

Galáxias Elípticas: Classificação Espectroscópica e Ambiente

Muryel Guolo, Orientador: Abilio Mateus
UFSC, Brazil

Resumo



Galáxias são usualmente classificadas de acordo com seus aspectos morfológicos em duas principais classes: Galáxias elípticas e galáxias espirais. Nesse trabalho, nós partimos de uma amostra de galáxias do SDSS classificadas como elípticas pelo Galaxy Zoo, e usamos o diagrama de linhas de emissão WHAN para classificá-las de acordo com o mecanismo de ionização responsável pela presença das linhas nos espectros. Nossos resultados mostram que galáxias com essa morfologia sem em sua maioria "aposentadas" (*retired*),

ou seja, sem formação estelar recente, que podem ser divididas duas classes de acordo com a presença ou ausência de linhas de emissão. Nós usamos os índices de Lick $H\delta_A$ and $Fe4531$, além da quebra em 4000 \AA , $D_n(4000)$, para amostrar que existem diferenças significativas nas populações estelares das galáxias dessas duas classes de galáxias aposentadas. Por fim, propomos que tais diferenças podem ser explicadas por parâmetros relacionados com o ambiente em que as galáxias estão localizadas.

Amostra

Nossa amostra consiste em galáxias do Data Release 7 do Sloan Digital Sky Survey (York et al. 2000), para quais temos classificação morfológica do projeto Galaxy Zoo. As galáxias foram selecionadas pelos seguintes parâmetros: $M_r \leq -20.45$, $r \leq 17.77$, $\mu_{50} \leq 24.5$, $0.04 \leq z \leq 0.095$; Além disso, todas as galáxias têm a probabilidade de serem elípticas maior que oitenta por cento. Esses parâmetros resultaram numa amostra primária de 15.625 galáxias.

Classificação - WHAN Diagram

Nós utilizamos o diagrama de linhas de emissão WHAN (Cid Fernandes et al. 2011) para classificar as galáxias de acordo com os mecanismos responsáveis pela presença de linhas no espectro. O diagrama WHAN usa razões de fluxo e larguras equivalente das linhas de emissão $H\alpha$ e $[NII]$ para classificar as galáxias - somente galáxias com $S/N > 3.0$ para ambas as linhas - em cinco classes: Pure Star-formation (SF), Strong (sAGN) and Weak (wAGN) AGN, Emission Line Retired (ELR) and Lineless Retired (LLR).

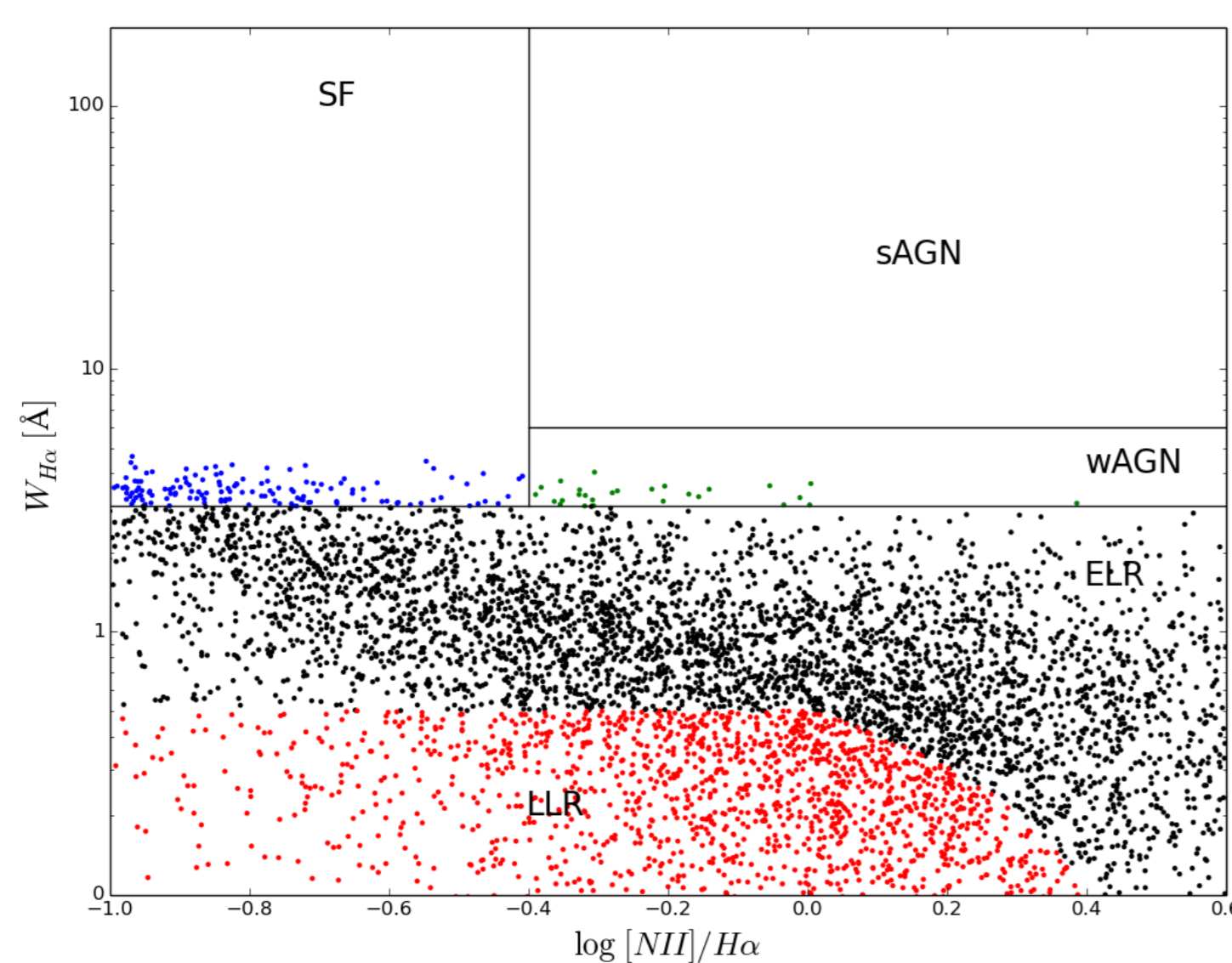


Fig. 1: Diagrama WHAN para a amostra de galáxias elípticas com $S/N > 3.0$, colorido por classes.

A maioria das galáxias elípticas são galáxias *retired* (aposentadas)!!

Índices de Lick e $D_n(4000)$

Para procurar por diferenças nas populações estelares das duas classes mais comuns dentre as galáxias elípticas (ELR e LLR) nós utilizamos os índices de Lick (Worthey et al. 1994) $H\delta_A$ e $Fe4531$ e a descontinuidade em 4000 \AA , $D_n(4000)$. Eles são, respectivamente, maneiras de medir a formação estelar recente, a metalicidade estelar, e a idade estelar das galáxias (Kauffmann et al. 2003). Os índices foram calculados por um *script* escrito em um projeto de iniciação científica anterior.

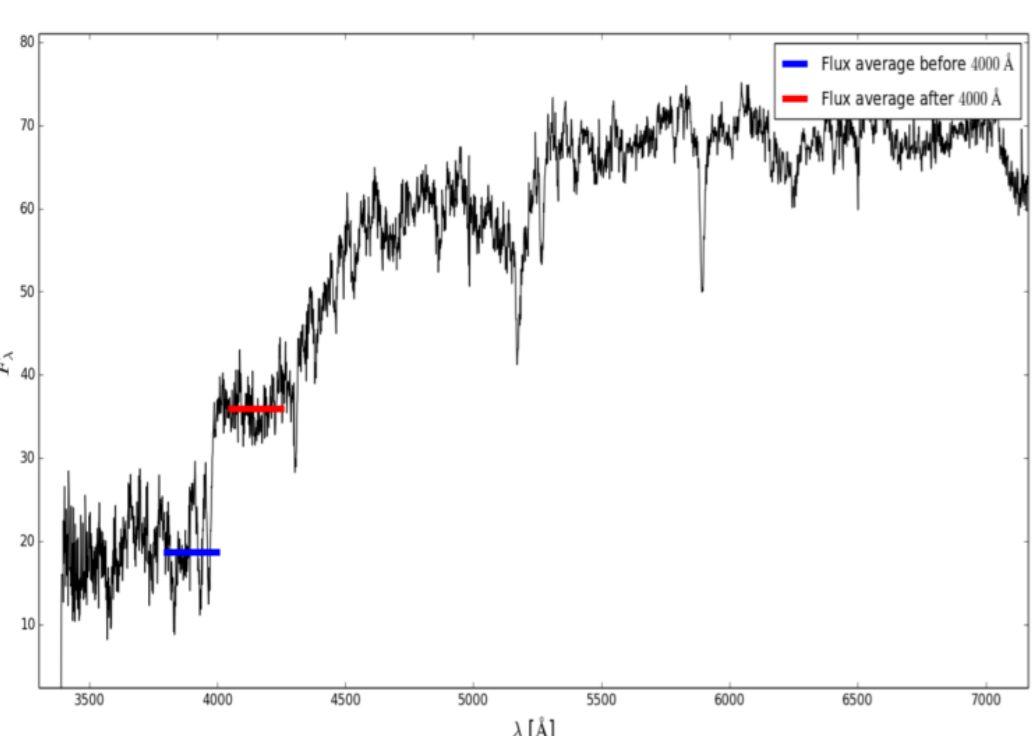


Fig. 2: $D_n(4000)$ no espectro de uma galáxia.

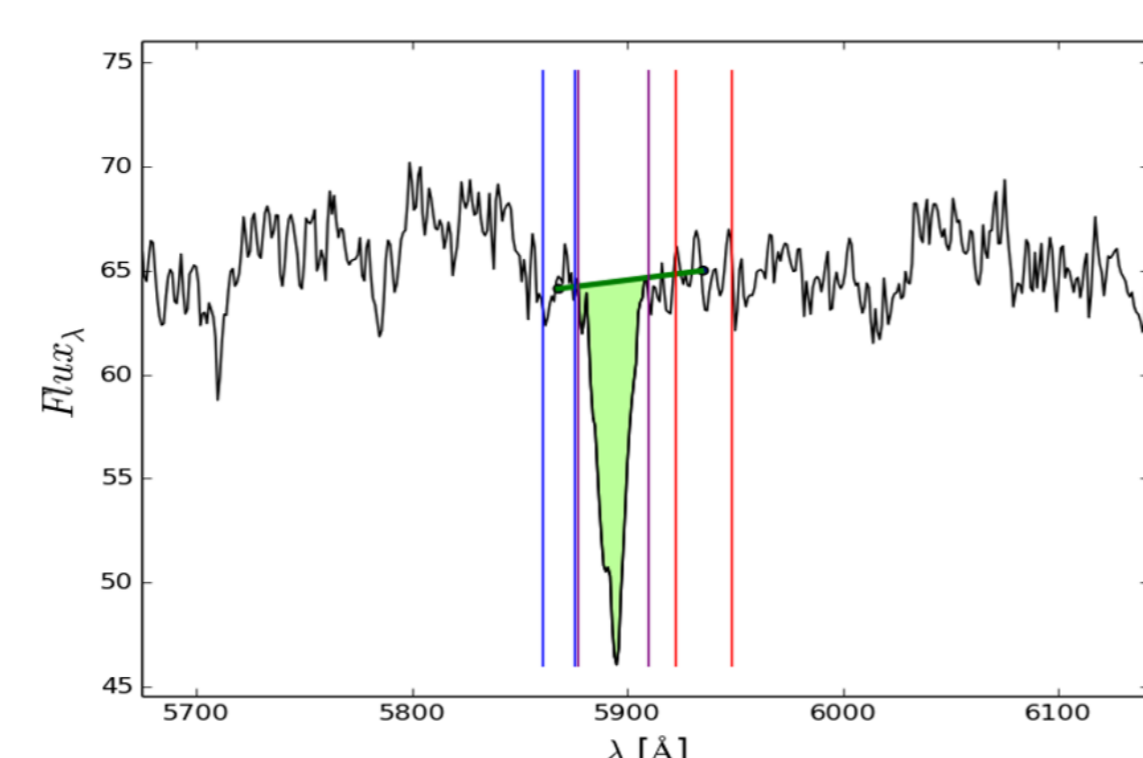


Fig. 3: Linha de absorção medida pelos índices de Lick.

$D_n(4000)$ é definido como o quociente da média do fluxo depois ($4050 - 4150 \text{ \AA}$) e antes ($3900 - 4000 \text{ \AA}$) de 4000 \AA :

$$D_n(4000) = \frac{\langle F^+ \rangle}{\langle F^- \rangle}$$

$H\delta_A$ e $Fe4531$ são índices de Lick e portanto são medidos pela largura equivalente de suas respectivas linhas de absorção

$$H\delta_A \text{ band line: } 4083 - 4122 \text{ \AA.}$$

$$Fe4531 \text{ band line: } 4514 - 4559 \text{ \AA.}$$

Referências

Distribuição dos Índices

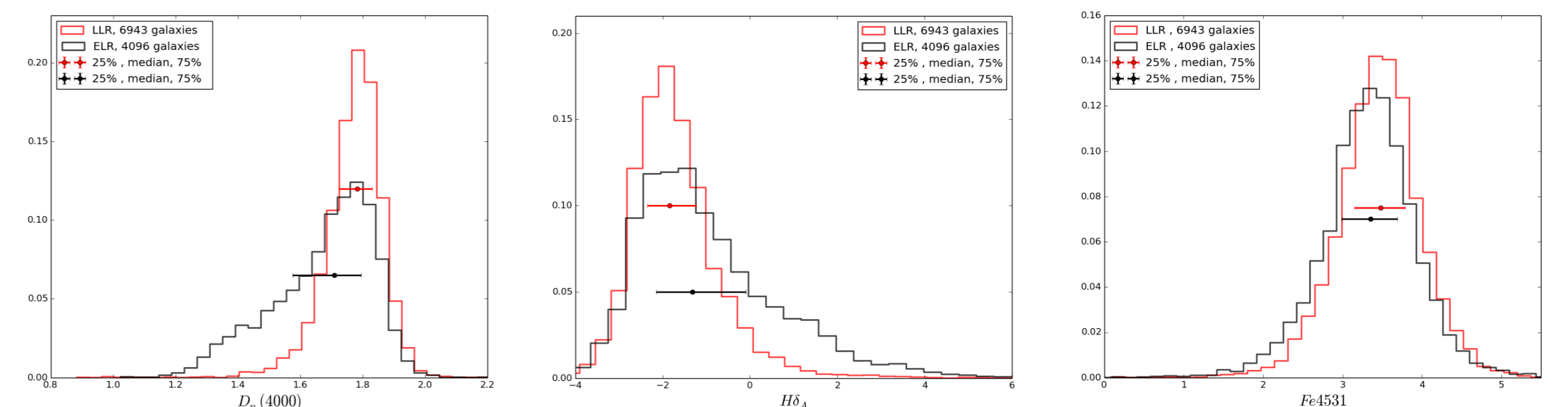


Fig. 4: Distribuição do $D_n(4000)$, $H\delta_A$ e $Fe4531$ para as classes ELR e LLR. Os pontos com barras de erro são as medianas e os pontos de 25% e 50%.

Na Fig. 4, o histograma de $D_n(4000)$ mostra que quase todas as LLR são galáxias velhas ($D_n(4000) > 1.6$), no entanto as ELR têm um *gap* de idades mais distribuída, assim existem ELR tão velhas quanto as LLR mas existem também uma grande quantidade de galáxias jovens na classe das ELR.

A partir do histograma de $H\delta_A$ uma análise similar pode ser feita, as galáxias LLR são menos distribuídas, a maioria são galáxias sem formação estelar recente (i.e. $H\delta_A < 0$), e novamente uma parte das ELR são similares as LLR e outra parte têm formação estelar recente. No índice $Fe4531$ as diferenças são muito menores, as galáxias ELR são apenas um pouco menos metálicas.

Ambiente

A ideia central era de que tais diferenças nas galáxias da classe ELR pudessem ser causadas por diferenças no ambiente dessas galáxias. Para buscar por tais diferenças nós usamos o catálogo de grupos de Yang et al. (2007, 2012) para obter a massa do halo do grupo, M_H , em que a galáxia está contida.

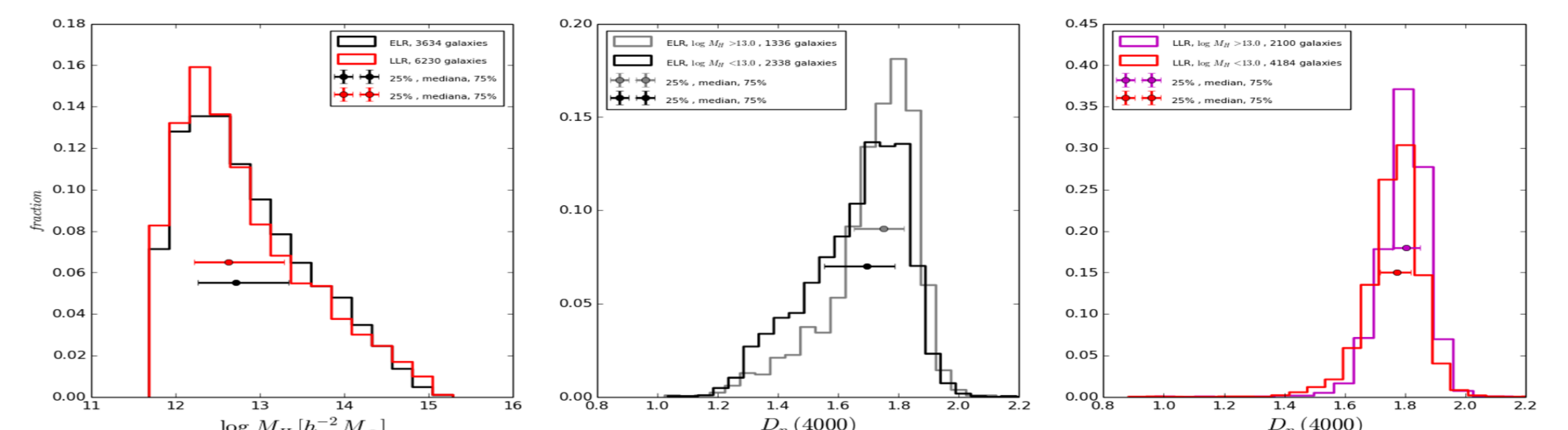


Fig. 5: Esquerda: Distribuição de M_H para ELR e LLR; Centro: Distribuição de $D_n(4000)$ para ELR divididos em dois grupos, $\log M_H > 13.0$ e $\log M_H < 13.0$. Direita: Distribuição de $D_n(4000)$ para LLR divididos pelos mesmos parâmetros.

Do painel esquerdo da Fig. 5 pode-se ver que as ELR e as LLR têm, em geral, uma distribuição similar em termos de valores de M_H , mas o painel central mostra que existem diferenças no índice $D_n(4000)$ das ELR que estão relacionados com M_H , pois existem mais galáxias mais jovens em ambientes menos massivos. No entanto, para LLR esse efeito não existe, como mostrado no painel direito: independente dos valores de M_H as galáxias LLR têm uma população estelar mais velha.

O que se mostra é que galáxias em ambientes densos e massivos tiveram mais interações com outros objetos no passado, acelerando sua evolução e conseqüentemente consumindo seu gás, dessa forma a maioria dessas galáxias já consumiram todo seu gás se tornando galáxias aposentadas com uma população estelar majoritariamente velha. Para aquelas em ambientes menos massivos, onde algum gás ainda sobrevive, as linhas de emissão são devido a fotoionização pela radiação vindo de sua população estelar velha.

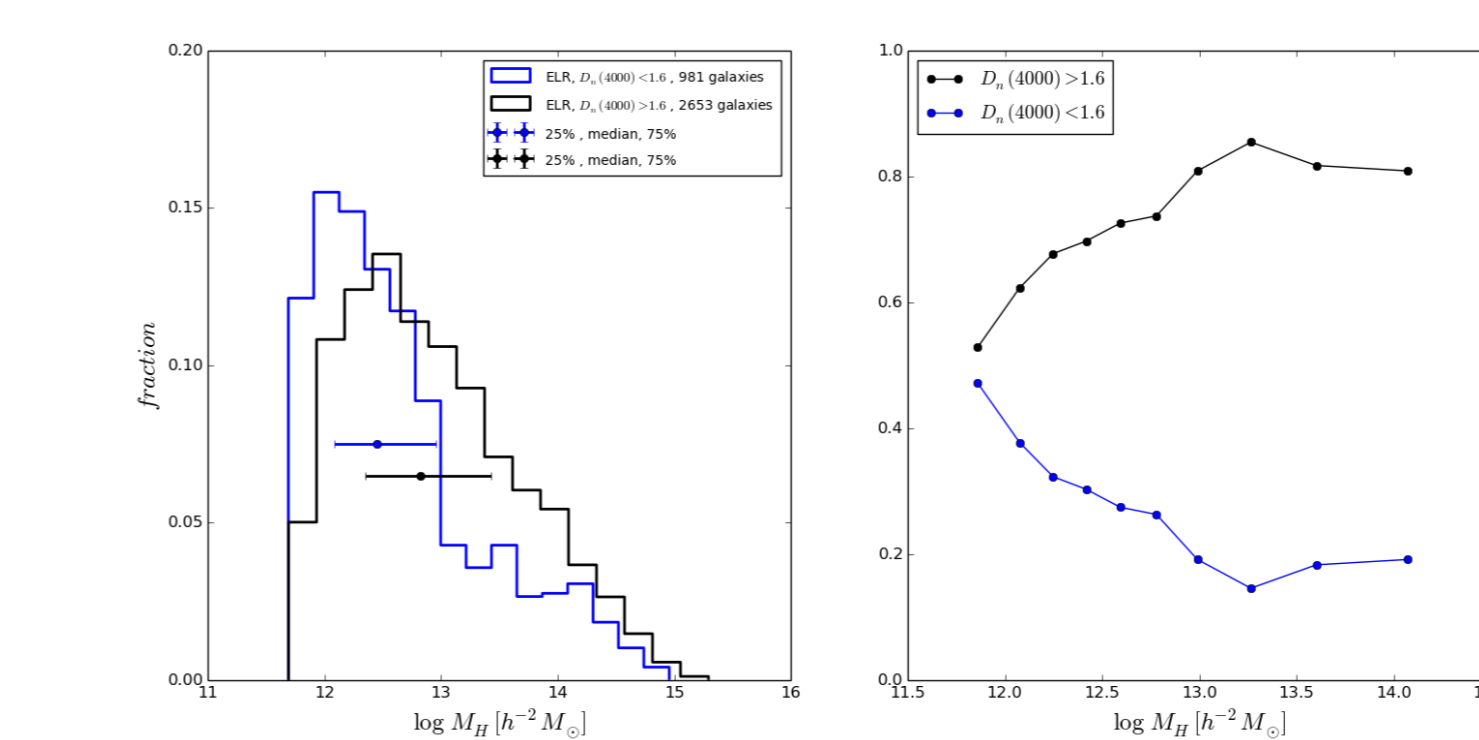


Fig. 6: Esquerda: Distribuição de M_H para ELR dividido por $D_n(4000)$. Direita: Fração de $D_n(4000) > 1.6$ e $D_n(4000) < 1.6$ por M_H para ELR.

A relação entre a idade das populações estelares e o ambiente das galáxias se torna mais clara pela Fig. 6, onde a fração de galáxias com $D_n(4000) > 1.6$ aumenta com o aumento de M_H .