



O que Fazer com Linhas de Emissão em Galáxias HII ?

François Ch. Cuisinier
GEMAC/OV - UFRJ

Colaboradores: Edu Telles (ON-MCT)
Pieter Westera (GEMAC/OV-UFRJ, AIUB (Suíça))
Mauricio Ferraresi Jr. (GEMAC/OV-UFRJ)
Carolina Kehrig (ON-MCT, IAA (Espanha))

O que Fazer com Linhas de Emissão em Galáxias HII ?

- Abundâncias Químicas \Rightarrow Evolução Química
- Avaliação da Radiação Ionizante

Galáxias HII

Blue Compact Dwarf Galaxy I Zwicky 18

HST • ACS • WFPC2



NASA, ESA, Y. Izotov (MAO, Kyiv, UA) and
T. Thuan (University of Virginia)

STScI-PRC04-35

Galaxy NGC 4214

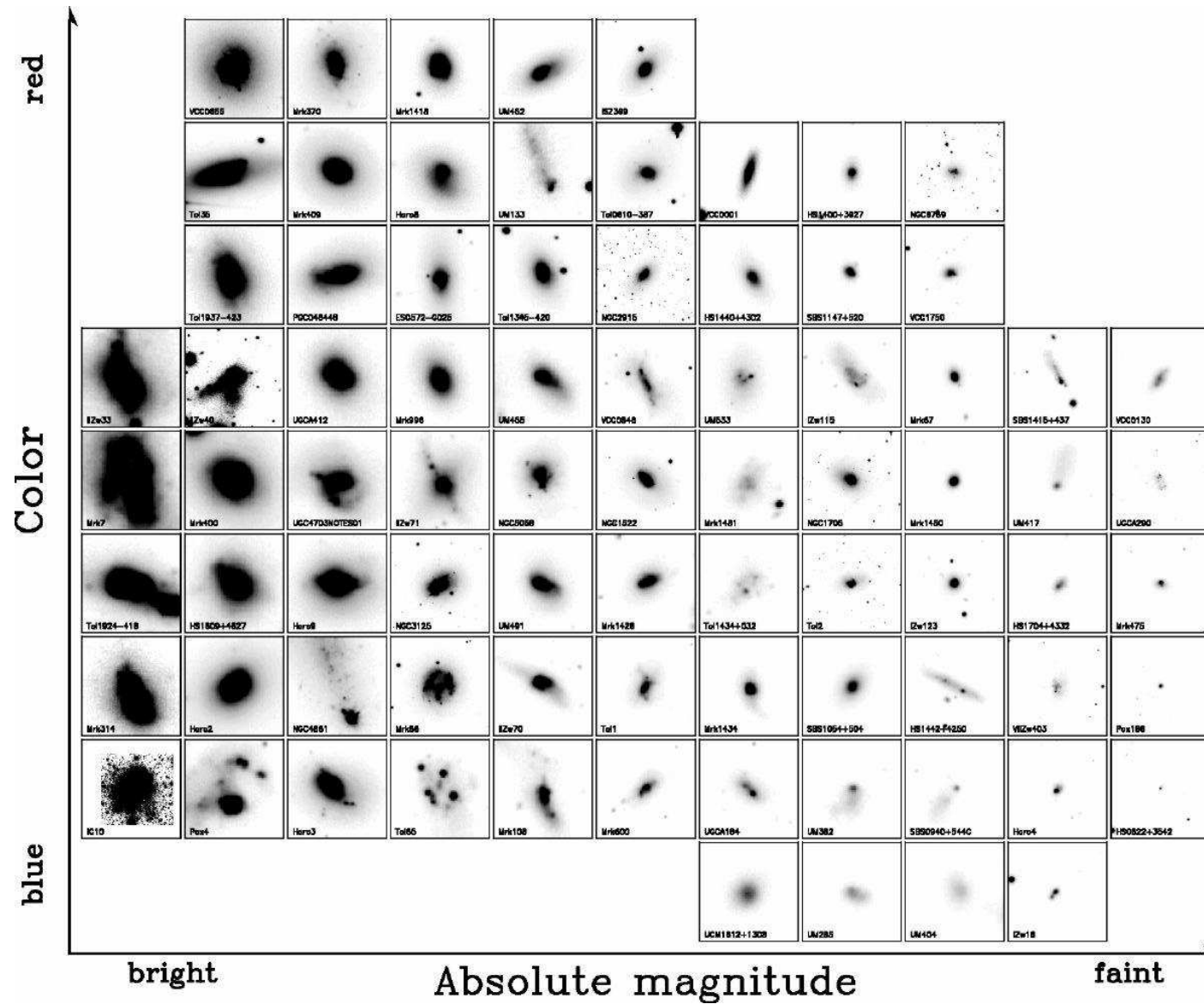


Hubble
Heritage

NASA and The Hubble Heritage Team (STScI) • Hubble Space Telescope WFPC2 • STScI-PRC00-01

- Intensas linhas de emissão \Rightarrow população estelar jovem ionizante
- Taxa de formação estelar intensa \Rightarrow não pode ser mantida no nível atual durante muito tempo, isto consumiria o gás inteiro rapidamente (~ 1 Gyr)
- \rightarrow Leva a idéia de uma formação estelar descontínua. *Surtos?*

Diversidade Morfológica de Galáxias HII



Historia de Formação Estelar e Evolução Química

- É relativamente simples determinar abundâncias para o gás ionizado
 - Será que é possível ver a marca dos surtos nos padrões de abundâncias observados em galáxias HII?

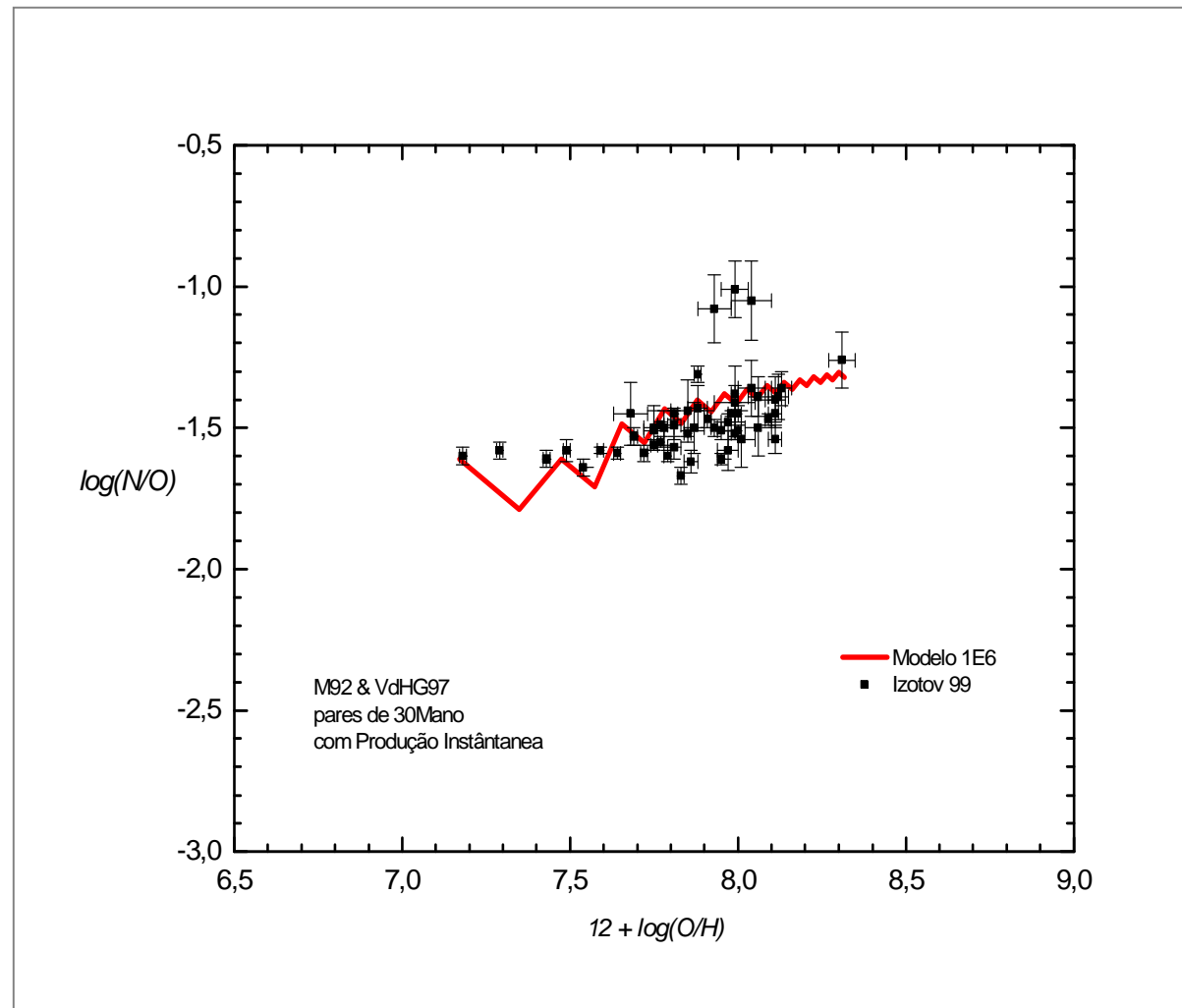
 - Oxigênio e nitrogênio são facilmente observáveis em galáxias HII
 - O oxigênio provem exclusivamente de estrelas de altas massas, de tempo de vida curto
 - O nitrogênio provem principalmente de estrelas de massas intermediarias, de tempo de vida de $\sim 10^8$ - 10^9 anos.
- ⇒ Os surtos implicam um enriquecimento asincrone, o oxigênio sendo reciclado primeiro, o nitrogênio em seguida, com atraso

Yields:

- Altas massas:
Maeder 92
- Massas intermediarias:
van den Hoek &
Groenewegen 97

Produção dos elementos

- oxigênio: instantaneo
- nitrogênio: $\Delta\tau = 250\text{Myr}$



Reciclagem do Meio Interestelar

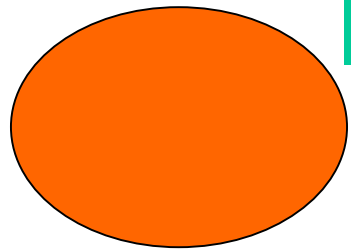
estrelas de altas massas

Termalização de ventos estelares + Explosões de SN

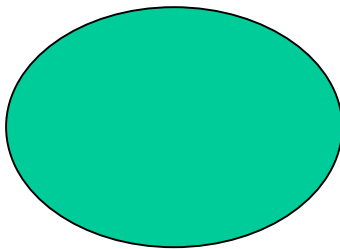


Formação estelar

$\tau = ?$



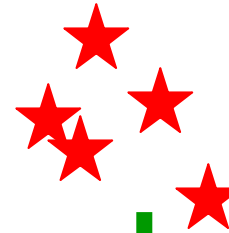
MIE quente ($T \sim 10^6 K$)



MIE frio ($T \sim 10-10^2 K$)

estrelas de massas baixas/intermediarias

Expulsões de NP

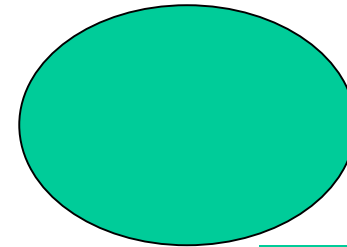


$\tau = 10^4$ anos

Dispersão das NP



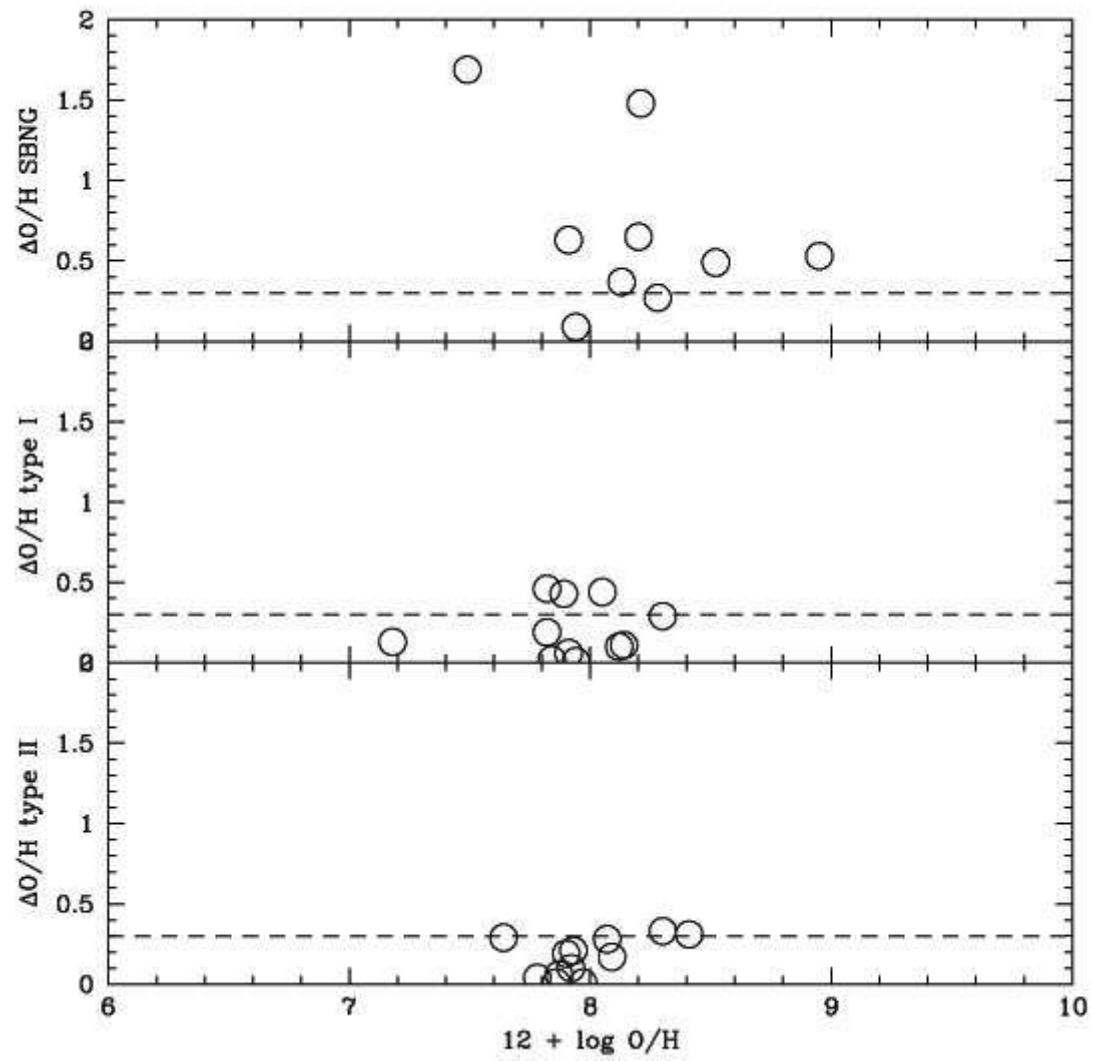
Formação estelar



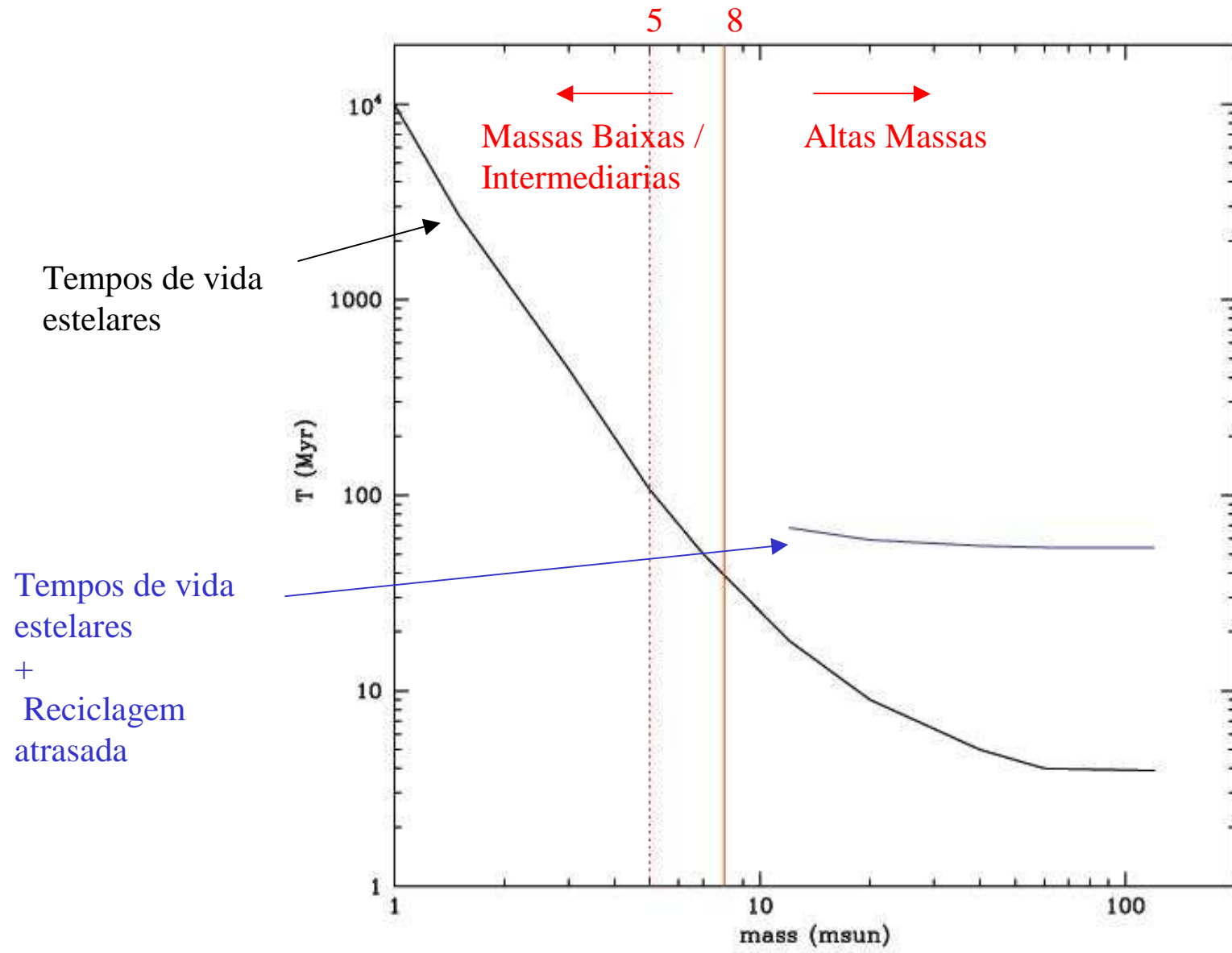
MIE frio ($T \sim 10-10^2 K$)

Resfriamento do MIE quente

- Complicado, poucas linhas para o resfriamento radiativo
 - Se for homogêneo, $\tau_{\text{cool}} \sim 1\text{Gyr}$!
 - Com instabilidades locais, $\tau_{\text{cool}} \sim 50\text{ Myr}$ (Tenorio-Tagle 1996)
- Nos dois casos, a passagem dos produtos da nucleosíntese estelar pelo MIE quente implica em uma reciclagem *homogênea* e *atrasada*.
- ▶ Deve ser o caso para elementos produzidos em estrelas de altas massas (*como o oxigênio*).
 - ▶ Mas não para elementos produzidos em estrelas de massa baixa/intermediária (*nitrogênio?*).



Cuisinier, Telles, Kehrig, 2005

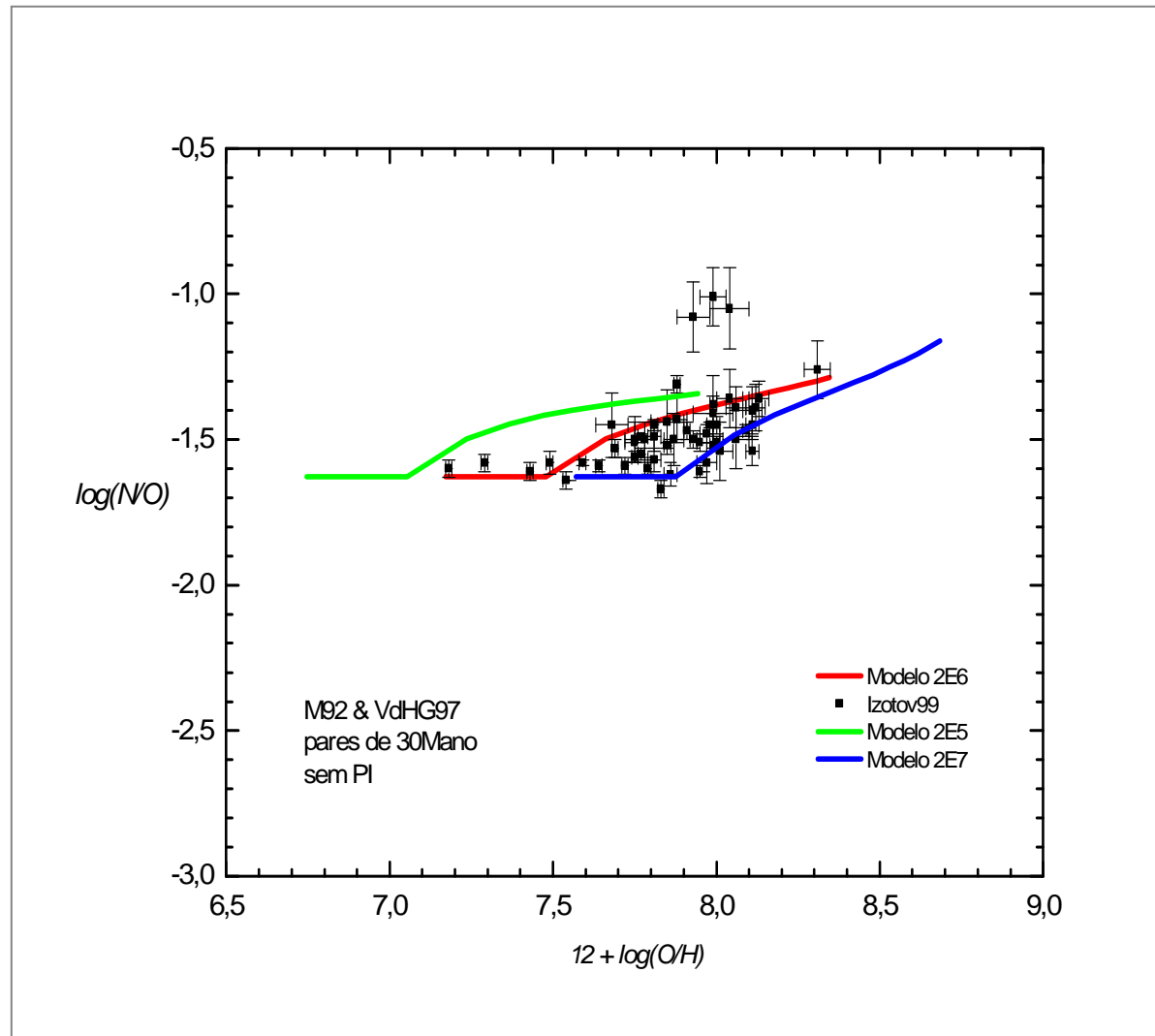


Nosso modelo de evolução química

Produção de elementos

- Oxigênio \Rightarrow atraso ~ 50 Myr (reciclagem do MIE quente)
 - Nitrogênio \Rightarrow atraso 1 ~ 50 Myr ($5 < M < 8 M_{\odot}$)
(reciclagem instantânea (NP) –
media dos tempos de vida estelares)
 - Nitrogênio \Rightarrow atraso 2 ~ 1 Gyr ($M < 5M_{\odot}$)
(reciclagem instantânea (NP) –
media dos tempos de vida estelares)
- + **massa de surtos variável!** $2 \cdot 10^5 M_{\odot}$, $2 \cdot 10^6 M_{\odot}$, $2 \cdot 10^7 M_{\odot}$

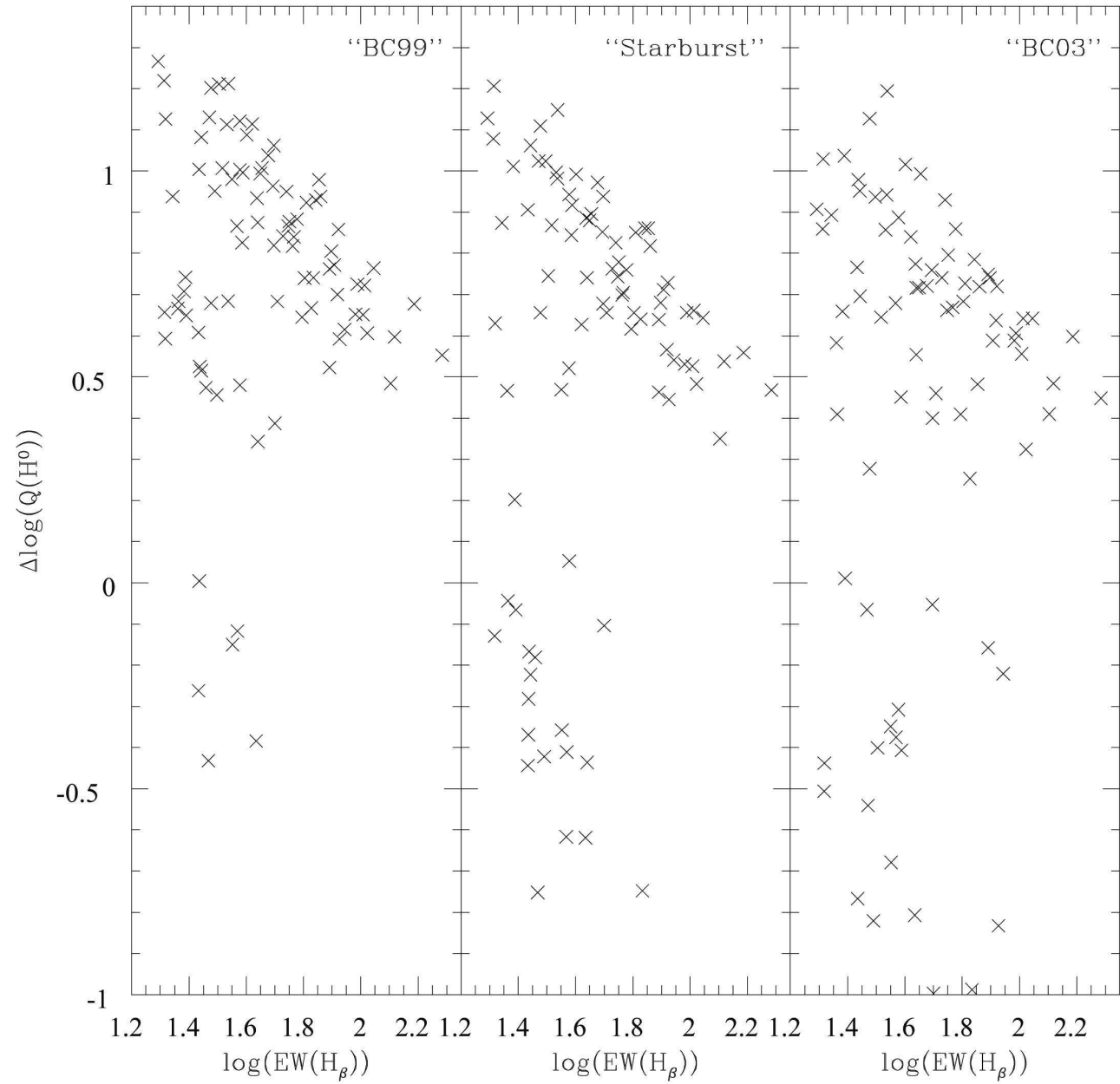
- Reproduz bem a variação da dispersão em N/O com a metalicidade.
- Implica em idades relativamente jovens (~ 1 Gyr) para a população principal das galáxias de menores metalicidades.



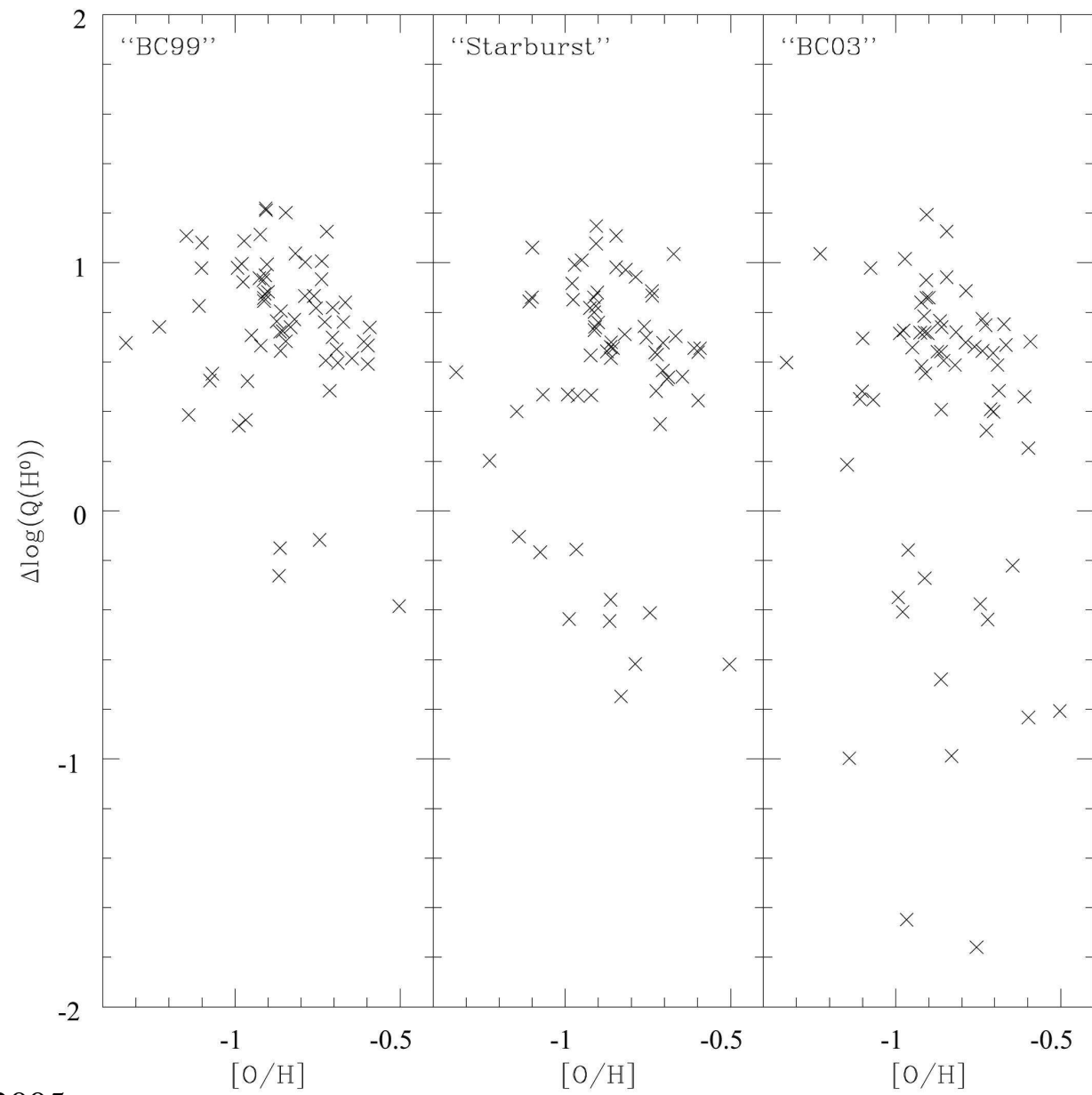
Uma outra Aplicação de Linhas de Emissão em Galáxias HII

Avaliação da Radiação Ionizante

- É possível avaliar o espectro ionizante ($\lambda < 912\text{\AA}$) a partir da síntese espectral das populações observadas no visível ($\sim 4000\text{-}7000\text{\AA}$).
- O número de fótons ionizantes, por outro lado, é diretamente medível em linhas de recombinação de HI.
(com a hipótese de que as nebulosas são opticamente espessas no contínuo de Lyman)
- A comparação dos dois permite avaliar modelos de espectros ionizantes de estrelas massivas (teóricos) e/ou mudanças geométricas nas regiões HII

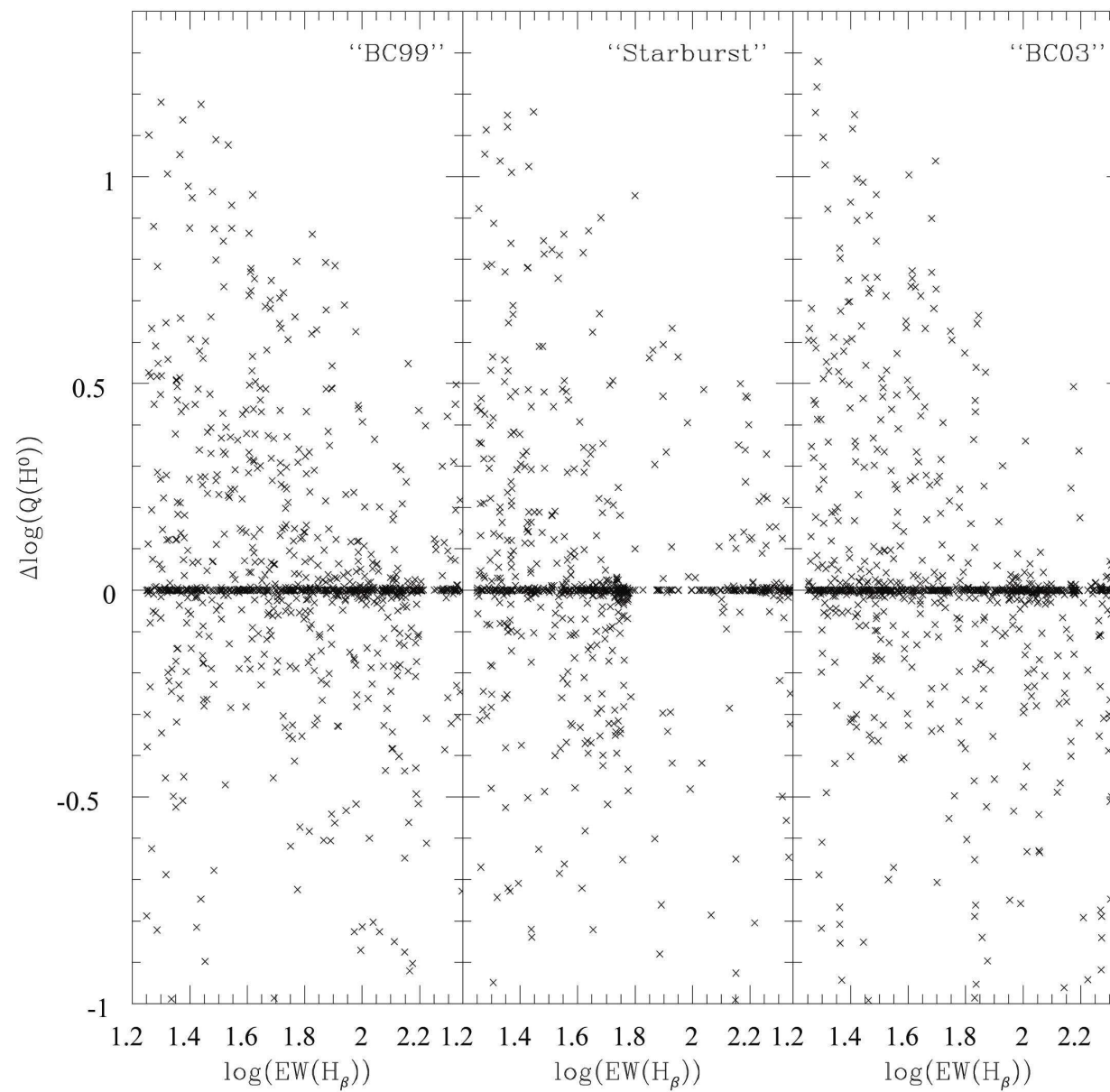


Cuisinier, Westera, Telles, 2005



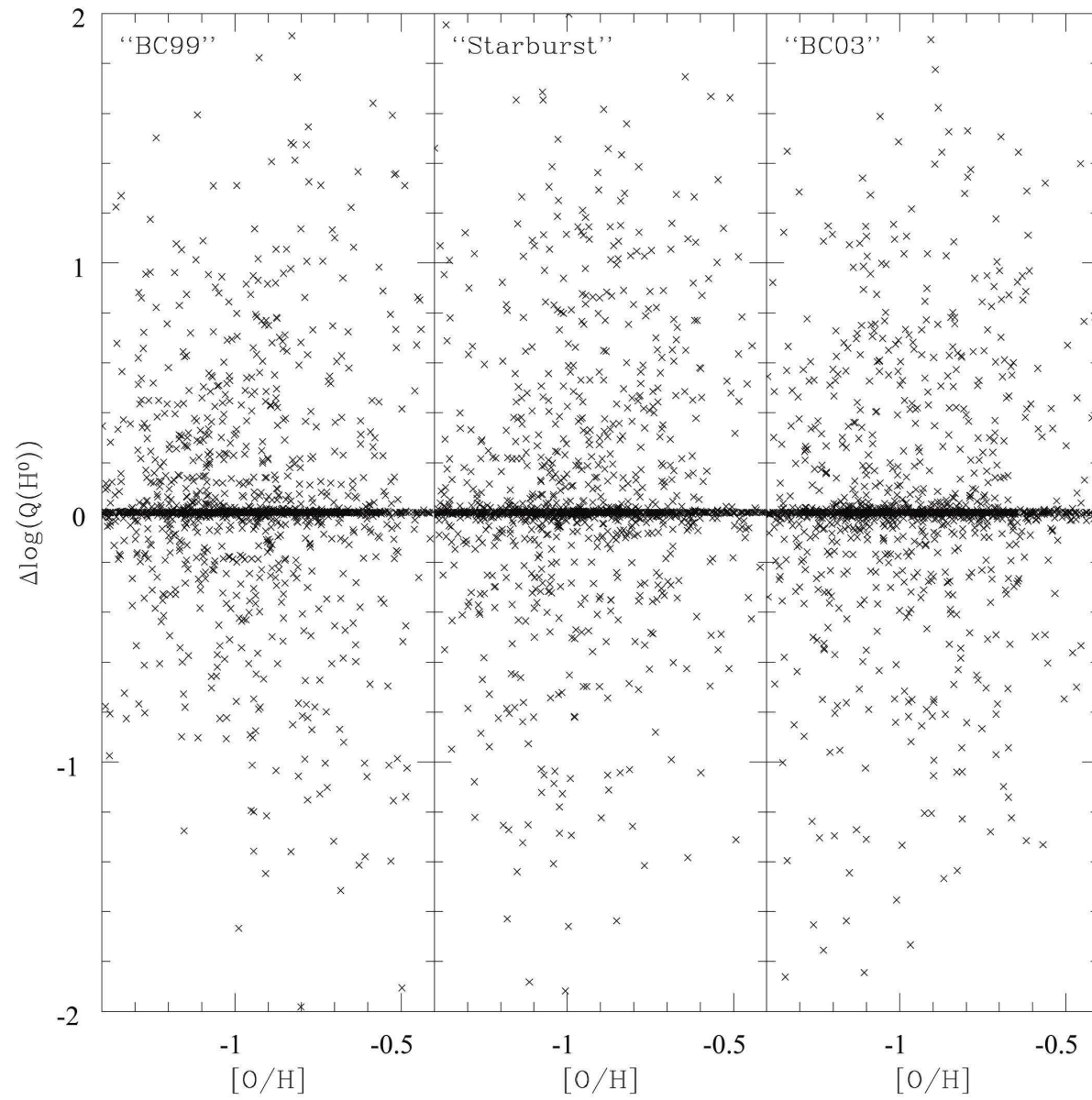
Cuisinier, Westera, Telles, 2005

Sim. Monte-Carlo



Cuisinier, Westera, Telles, 2005

Sim. Monte-Carlo



Avaliação da Radiação Ionizante

- A variação da deficiência sistemática de fótons ionizantes, e sua variação com $W(H\beta)$ indica que ao decorrer da evolução de uma região HII gigante, o gás se torna opticamente sempre mais fino para os fótons ionizantes.
- Apesar de não ser intuitivo, pode ser explicado se a estrutura das regiões HII evolui se ramificando sempre mais, apresentando mais “buracos” com o tempo.

Perspectivas

- **Evolução química:**

- Construimos um modelo que reproduz a variação da dispersão em N/O das galáxias HII com a metalicidade. Este modelo implica que as galáxias mais deficientes não tenham idades maiores que ~ 1 Gyr, mas isto depende de *yields teóricos de nitrogênio para estrelas de massa intermediária*.

- A origem nucleosintética de elementos como O (estrelas de alta massa) ou N (estrelas de massa intermediária?) tem consequências importantes sobre a homogeneidade química destes elementos em galáxias HII, que é importante testar.

⇒ SOAR/GEMINI IFU/fenda

- **Avaliação da Radiação Ionizante:**

O aumento sistemático da deficiência de fótons ionizantes com a idade nebular indica mudanças estruturais de regiões HII gigantes.

A correlação fraca desta deficiência com a metalicidade parece descartar efeitos sistemáticos com os modelos de espectros ionizantes, sem poder ser inteiramente conclusivo. (numero fraco de objetos)

⇒ SLOAN