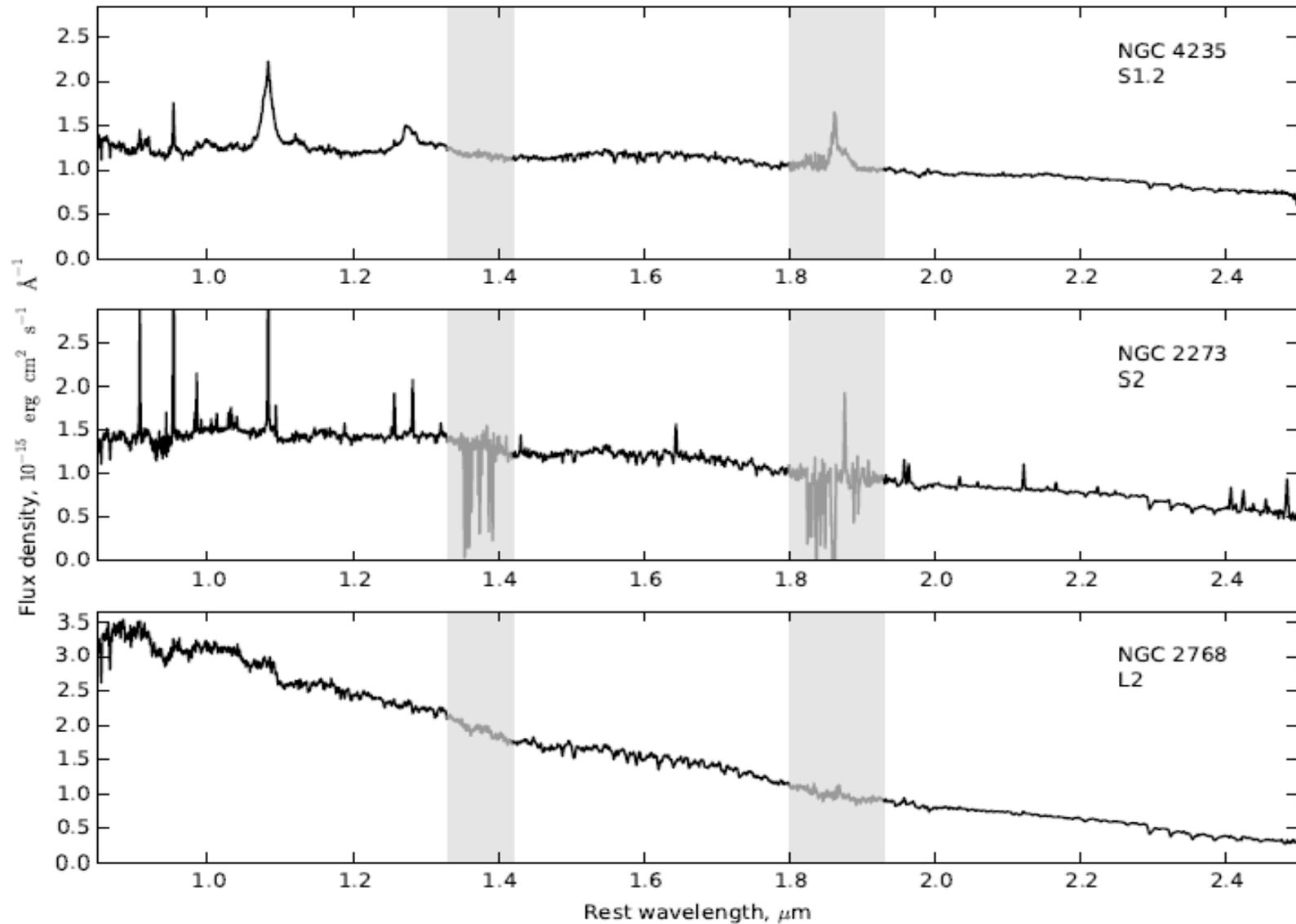
Luis Ho (Carnegie) et al.

Lucimara Martins (UNICSUL)



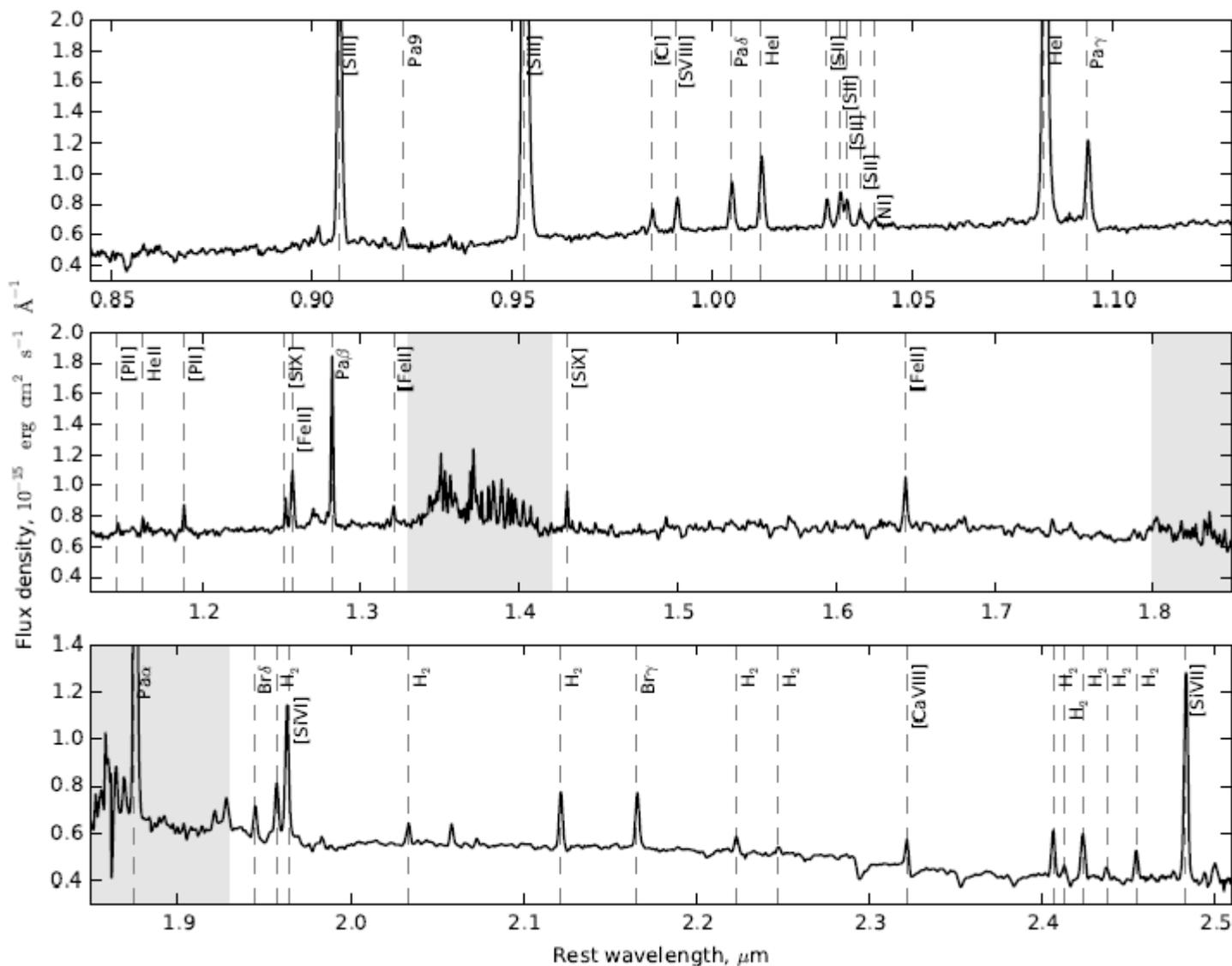
- Observações no NIR permitem abordar várias questões sobre a física e o ciclo de vida das galáxias.
- H₂ e linhas coronais podem ser usadas para traçar gás molecular e altamente excitado, frequentemente na forma de escoamento de gás.
- Regiões de linhas largas obscurecidas podem ser reveladas.
- Emissão de [FeII] examina gás excitado através de choques (SNe e jatos).
- Linhas em absorção estelares podem medir estágios da evolução estelar que não têm contrapartida no óptico (contribuição das estrelas TP-AGB à luminosidade NIR de galáxias).

Visando estudar os assuntos acima, realizamos levantamento de 50 galáxias do Palomar Survey (Ho et al. 1995, 1997) com o GNIRS/Gemini (Mason, Rodríguez-Ardila, Martins et al. 2015).



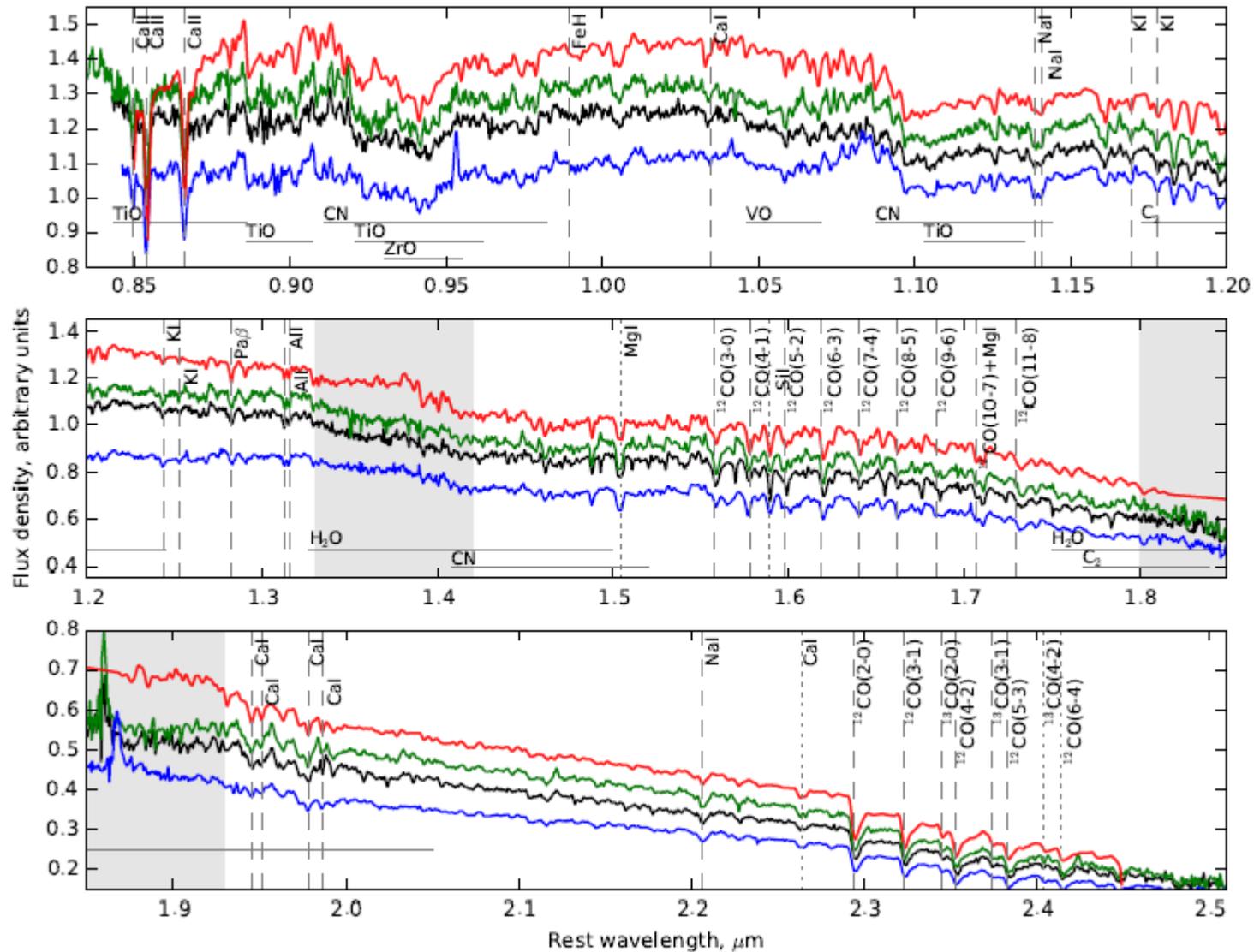
Exemplos de espectros do XD Palomar Survey. NGC 4325 (Sy1.2) com linhas em emissão largas, NGC 2273 (Sy2) apresenta numerosas linhas estreitas e NGC 2768 (LINER 2), sem linhas em emissão e um contínuo muito azul (Mason, Rodríguez-Ardila, Martins et al. 2015).

Propriedades físicas do gás em emissão da NLR



Espectro NIR de NGC 4388. Linhas de emissão de interesse para o estudo do gás em emissão da NLR estão indicadas em tracejado.

Estudo e caracterização de linhas/bandas em absorção no NIR



NGC 4565 (azul), NGC5371 (preto), NGC5850 (verde) e ajuste empírico ao espectro estelar desta última (vermelho), ilustrando diversas linhas e bandas em absorção sensíveis à IMF (tracejado e linhas horizontais (Mason, Rodríguez-Ardila, Martins et al. 2015).

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 diagonally across the center of the spiral.

That's all Folks!