

# Óptica Ativa e Óptica Adaptativa

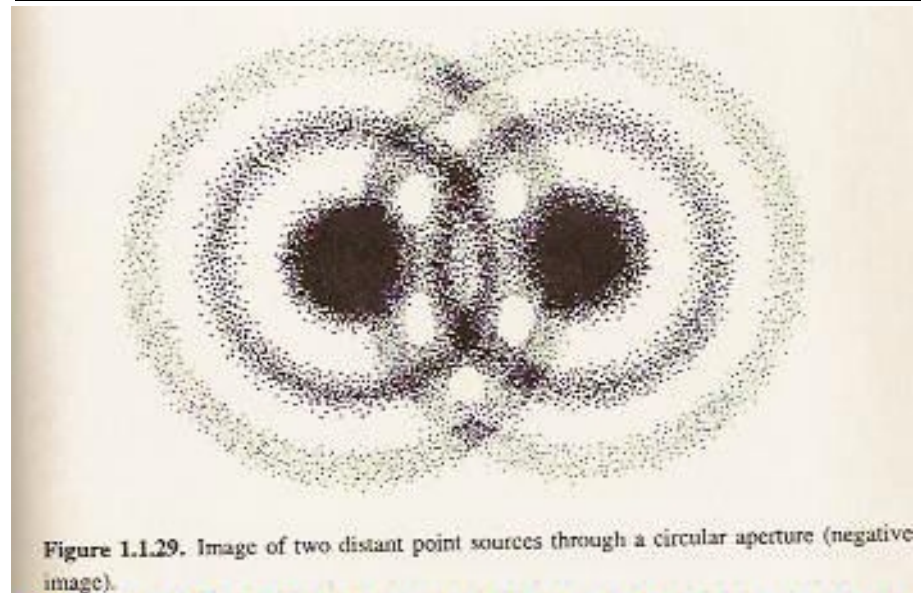
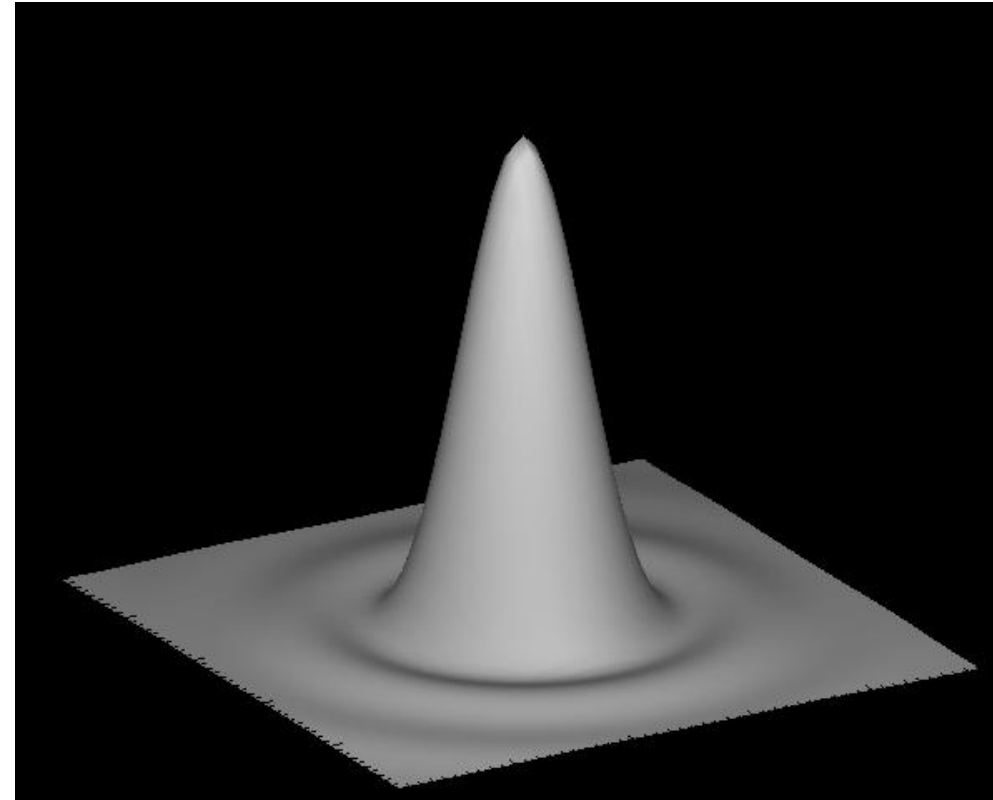
- Técnicas para corrigir as distorções na propagação das ondas EM pela atmosfera terrestre e através da óptica do telescópio.

# Óptica Ativa

- Corrige o sistema óptico do telescópio para deformações no primário, desalinhamento do eixo focal ou deformações nos componentes do detetor (colimadores, lentes focalizadoras, etc) causadas pela gravidade, pelo vento e outros fatores.
- Efeitos deste tipo atuam em escalas de tempo da ordem 1s ( $f \sim 1\text{Hz}$ ) e se aplicam ao telescópio como um todo.

# Padrão de difração

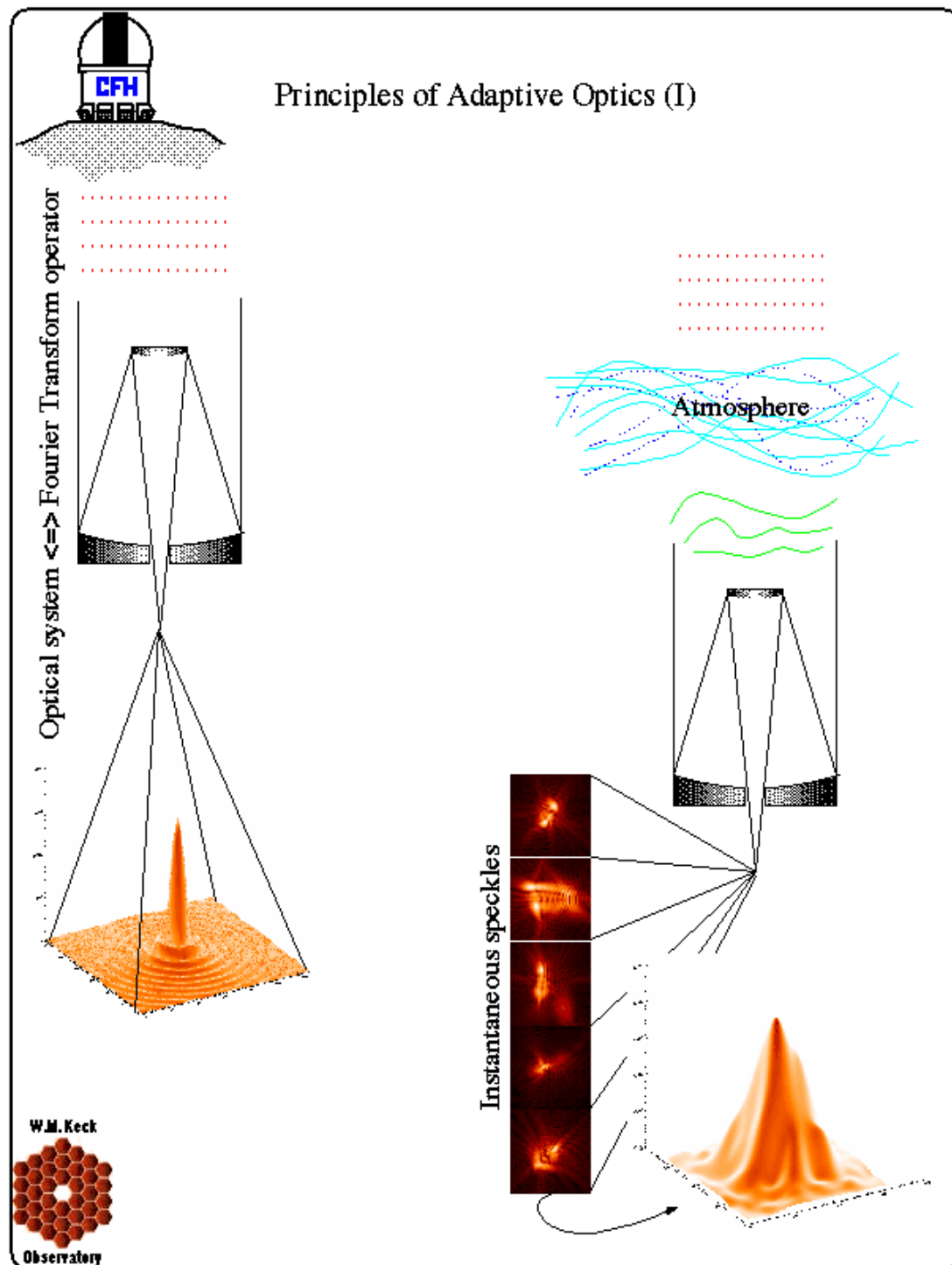
- Padrão com máximos e mínimos de intensidade (anéis de Airy).
- $\Theta_{\text{lim}} = 1.22 \lambda/D$ : largura do máximo primário.
- Imagens pontuais a menos de  $\Theta_{\text{lim}}$  nunca se resolvem.



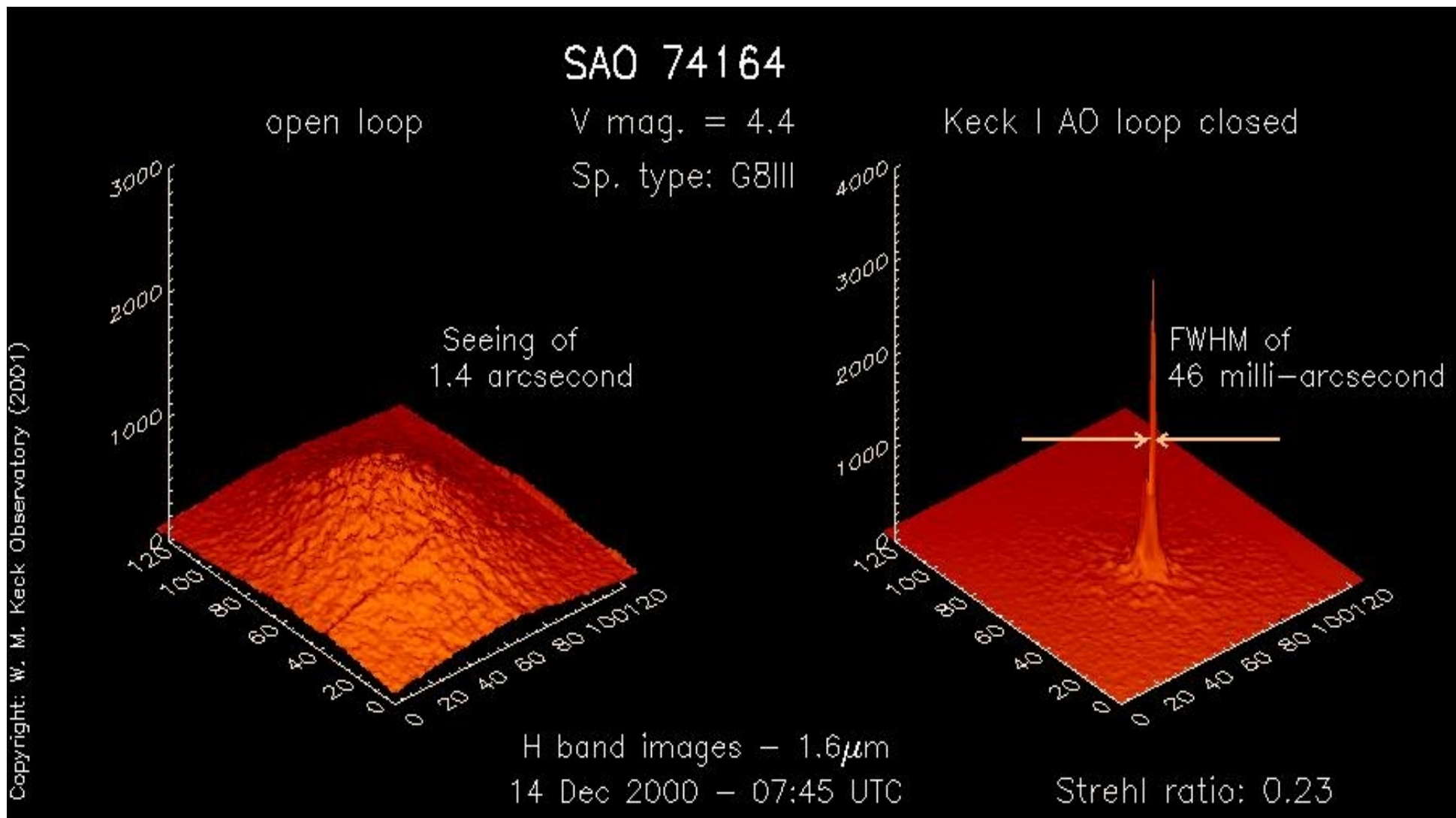
# A turbulência atmosférica

- Imagens ópticas e no infra-vermelho próximo sofrem com o efeito da turbulência atmosférica (seeing)
- Seeing: as ondas EM (de luz) chegam ao telescópio com fases diferentes em pontos diferentes das superfícies primária, secundária e no detetor.
- Vista em alta frequência, a imagem de uma fonte pontual parece dançar no plano focal (diagrama de picos).
- Conseqüência: limite de difração de grandes telescópios nunca é atingido por causa do seeing.

- Sem o seeing, imagens formam-se no limite de difração,  $\theta_{lim}$ .
- A distorção das frentes de onda gera imagens distorcidas e que variam a cada instante.
- A composição dessas imagens durante o tempo de integração gera uma imagem de pior resolução (mais larga) do que  $\theta_{lim}$ .

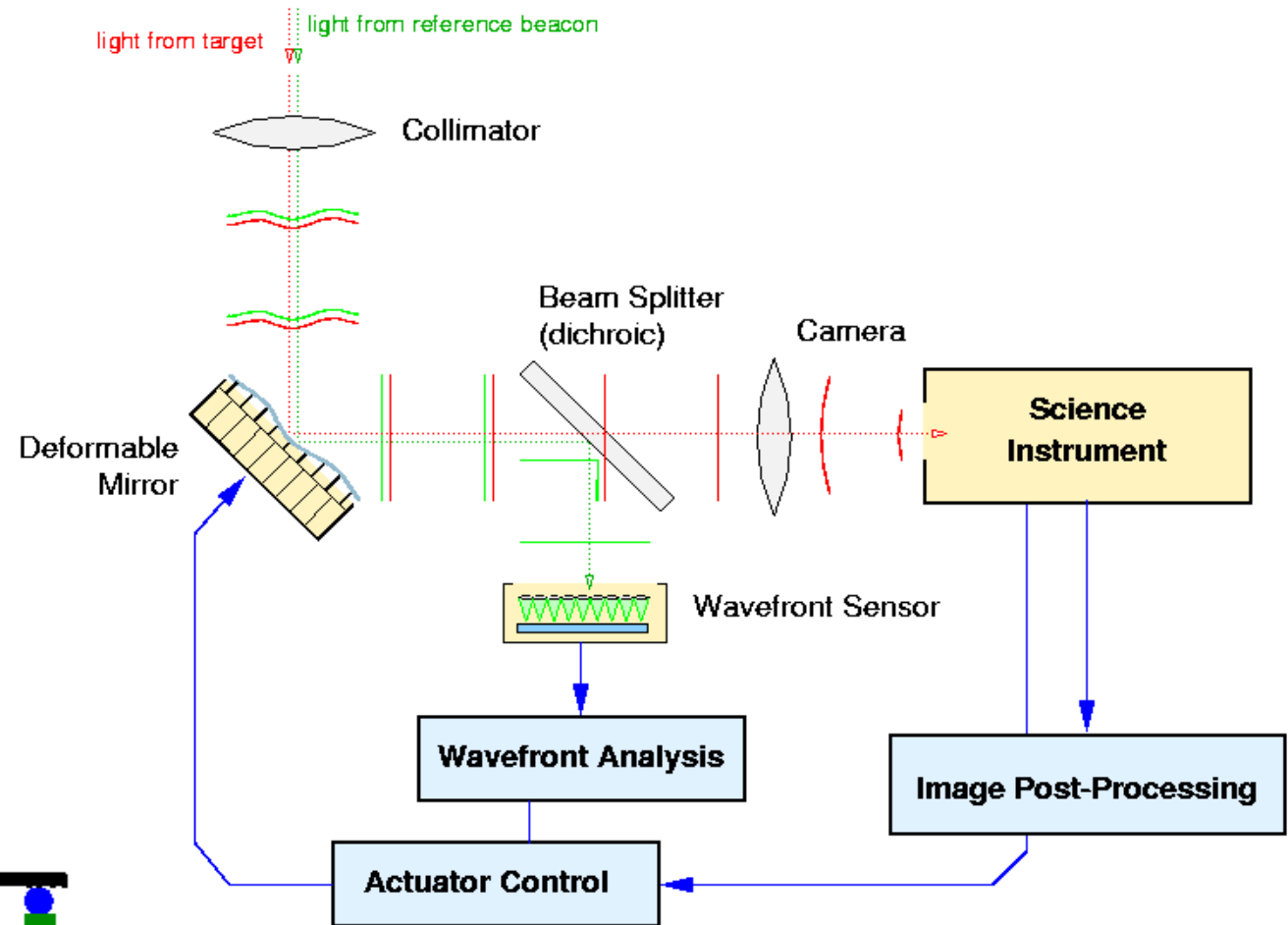
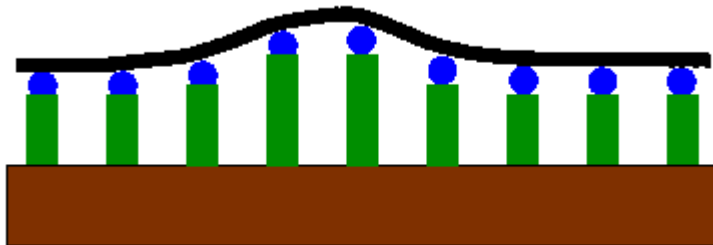


# Keck: $\Theta_{\text{lim}}$ x seeing



# Óptica adaptativa

- Corrige as frentes de onda EM
- Ondas chegam em fase em diferentes pontos do detetor



# Diagrama de picos, o filme



À esquerda: imagem não corrigida por AO em alta frequência e slow motion; à direita: resultado da correção por AO

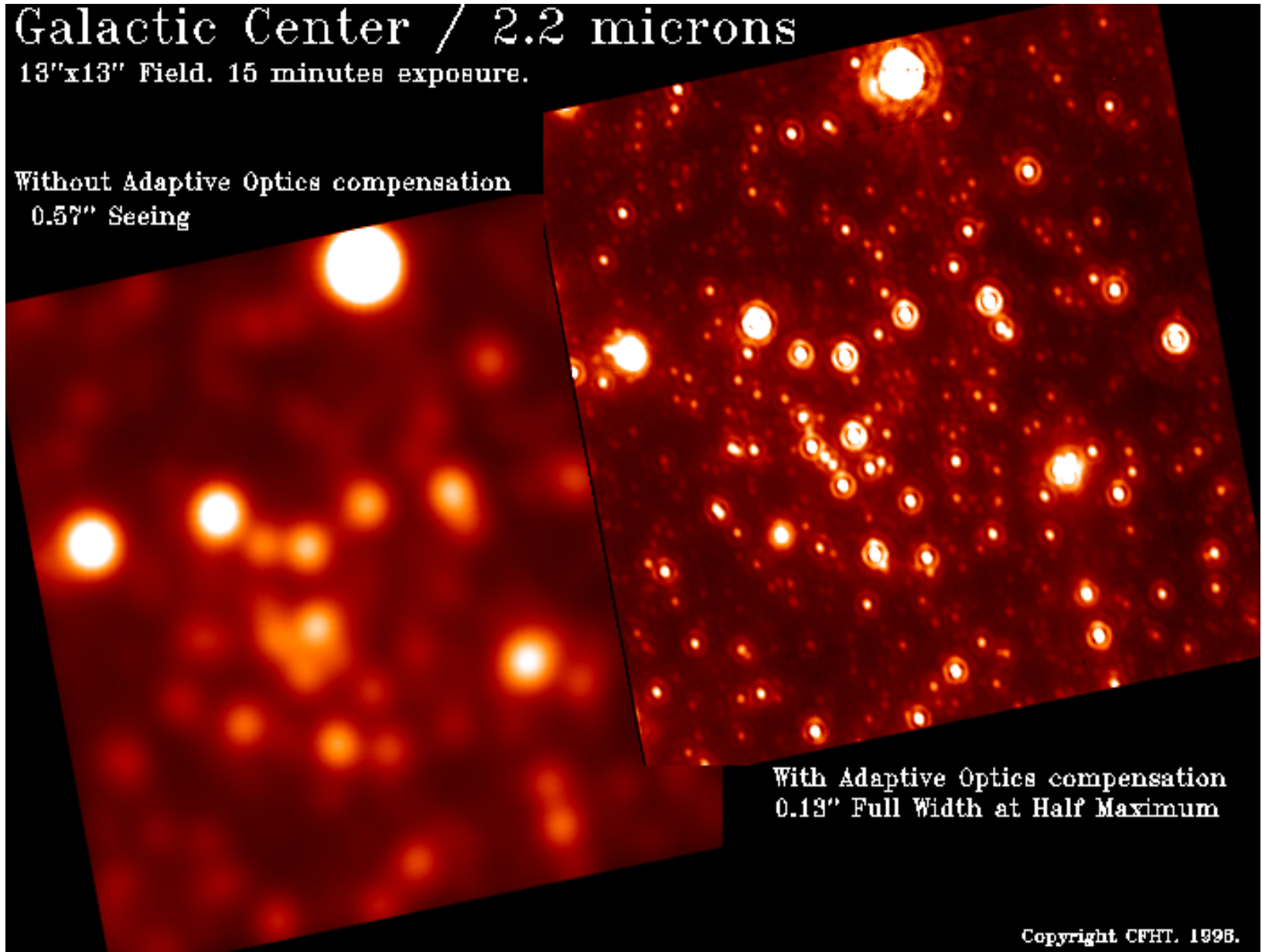


# Imagem em $\lambda=2.2\mu\text{m}$ do bojo da Galáxia

Galactic Center / 2.2 microns

13"x13" Field. 15 minutes exposure.

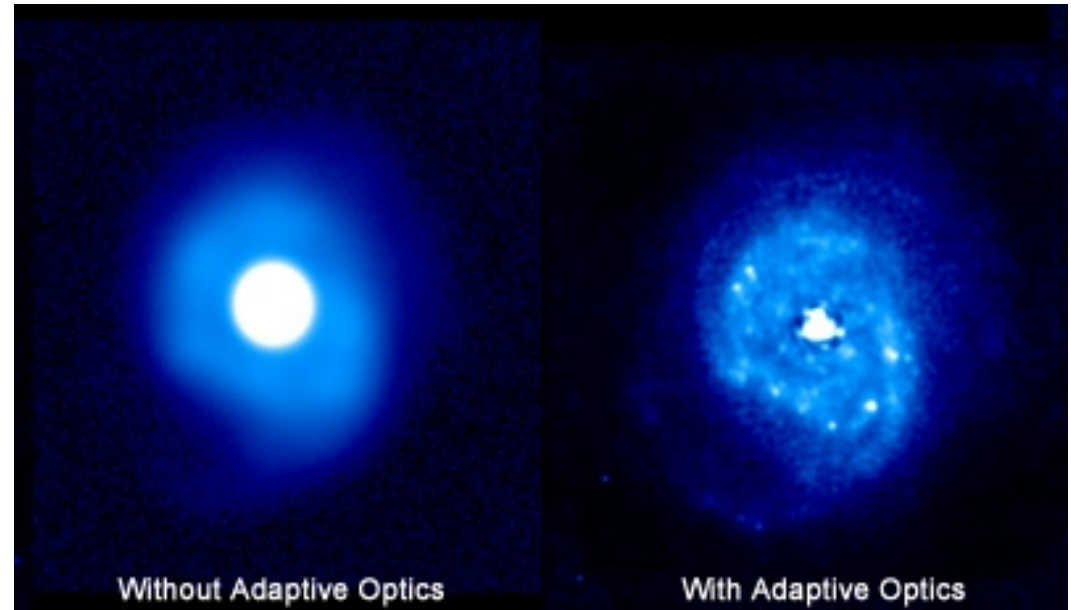
Without Adaptive Optics compensation  
0.57" Seeing



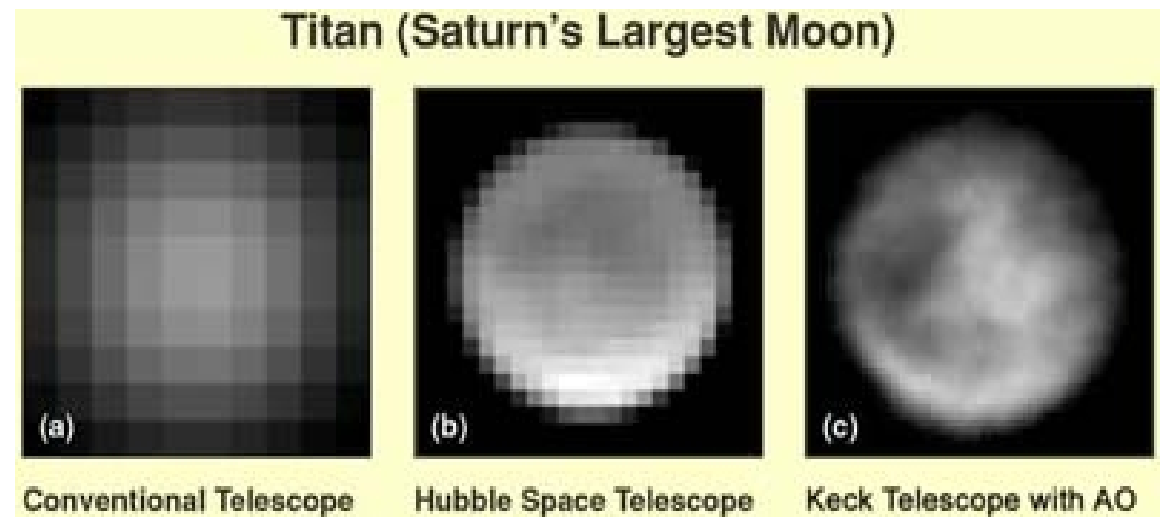
With Adaptive Optics compensation  
0.19" Full Width at Half Maximum

# Mais imagens com e sem AO

Galáxia NGC 7469,  
observada com o CFHT



Titan, lua de Saturno,  
observada com o Keck



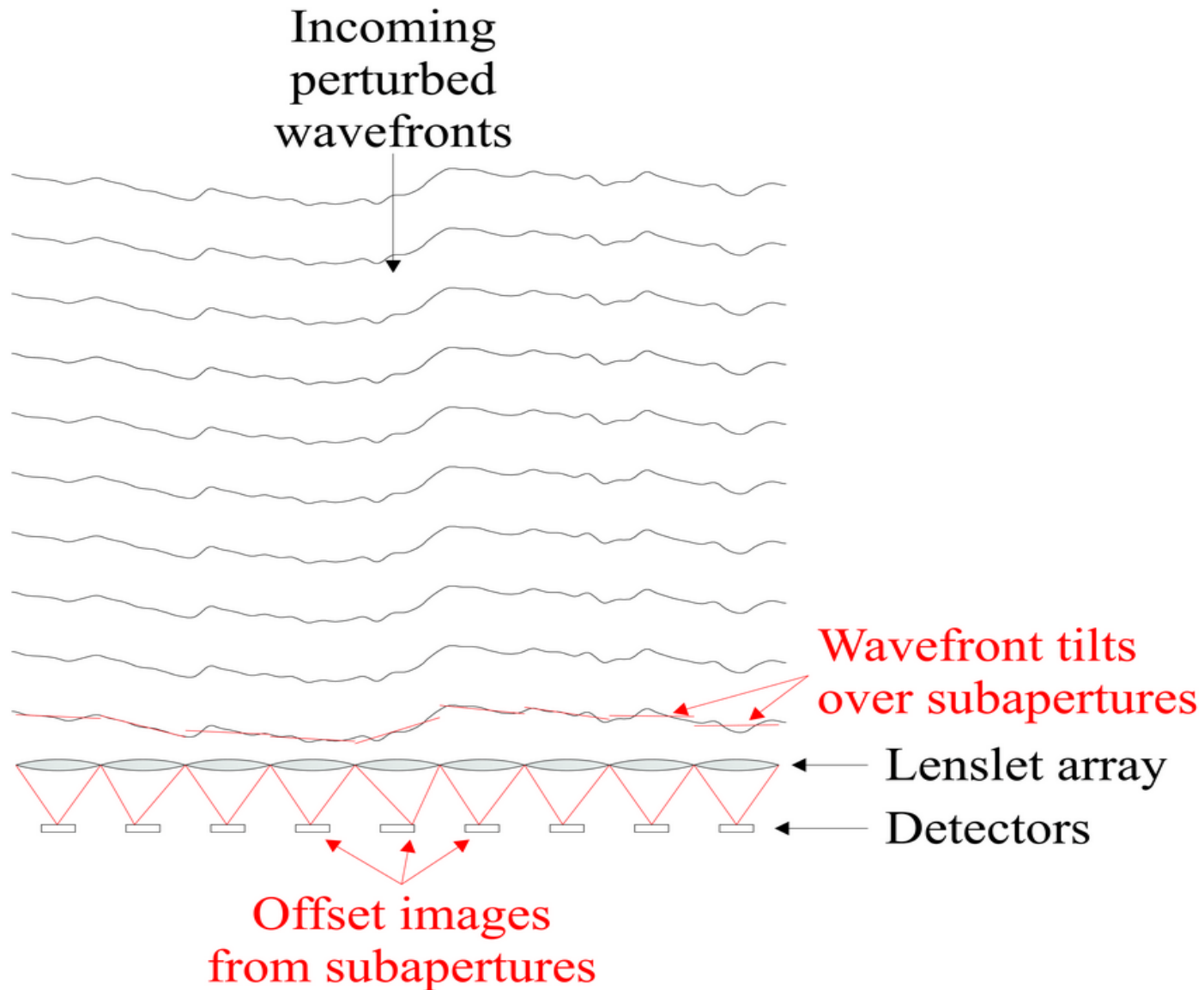
# Óptica adaptativa - elementos

- Estrela de referência (brilhante)
- Sensor de frente de ondas de alta frequência, como o sensor de Shack Hartmann
- Espelho deformável, com atuadores, entre telescópio e detetor.

# Estrela de referência

- É imageada em alta frequência ( $> 100$  Hz).  
Precisa ser: 1) brilhante,  $m < ??$ , de forma a gerar sinal no sensor; 2) próxima do alvo, de forma a que as distorções sejam as mesmas.
- Isso resulta em aplicabilidade da AO limitada no céu.
- Solução: usar estrelas artificiais (a laser) projetadas no céu.

# Sensor de Shack Hartmann

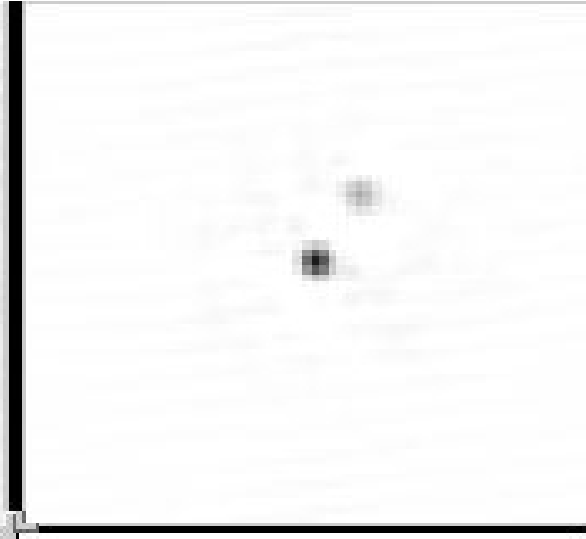
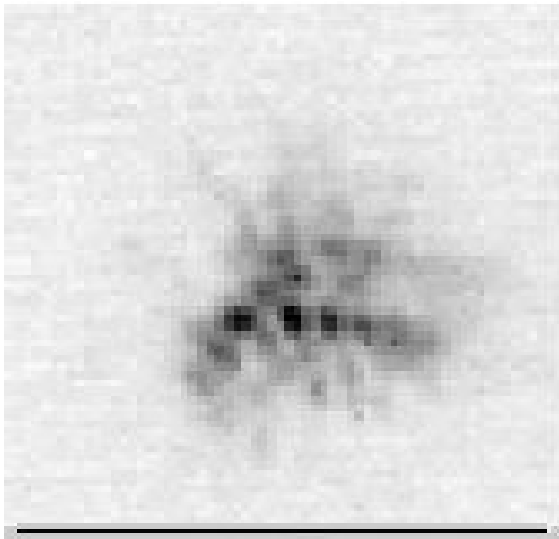


## Outras técnicas: Imageamento de picos

- Obtém-se imagens de  $t_{\text{exp}}$  bem curto que depois são reprocessadas e sobrepostas:
- shift-and-add: sobrepõem-se e somam-se as imagens pelos picos mais altos
- análise de Fourier: exposições curtas são convertidas para o espaço de Fourier (frequências harmônicas e fases) e depois combinadas
- **SOMENTE ALVOS BRILHANTES!**

# V807 Tauri – D=5m Palomar

$T_{\text{exp}} = 0.1\text{s}$



Processada e  
Combinada

$T_{\text{exp}} = 40\text{s}$

