



S-PLUS

Southern Photometric
Local Universe Survey

Search for compact dwarf galaxies in the Fornax cluster

Pierre Augusto Ré Martho, Laerte Sodré Jr.
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
30 de junho de 2025



Visão geral

Visão geral

- Introdução
 - ▶ Galáxias anãs ultra-compactas (UCDs)
 - ▶ Galáxias compactas com emissão
- Dados
 - ▶ Fotometria S-PLUS
 - ▶ Correções e cortes de qualidade
 - ▶ Distribuição das UCDs
- Aprendizado de máquina
- Seleção das candidatas
- Observações espectroscópicas
- Objetos compactos com emissão
- Conclusões e perspectivas

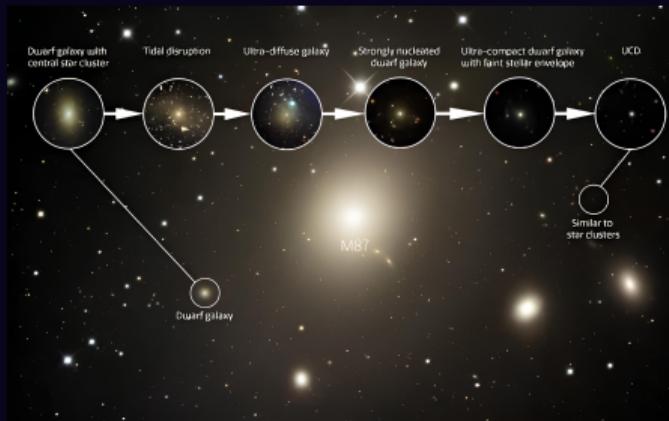
Introdução

O que são UCDs?

- Galáxias anãs ultra-compactas (UCDs)
- Objetos intermediários entre galáxias anãs e aglomerados globulares
- Descobertas em aglomerados como Fornax e Virgo
- Propriedades:
 - ▶ Massas: 10^6 a $10^8 M_\odot$
 - ▶ Raios: 7 a 100 pc
 - ▶ Populações estelares antigas

Formação das UCDs

- Possíveis origens:
 - ▶ Núcleos remanescentes de galáxias anãs despojadas
 - ▶ Aglomerados globulares massivos
- Diversidade de propriedades sugere múltiplos canais de formação



Galáxias compactas com emissão

- Exemplos: BCDs (Blue Compact Dwarfs), Green Peas
- Características:
 - ▶ Ricas em gás
 - ▶ Intensos surtos de formação estelar
 - ▶ Espectros dominados por linhas de emissão ($H\alpha$, [OIII], etc.)
- Análogas locais de galáxias do universo primordial

UCDs vs. Galáxias com emissão

UCDs

- Espectros dominados por linhas de absorção
- Populações estelares antigas
- Pouca ou nenhuma formação estelar atual

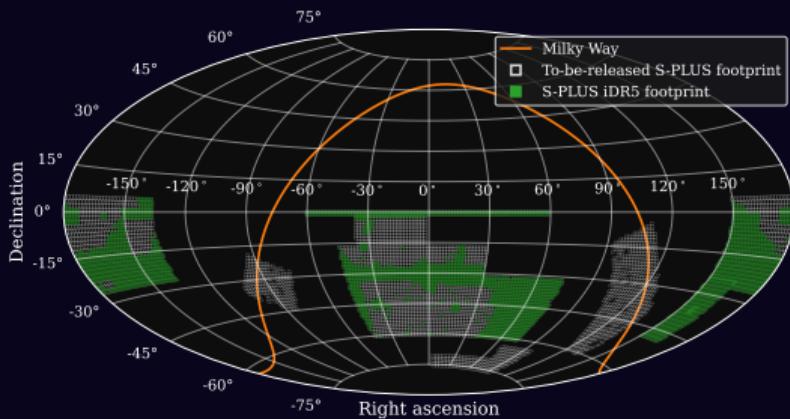
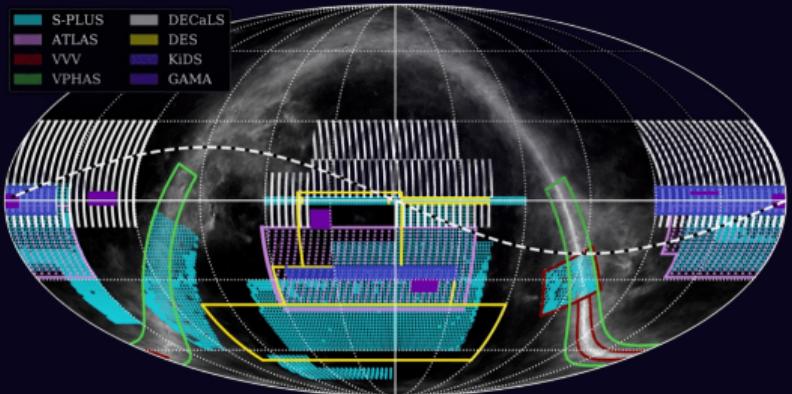
Galáxias compactas com emissão

- Espectros dominados por linhas de emissão
- Formação estelar ativa
- Baixa metalicidade

Dados



Dados fotométricos

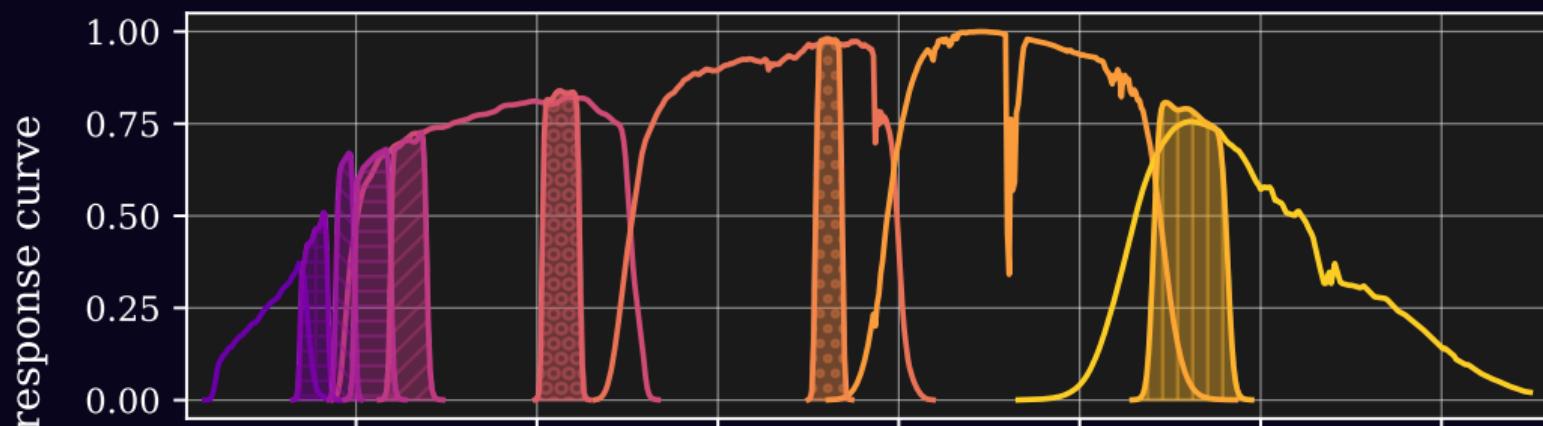


Dados fotométricos

DR4: 3022,7 square degrees,

1629 Fields (each \sim 2 square degrees)

Filters

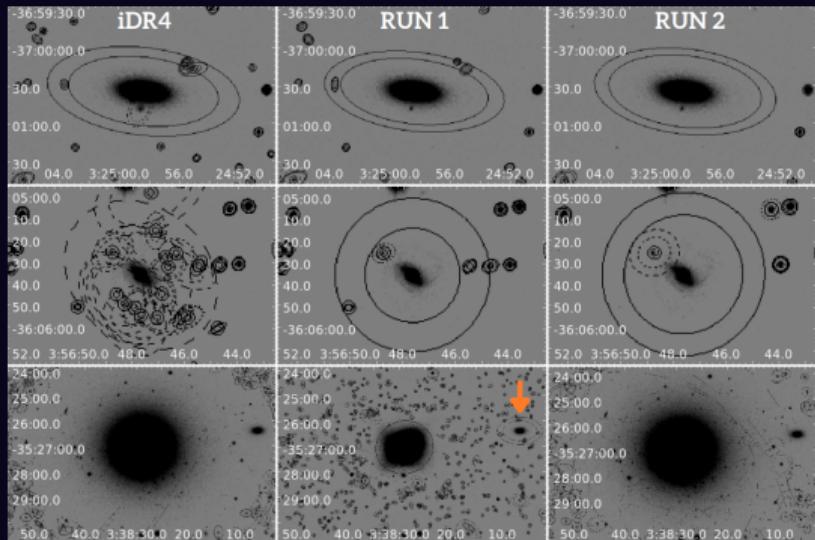


Dados fotométricos

Fornax

Run 1: Faint objects detected near bright galaxies at Fornax distance

Run 2: Better characterizes larger and brighter galaxies



Extinction correction

- Galaxy dust affects photometric measurements. Python dustmaps (Green, 2018)
- Calculation of Extinction Coefficients. Python extinction (Barbary 2016)

Figura 1: Haack,R.F.(2024)-<https://arxiv.org/pdf/2404.10847>

Cortes de qualidade na fotometria

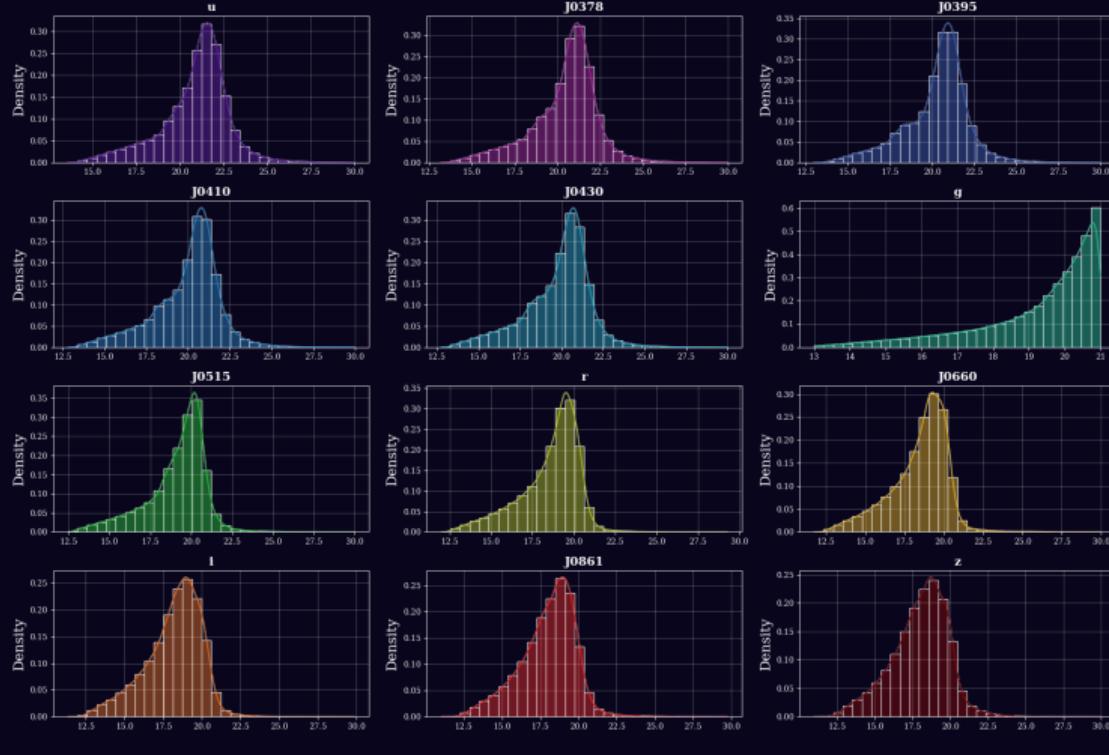
Critérios de seleção

- Magnitudes maiores que 30 foram descartadas (baixa qualidade e erros altos).
- Objetos com $\text{flag0} < 3$ também foram descartados.
- Banda g_APER_6 como referência principal:
 - ▶ Corte inferior: $\text{g_APER_6} > 13$ (evitar saturação).
 - ▶ Corte superior: $\text{g_APER_6} < 21$ (minimizar contaminação por aglomerados globulares).

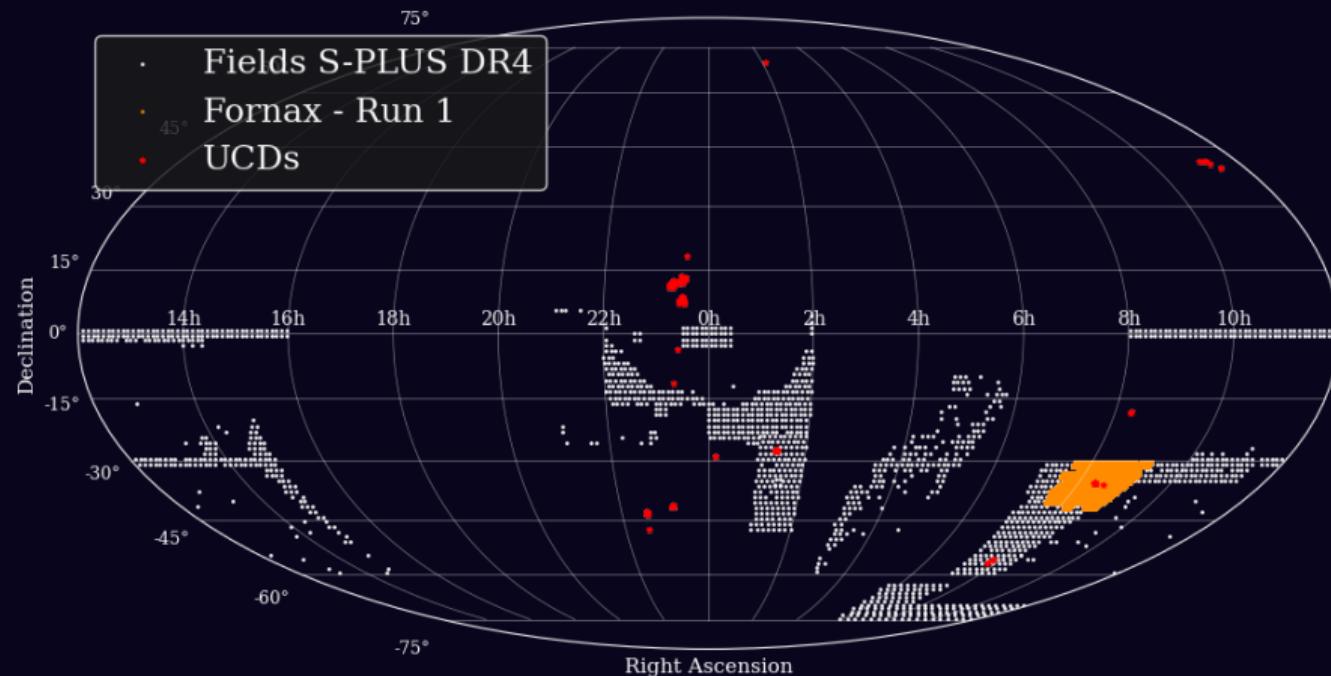
Resultados

- Total inicial: 2.9 milhões de objetos.
- Após cortes: 619.630 objetos restantes.

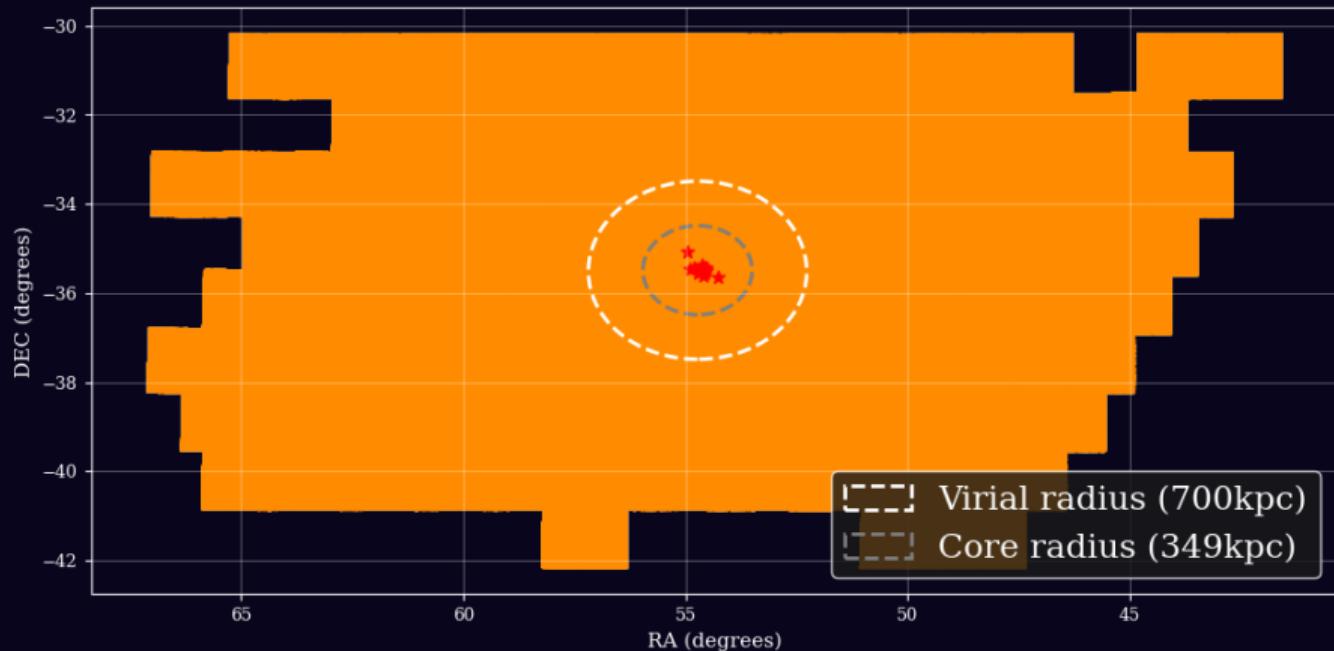
Cortes de qualidade na fotometria



Distribuição das UCDs em Fornax

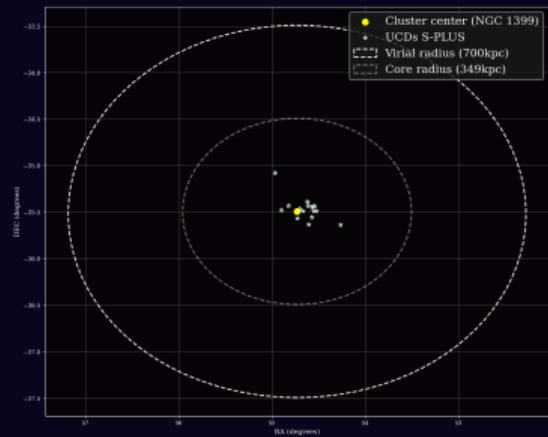
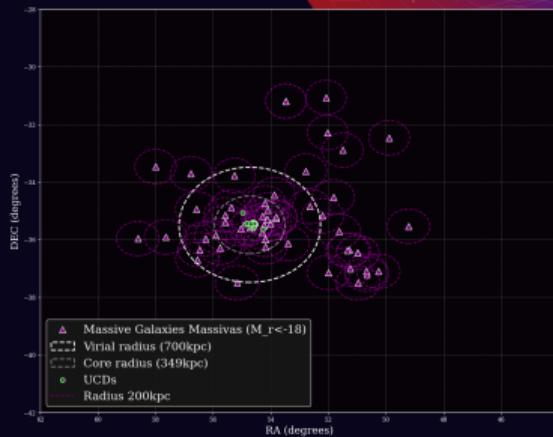


Distribuição das UCDs em Fornax



Distribuição das UCDs em Fornax

Parâmetro	Valor
Massa (M_{\odot}) ¹	$7 \pm 2 \times 10^{13}$
Raio Virial (Mpc) ¹	0.7
Raio Virial (graus) ¹	2
Raio interno (Mpc) ⁴	0.349
Raio interno (graus) ⁴	1
σ_v ($km s^{-1}$) ³	318
Módulo de distância (mag) ²	31.51



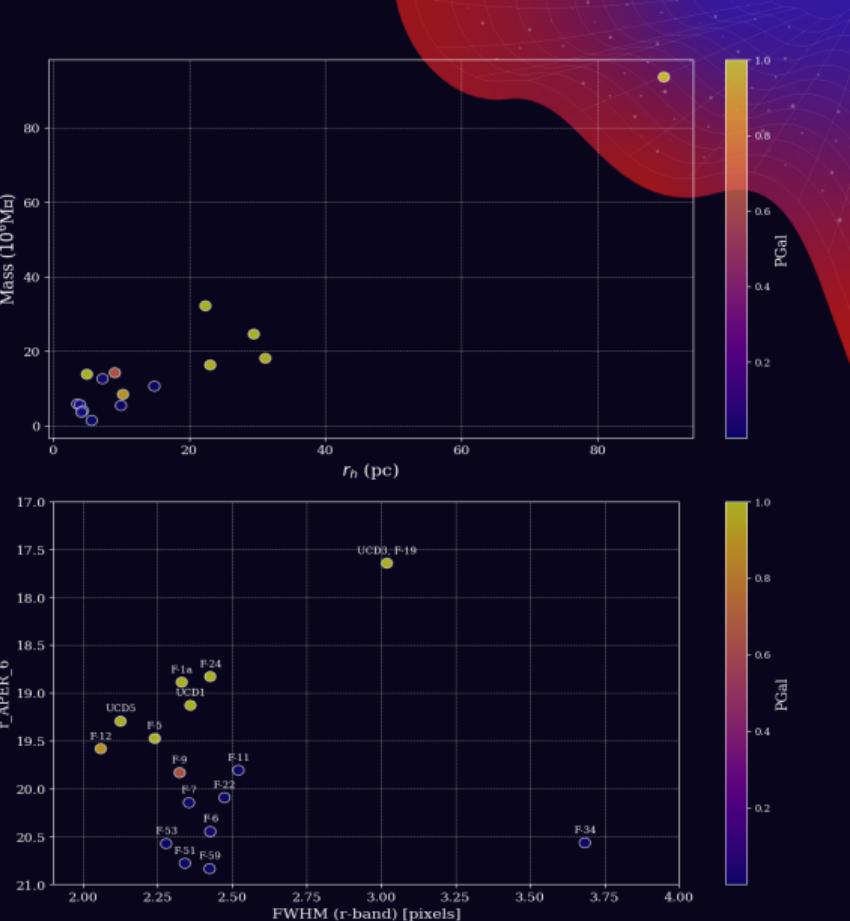
Propriedades das UCDs

Tabela 1: Propriedades das UCDs de Mieske et al.(2008).

Nome	Massa Total ($10^6 M_{\odot}$)	M/L_V	[Fe/H] (dex)	r_h (pc)	σ (km/s)
UCD3, F-19	93.6 ± 14.0	4.69 ± 0.70	-0.4	89.7	22.8
UCD1	32.1 ± 3.9	4.99 ± 0.60	-0.7	22.4	27.1
F-24	24.5 ± 7.8	3.44 ± 1.10	-0.4	29.5	21.4
UCD5	18.0 ± 4.5	3.37 ± 0.85	-1.2	31.2	18.7
F-1a	16.2 ± 3.8	2.45 ± 0.58	0.0	23.1	18.7
F-9	14.1 ± 3.6	4.72 ± 1.20	-0.8	9.1	25.7
F-5	13.7 ± 2.4	3.16 ± 0.55	-0.3	5.0	34.5
F-6	12.5 ± 2.4	5.32 ± 1.00	0.2	7.3	27.3
F-7	10.5 ± 1.4	4.21 ± 0.57	-1.3	14.9	20.1
F-12	8.3 ± 2.9	2.36 ± 0.83	-0.4	10.3	22.9
F-11	5.7 ± 3.7	1.64 ± 1.10	-0.9	3.6	26.2
F-34	5.5 ± 1.3	3.17 ± 0.74	-0.9	4.0	24.6
F-22	5.3 ± 1.0	2.13 ± 0.39	-0.4	10.0	22.8
F-53	3.9 ± 1.0	2.66 ± 0.69	-0.9	4.4	19.6
F-51	3.5 ± 0.9	2.38 ± 0.62	-0.8	4.2	20.1
F-59	1.3 ± 0.6	0.94 ± 0.43	-2.1	5.7	9.8

Propriedades das UCDs

Nome	spec - z	<i>g</i>	zml
UCD3	0.0053	18.47	0.03
UCD1	0.0052	19.75	0.08
F-24	0.0063	19.66	0.04
UCD5	0.0045	19.71	0.04
F-1a	0.0042	19.66	-
F-9	0.0058	20.85	0.07
F-5	0.0057	20.54	-
F-6	0.0037	20.48	-
F-7	0.0050	20.89	0.16
F-12	0.0055	20.37	-
F-11	0.0059	20.40	-
F-34	0.0054	20.79	-
F-22	0.0034	20.69	0.06
F-53	0.0020	21.57	-
F-51	0.0041	22.23	-
F-59	0.0061	21.47	-



Aprendizado de máquina



Procura de UCDs com Aprendizado de Máquina

Objetivo

- Identificar candidatas a galáxias ultra-compactas no aglomerado de Fornax.
- Classificar objetos em duas categorias principais:
 - ▶ Compactos.
 - ▶ Extensos.
- Separar objetos com base em suas características morfológicas e fotométricas.

Identificar dentro do grupo de objetos compactos, aqueles que possuem características fotométricas semelhantes às de galáxias extensas.

Amostra de Treino e Valores Faltantes

Amostra de Treino

- Divisão em classes:
 - ▶ Classe 0: Compactos.
 - ▶ Classe 1: Extensos.
- Total de objetos: 545.267.
- Treinamento: 80% dos dados.
- Teste: 20% dos dados.

Valores Faltantes

- Imputação com MICE (Método de Imputação Múltipla).
- 27% dos objetos possuem pelo menos 1 valor faltante.
- Dados faltantes tratados para garantir consistência.

Distribuição de Valores Faltantes

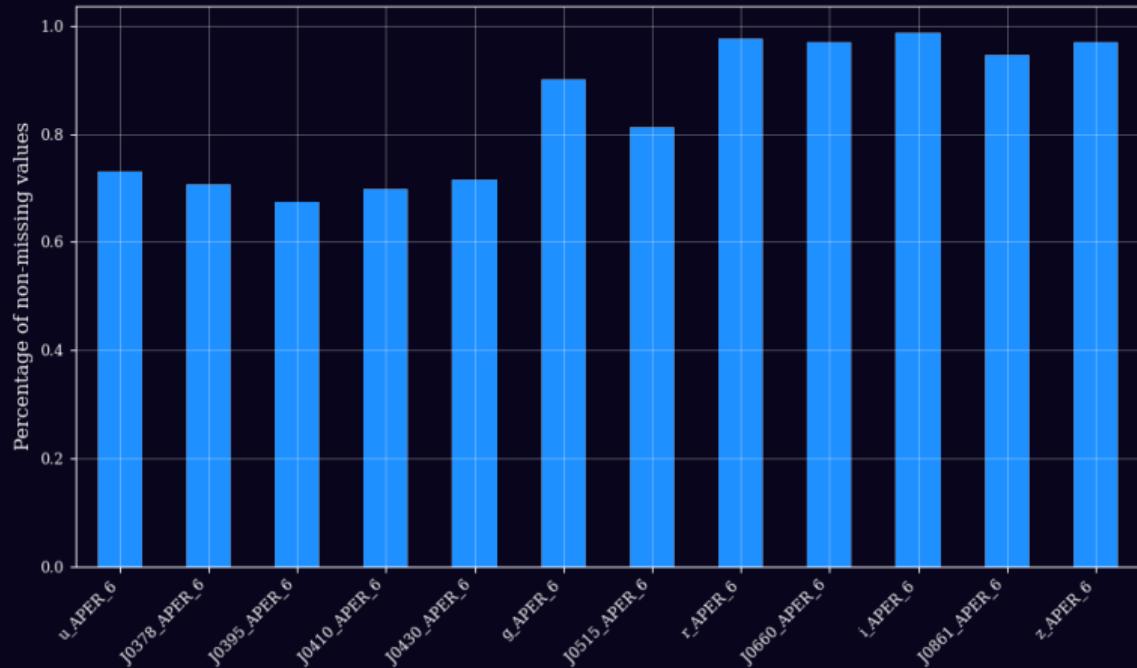
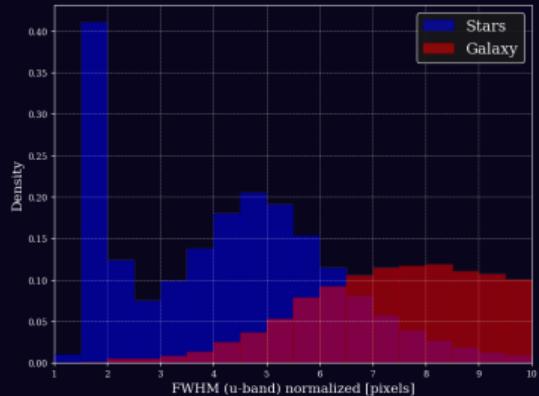
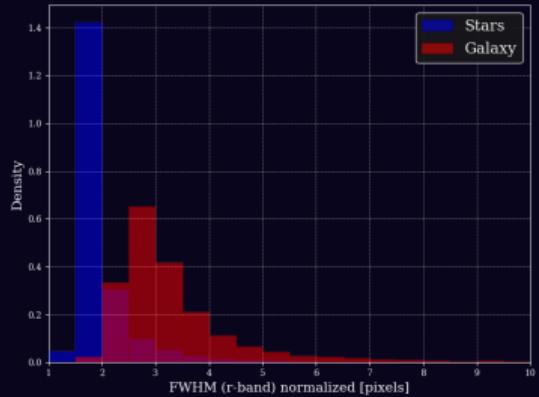
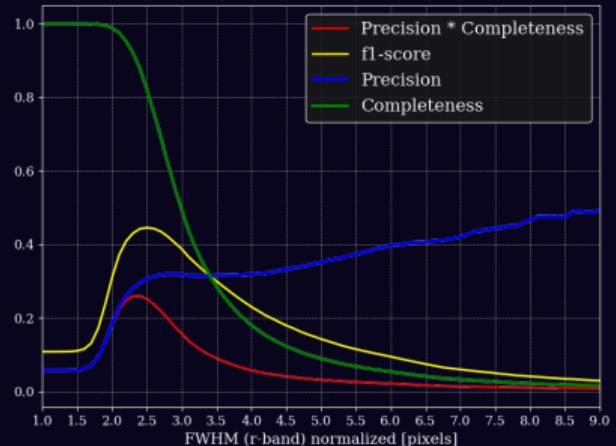


Figura 2: Distribuição de valores faltantes.

Amostra de treino



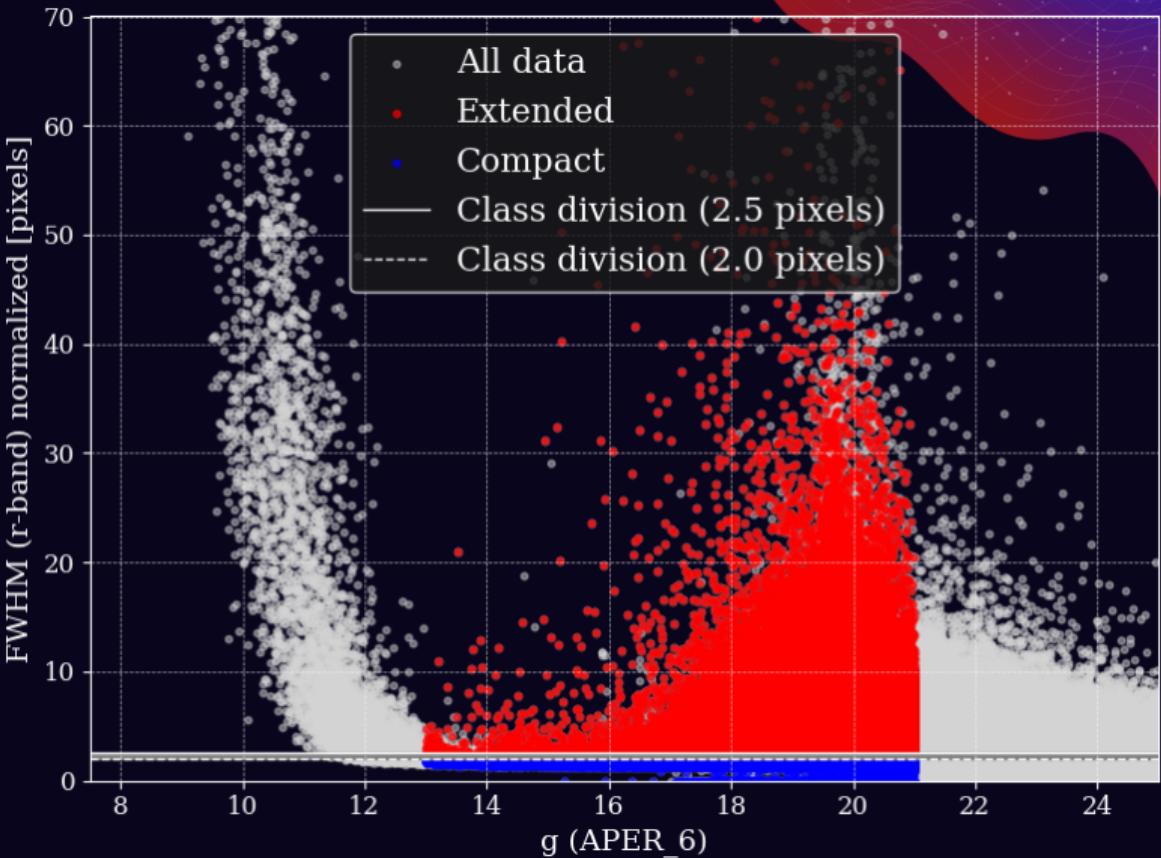
- **Precisão:** $\frac{TP}{TP+FP}$
- **Completeness:** $\frac{TP}{TP+FN}$
- **F1-Score:** $2 \cdot \frac{\text{Precisão} \cdot \text{Completeness}}{\text{Precisão} + \text{Completeness}}$



Amostra de treino

Critérios de Classificação

- Compactos: $\text{FWHM} < 2 \text{ pixels}$.
- Extensos: $\text{FWHM} > 2.5 \text{ pixels}$.
- Dados entre 2 e 2.5 pixels não usados no treinamento.



Amostra de Treino

Divisão da Amostra

- Total de objetos: 545.267.
- Treinamento: 80% (436.213 objetos).
- Teste: 20% (109.054 objetos).
- Classe 0 (compactos): 242.085 no treino, 60.522 no teste.
- Classe 1 (extensos): 194.128 no treino, 48.532 no teste.

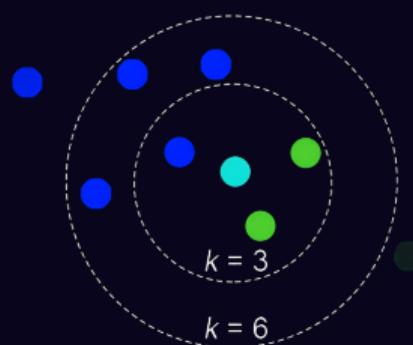
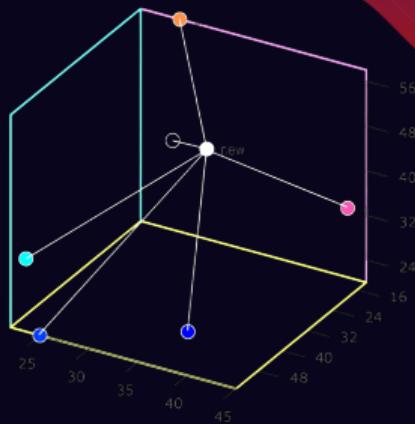
Parâmetros Utilizados

- 12 magnitudes corrigidas pela extinção (APER_6).
- 66 combinações possíveis de cores.
- Dados entre 2 e 2.5 pixels (FWHM) não usados no treinamento.

Classificador KNN

K-Nearest Neighbors (KNN)

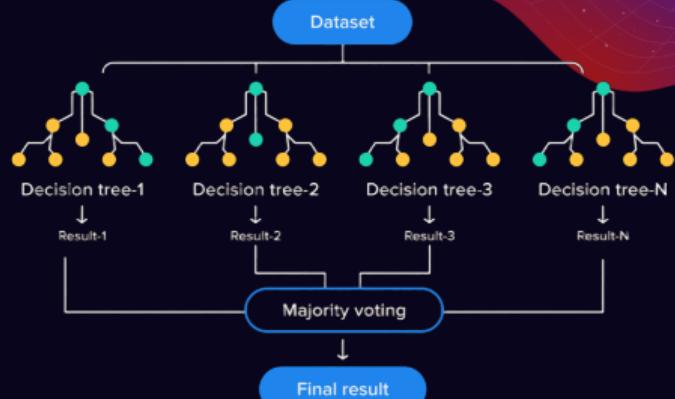
- Algoritmo supervisionado que classifica objetos com base nos vizinhos mais próximos.
- Simples e eficiente para conjuntos de dados menores.
- Utiliza a distância entre objetos no espaço de parâmetros para classificação.



Classificador RF

Random Forest (RF)

- Algoritmo supervisionado baseado em múltiplas árvores de decisão.
- Combina os resultados de várias árvores para melhorar a precisão.
- Robusto contra overfitting em muitos casos.
- Eficiente para conjuntos de dados grandes e com muitas features.



Análise dos Classificadores

- Acurácia:

$$\frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

- Precisão:

$$\frac{TP}{TP + FP}$$

- Completeness:

$$\frac{TP}{TP + FN}$$

- F1-Score:

$$2 \cdot \frac{\text{Precisão} \cdot \text{Completeness}}{\text{Precisão} + \text{Completeness}}$$

- **AUC-ROC**: Mede sensibilidade vs. taxa de falsos positivos.

- **MCC**:

$$\frac{TP \cdot TN - FP \cdot FN}{\sqrt{(TP + FP)(TP + FN)(TN + FP)(TN + FN)}}$$

Real	Sim (Detectada)	Não (Detectada)
Sim	Verdadeiro Positivo (TP)	Falso Negativo (FN)
Não	Falso Positivo (FP)	Verdadeiro Negativo (TN)

Tabela 2: Matriz de Confusão.

Análise dos Classificadores

Tabela 3: Classificação binária - Métricas modelo KNN

Classe	Precisão	Compleza	F1-Score
0	0.92	0.88	0.90
1	0.86	0.91	0.88
AUC-ROC		0.95	
Coeficiente de Correlação de Matthews (MCC)		0.78	

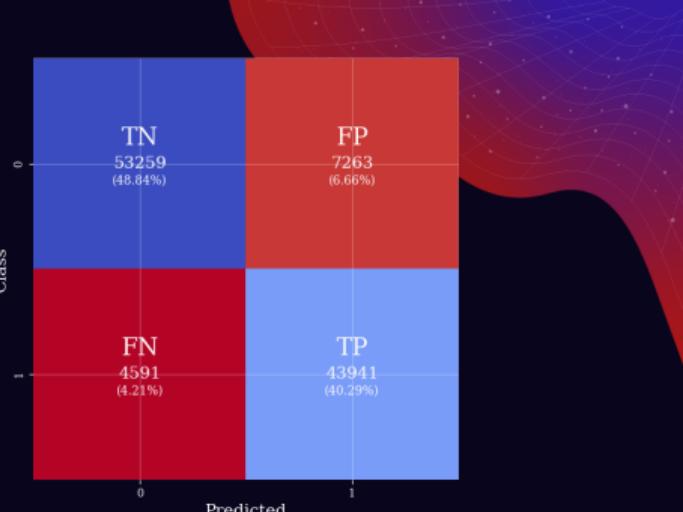
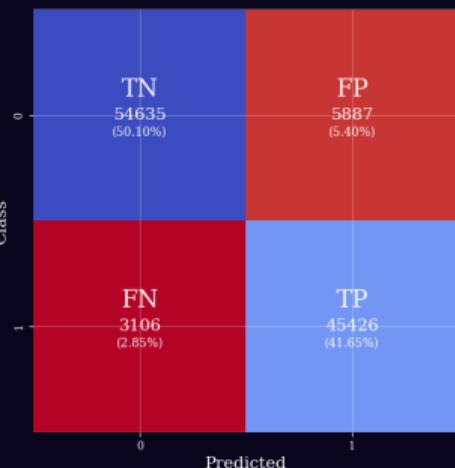
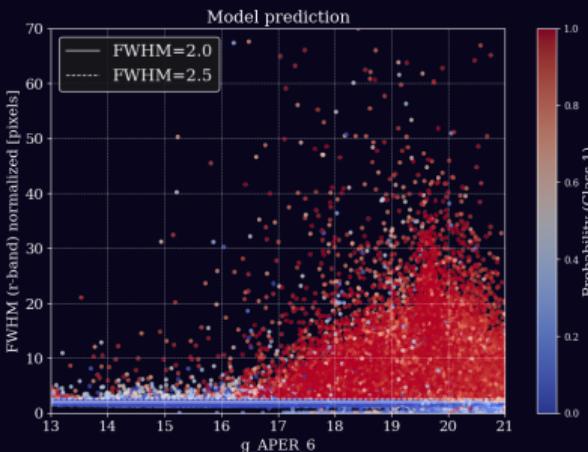
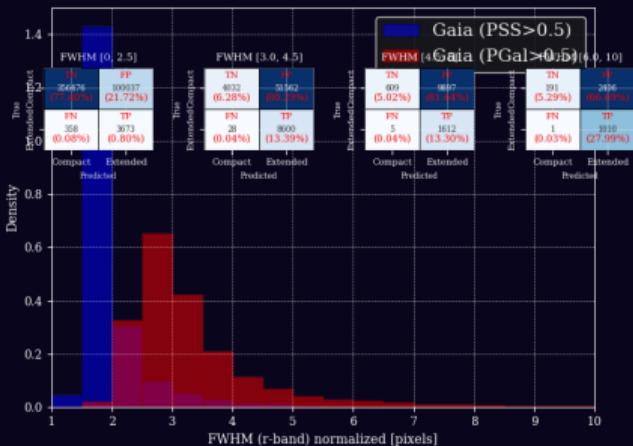


Tabela 4: Classificação binária - Métricas modelo RF

Classe	Precisão	Compleza	F1-Score
0	0.95	0.90	0.92
1	0.89	0.94	0.91
AUC-ROC		0.97	
Coeficiente de Correlação de Matthews (MCC)		0.84	



Análise dos Classificadores



Nome	RF Predição
UCD3	0.36
UCD1	0.98
F-24	0.99
UCD5	0.38
F-1a	0.11
F-9	0.87
F-5	0.53
F-6	0.89
F-7	0.70
F-12	0.73
F-11	0.97
F-34	0.98
F-22	0.93
F-53	0.96
F-51	0.96
F-59	0.92

- **Total de objetos:** 1.803.561.
- **Extensos:** 1.411.803 (78,28%). Deles 311.846 (17,29%) com $FWHM < 2.5$ pixels.

Redshifts Fotométricos

Redshifts fotométricos são estimativas baseadas em fotometria multibanda.

$$v_{\text{res}} = c \cdot z = H_0 \cdot D, \quad (1)$$

Modelo Treinado

- Photo-z de *Lima et al. 2022*.
- De 29000926, **290637** sem estimativa.
- $0.002 \leq z \leq 0.5 ; 15 \leq r_{\text{APER_6}} \leq 21$.
- Amostra final: 12.296 objetos.
- Treinamento com 66 cores (APER_6).
- Divisão da amostra: 80% treino, 20% teste.
- Regressão com Random Forest (RF).

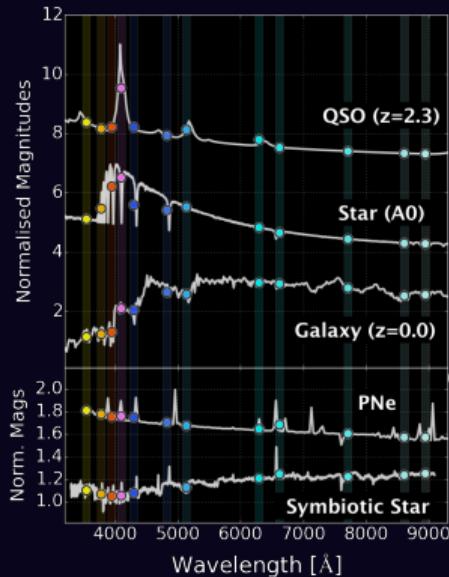


Figura 3: Adaptado de Mendes de Oliveira et al. (2019).

Redshifts Fotométricos

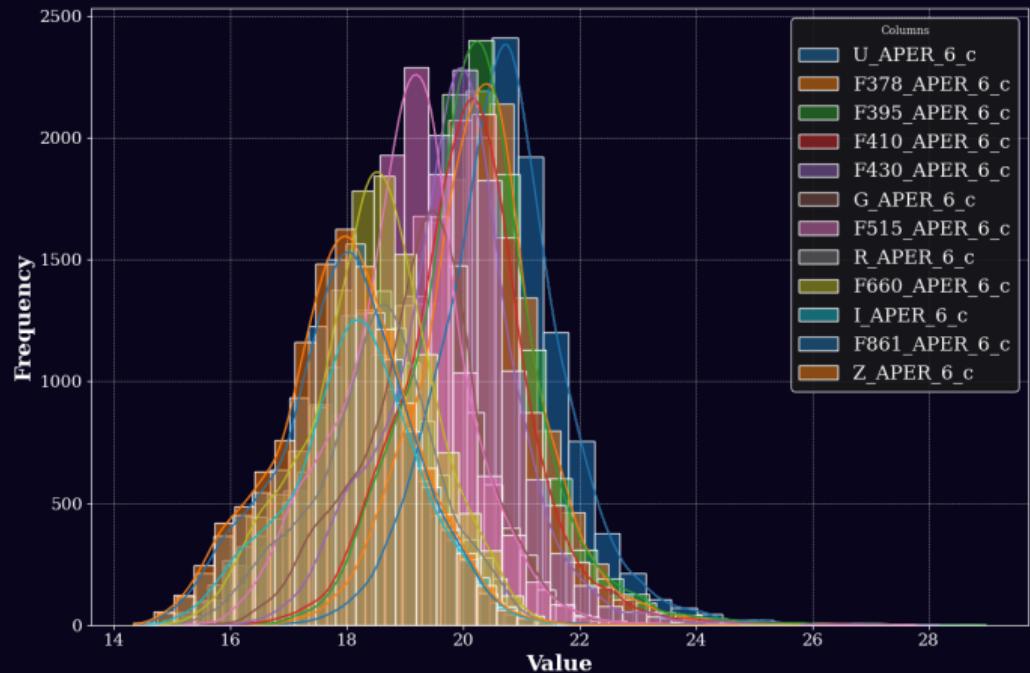
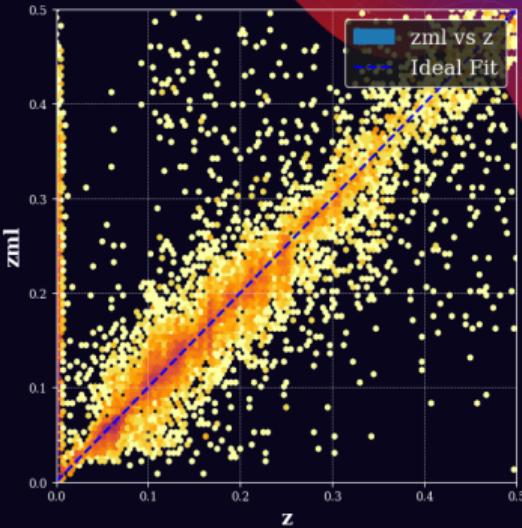
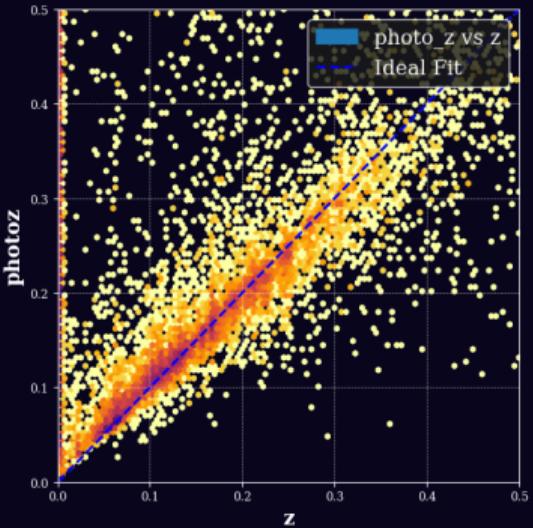
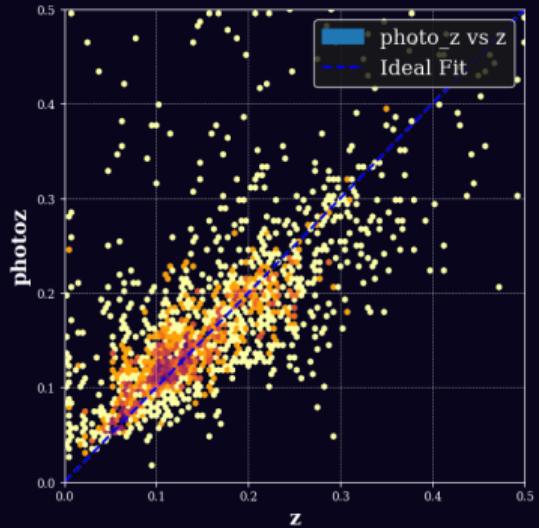


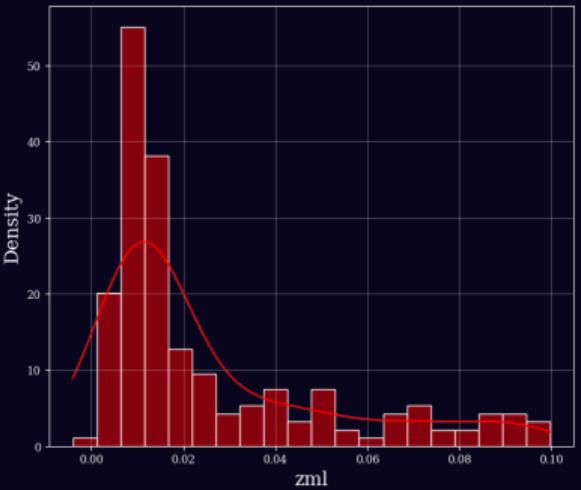
Figura 4: Distribuição magnitudes na amostra de treino *photo_z*.

Redshifts Fotométricos



- $EQR = 0.05$
- $R^2 = 0.6$
- $\sigma_{NMAD} = 0.03$

Redshifts Fotométricos

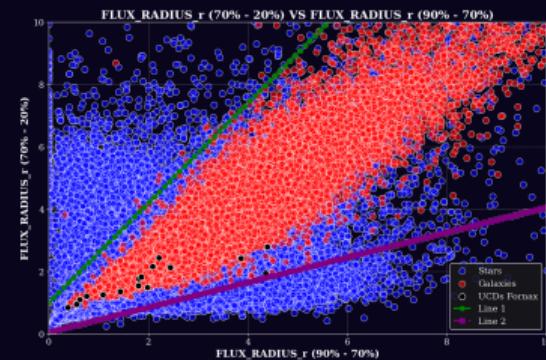
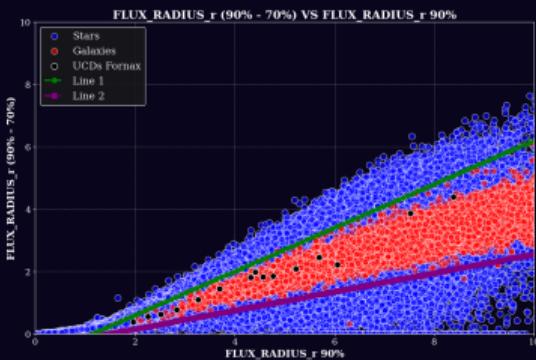
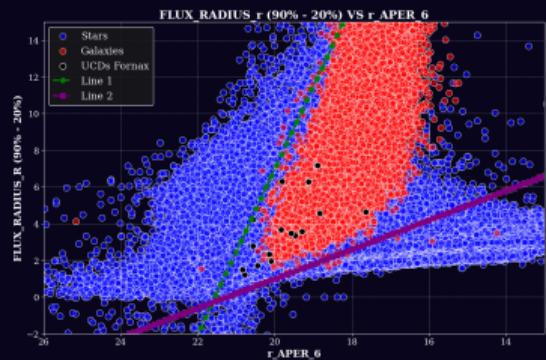


Nome	z_{phot}	z_{ml}	z_{spec}
UCD3	0.07	0.03	0.0053
UCD1	0.09	0.08	0.0052
F-24	0.08	0.04	0.0062
UCD5	0.03	0.04	0.0045
F-1a	0.21	--	0.0042
F-9	0.09	0.07	0.0058
F-5	0.06	--	0.0057
F-6	0.10	--	0.0037
F-7	0.19	0.16	0.0050
F-12	0.07	--	0.0055
F-11	0.10	--	0.0059
F-34	0.07	--	0.0054
F-22	0.09	0.06	0.0034
F-53	0.31	--	0.0020
F-51	0.10	--	0.0041
F-59	0.06	--	0.0060

Seleção das candidatas

Seleções aplicadas (Total 1.803.561 objetos)

- Corte de magnitude: $18 \leq r_{\text{APER_6}} < 21$.
- Extended Probability > 0.9 .
- Corte de FWHM: $FWHM_r \leq 2.5$ pixels.
- $photo_z \leq 0.05$.



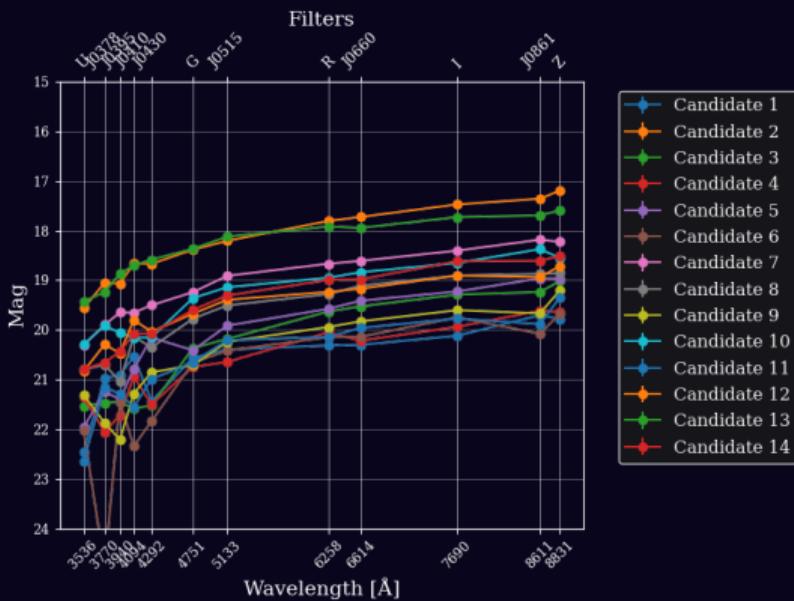
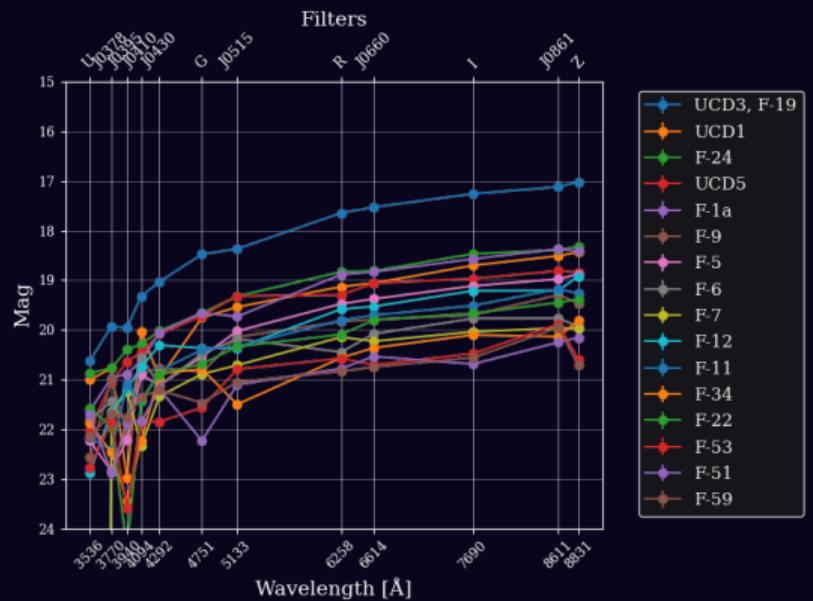
Total de objetos selecionados: 242.

y	x	a	b
FR (90%-20%)	r	-4.5	97
FR (90%-20%)	r	-0.8	17
FR (90%-70%)	FR 90%	0.7	-0.8
FR (90%-70%)	FR 90%	0.3	-0.45
FR (70%-20%)	FR (90%-70%)	1.6	1
FR (70%-20%)	FR (90%-70%)	0.4	0.05

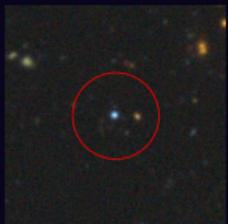
Seleção das candidatas

Seleção com S-PLUS e classificações GAIA

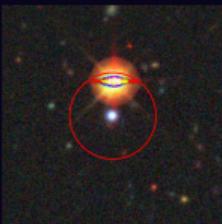
Seleção final: 14 candidatas



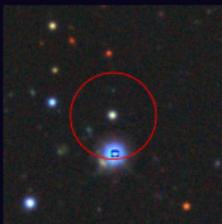
Seleção das candidatas



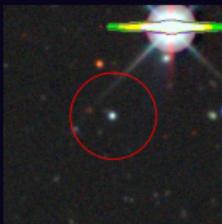
(a) Candidate 01



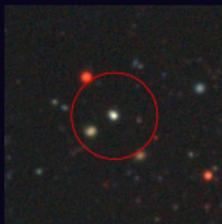
(b) Candidate 02



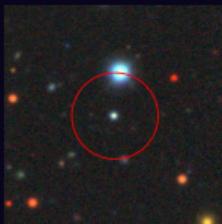
(c) Candidate 03



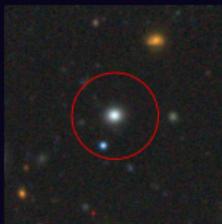
(d) Candidate 04



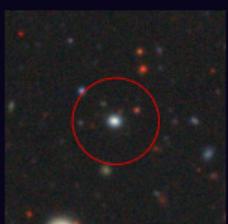
(e) Candidate 05



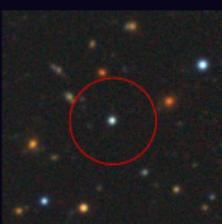
(f) Candidate 06



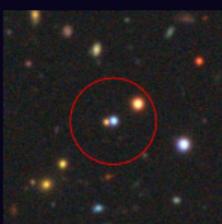
(g) Candidate 07



(h) Candidate 08



(i) Candidate 09



(j) Candidate 10



(k) Candidate 11



(l) Candidate 12



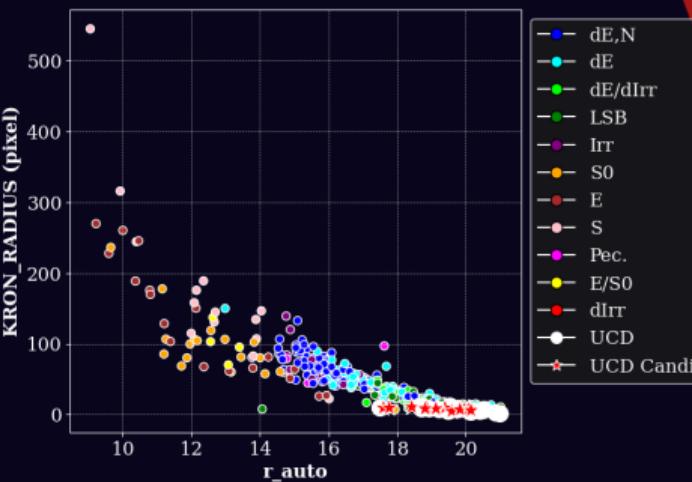
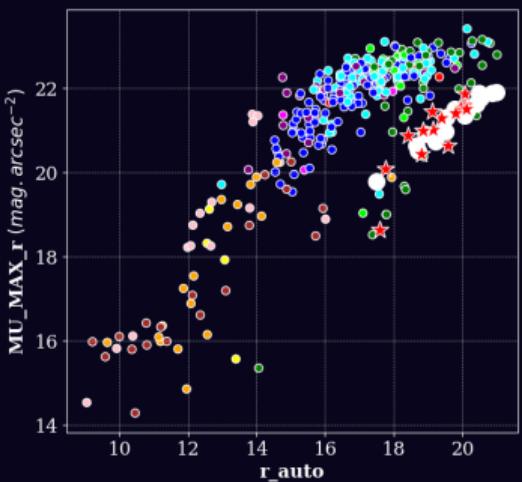
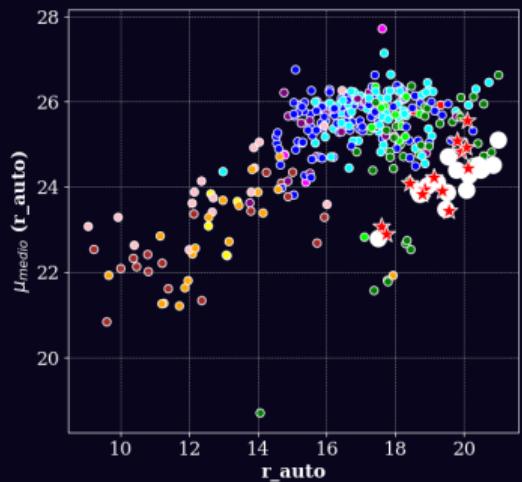
(m) Candidate 13



(n) Candidate 14

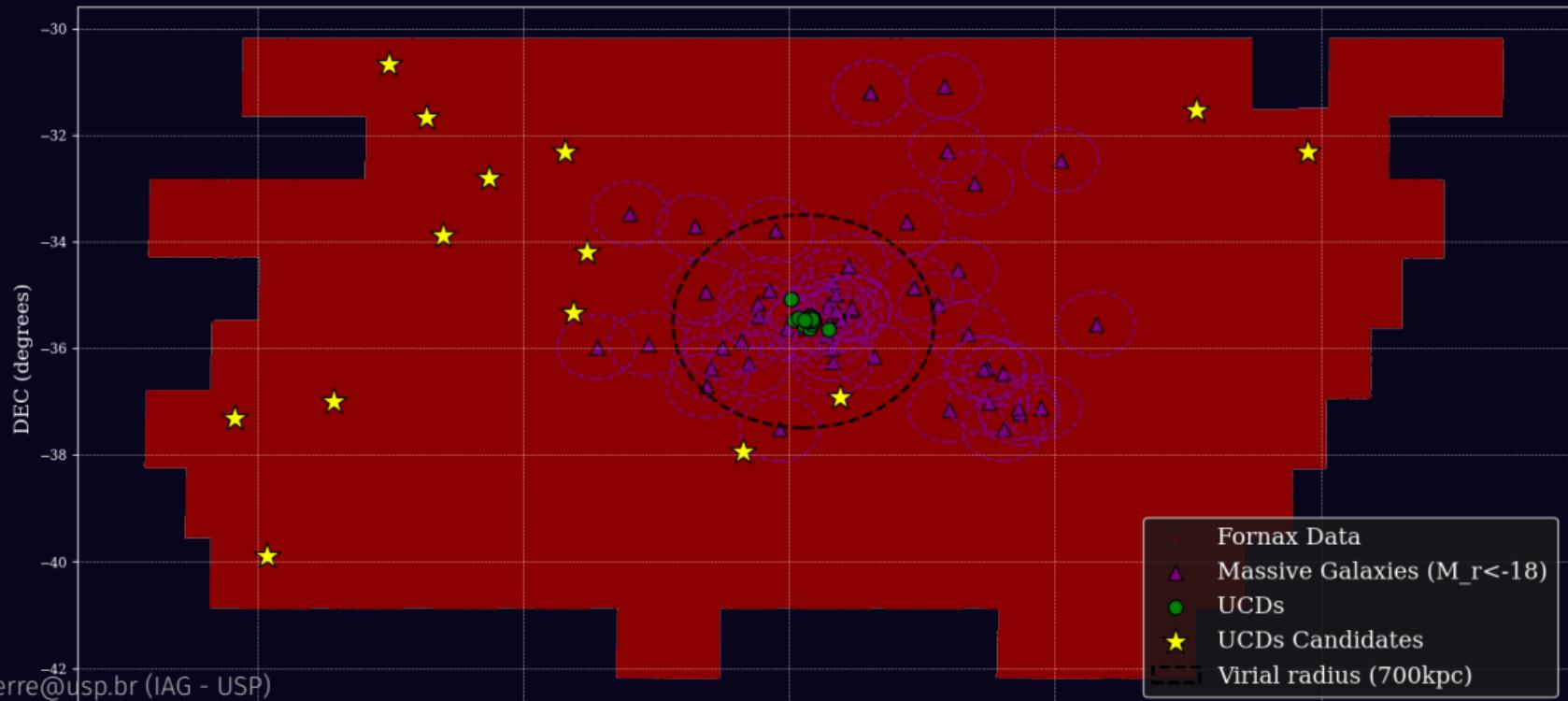
Análise das candidatas

Catálogo Fornax (Castelli et al. 2024)



Análise das candidatas

Distribuição em Fornax



Conclusões sobre as candidatas UCDs

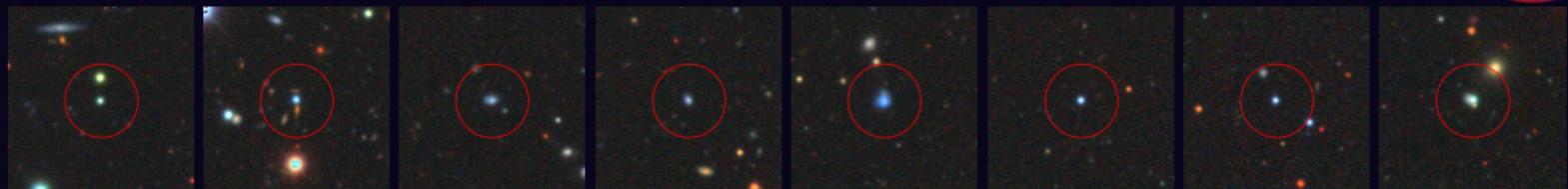
- Apenas 1 das 14 candidatas está dentro do raio viral de Fornax;
- As candidatas selecionadas apresentam características compatíveis com UCDs conhecidas.
- Presença em regiões periféricas sugere que UCDs podem se formar em ambientes menos densos e migrar para o centro posteriormente.
- Múltiplos cenários de formação possíveis:
 - ▶ Fusão de superaglomerados estelares em regiões de menor densidade.
 - ▶ Colapso direto de nuvens de gás primordial.
 - ▶ Stripping de galáxias anãs nucleadas em ambientes densos.
- Resultados reforçam a hipótese de múltiplos canais de formação para UCDs.
- Descoberta de UCDs fora do raio viral amplia o conhecimento sobre sua distribuição e mecanismos de formação.



Observações espectroscópicas Candidatas UCDs

Observações espectroscópicas

Amostra de candidatas a UCDs (Projeto IC anterior)



(a) Candidate 01

(b) Candidate 02

(c) Candidate 03

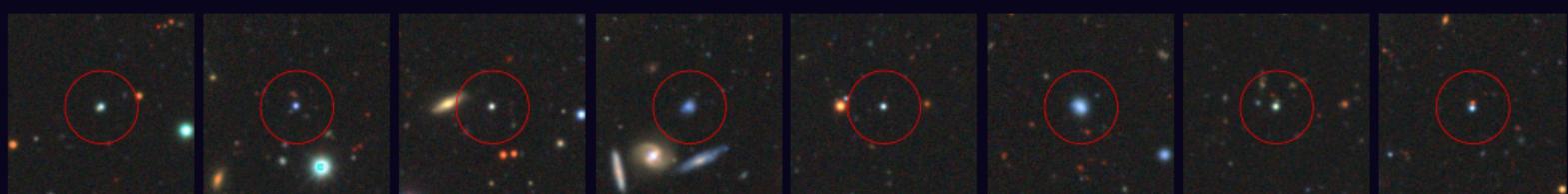
(d) Candidate 04

(e) Candidate 05

(f) Candidate 06

(g) Candidate 07

(h) Candidate 08



(i) Candidate 09

(j) Candidate 10

(k) Candidate 11

(l) Candidate 12

(m) Candidate 13

(n) Candidate 14

(o) Candidate 15

(p) Candidate 16



(q) Candidate 17

(r) Candidate 18

Observações espectroscópicas

Observações com o Gemini Sul

- **Modo de Observação:** Fenda longa (*long-slit*).
- **Grating:** B600-G5303, com comprimento de onda central $\lambda_c = 550$ nm.
- **Largura da Fenda:** 1,5".
- **Resolução Espectral:** $R \sim 570$, considerando a largura da fenda escolhida.
- **Intervalo Espectral:** 4000 Å a 7000 Å, cobrindo desde o azul até quase o vermelho.
- **Tempo de Exposição por Objeto:** 1200 segundos, divididos em 3 exposições de 400 segundos cada.
- **Condições de Observação:** IQ=ANY, CC=80%, WV=ANY, SB=ANY.
- **Razão Sinal-Ruído (S/N) Desejada:** Mínimo de 5 no espectro combinado (equivalente a $S/N \sim 3$ por pixel espectral) no contínuo, suficiente para detectar o declive do contínuo azul e as principais linhas de absorção.

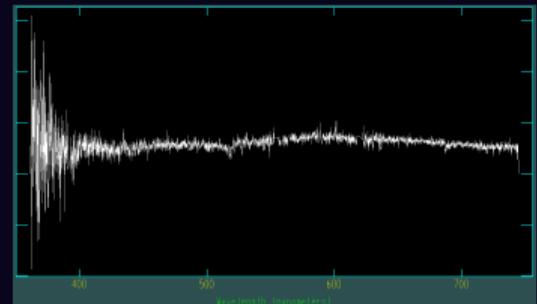
Não foram observadas as candidatas UCG04, UCG09, UCG11, e UCG17.

Observações espectroscópicas

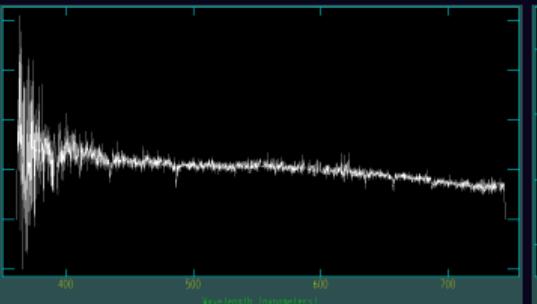
Fluxo de Redução dos Dados Espectroscópicos

1. **Seleção dos dados:** Escolha dos frames científicos e de calibração.
2. **Remoção do bias:** Subtração do bias para eliminar o sinal eletrônico de fundo.
3. **Correção de flat-field:** Correção da resposta pixel a pixel do detector usando imagens de flat.
4. **Calibração em comprimento de onda:** Utilização de lâmpadas de arco para calibrar o eixo espectral.
5. **Correção de resposta espectral:** Processamento dos dados da estrela padrão para correção da resposta instrumental e do fluxo.
6. **Redução dos dados científicos:** Aplicação das correções e calibrações aos espectros dos objetos de interesse.

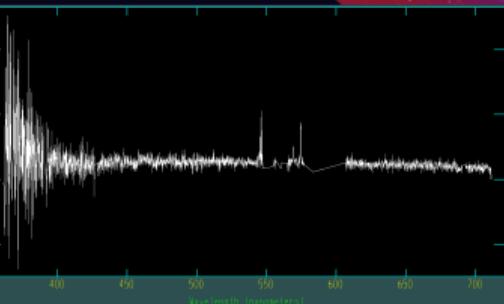
Observações espectroscópicas



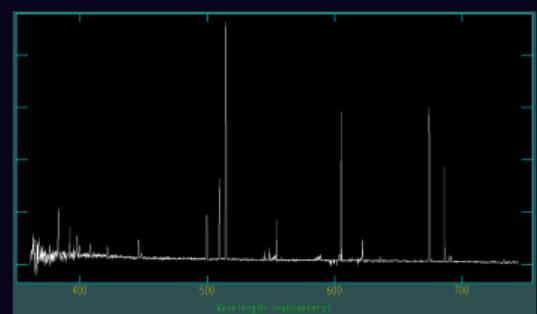
(a) Candidate 01



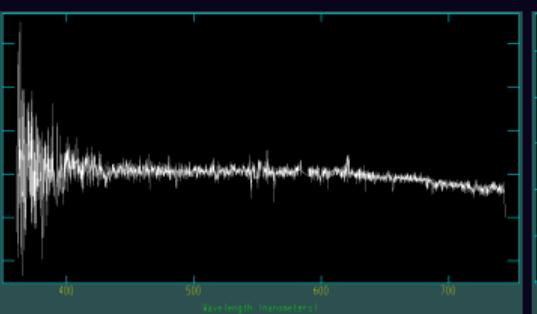
(b) Candidate 02



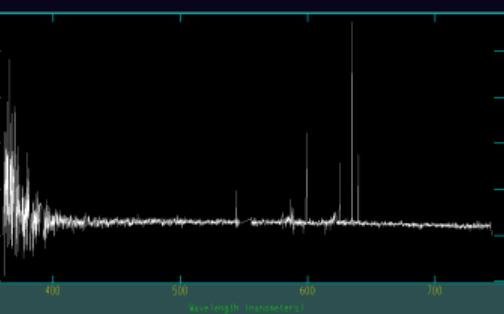
(c) Candidate 03



(d) Candidate 05

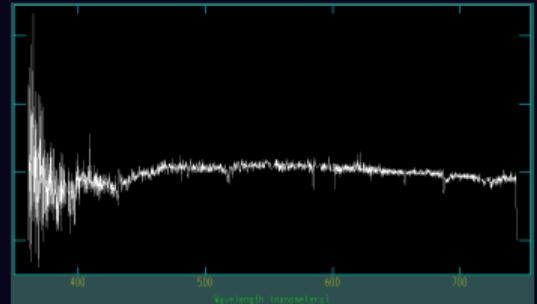


(e) Candidate 06

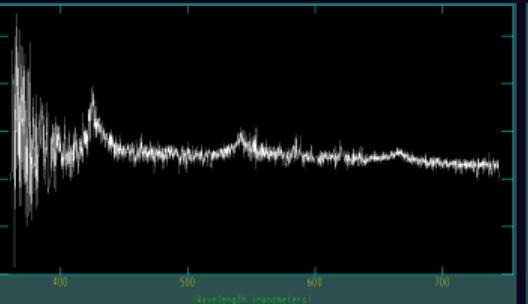


(f) Candidate 07

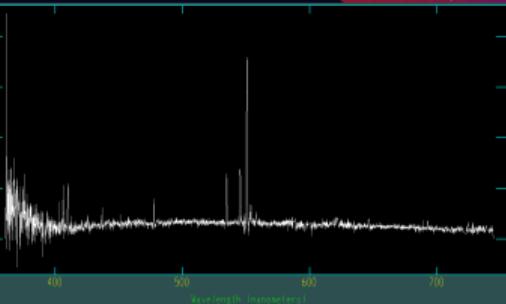
Observações espectroscópicas



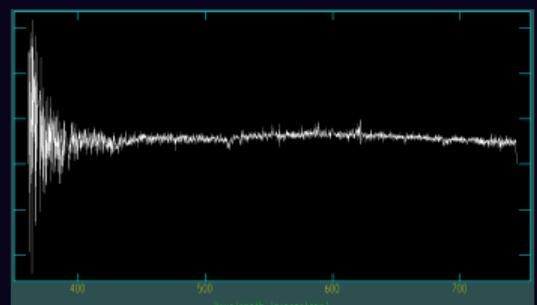
(a) Candidate 08



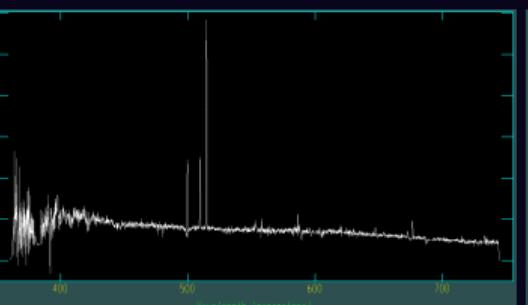
(b) Candidate 10



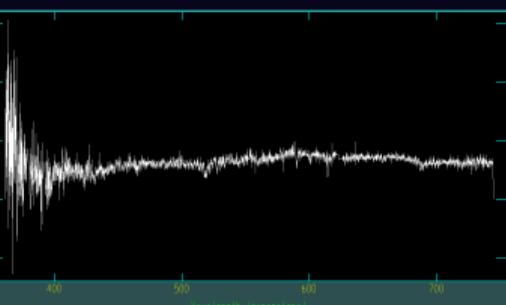
(c) Candidate 12



(d) Candidate 13

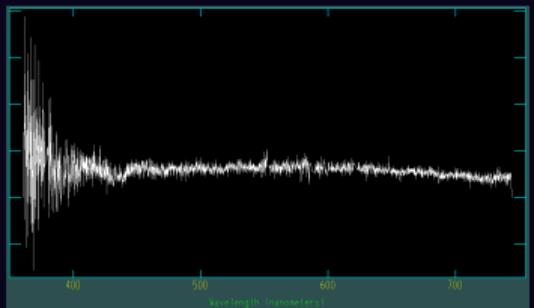


(e) Candidate 14

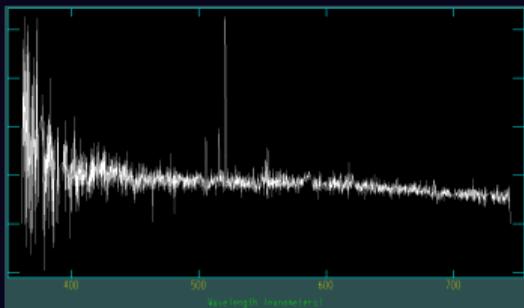


(f) Candidate 15

Observações espectroscópicas



(a) Candidate 16



(b) Candidate 18

Observações espectroscópicas

OBJ_{name}	z
UCG01	0.0005
UCG02	0.0004
UCG03	0.147
UCG05	0.02
UCG06	-0.0003
UCG07	-0.0003
UCG08	-0.0001
UCG10	2.48
UCG12	0.0995
UCG13	0.0004
UCG14	0.027
UCG15	0.0006
UCG16	0.0004
UCG18	0.039

Temos 9 classificados como estrelas (UCG01, UCG02, UCG06, UCG07, UCG08, UCG13, UCG15, UCG16), 1 como quasar (UCG10) e 5 como galáxias (UCG03, UCG05, UCG12, UCG14, UCG18). Das galáxias encontradas nessa amostra, nenhuma foi classificada como pertencente ao aglomerado de Fornax.

Objetos compactos com emissão

Objetos compactos com emissão

Seleção de objetos compactos com sinais de linhas de emissão

Identificação de objetos compactos azuis com evidências de linhas de emissão, como as Blue Compact Dwarf Galaxies (BCDs).

As linhas de emissão mais sensíveis ao filtro $J0660$ do S-PLUS são $H\alpha$ e [OIII].

A seleção foi realizada buscando objetos compactos com emissão em $H\alpha$ e/ou [OIII], utilizando o excesso de fluxo no filtro $J0660$ em relação aos filtros adjacentes.

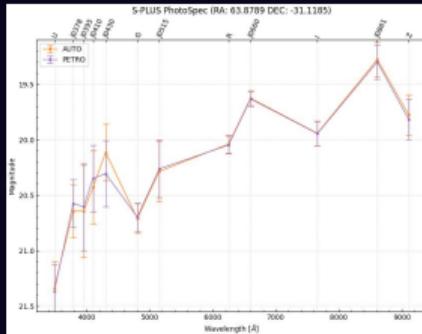
Seleção baseada em cor $H\alpha$

$$\text{Color}_{H\alpha} = J0660 - \frac{r+i}{2} \quad (2)$$

Objetos com $\text{Color}_{H\alpha}$ significativamente negativos indicam emissão em $H\alpha$.

Objetos compactos com emissão

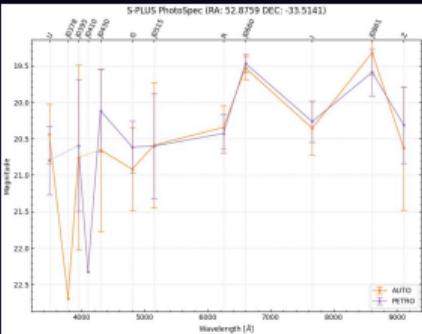
Seleção de objetos compactos com emissão



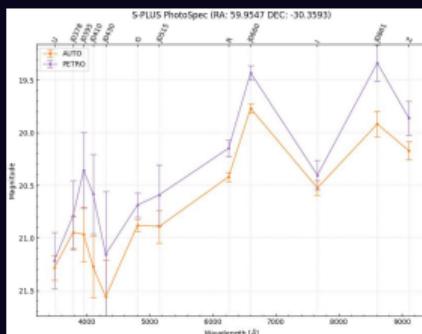
(a) Candidate_1



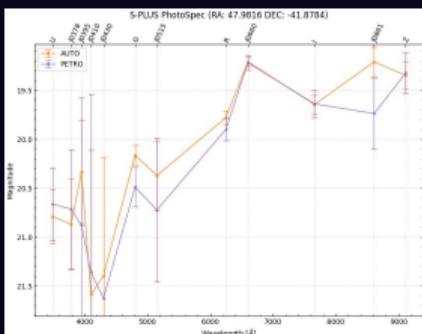
(b) Candidate_2



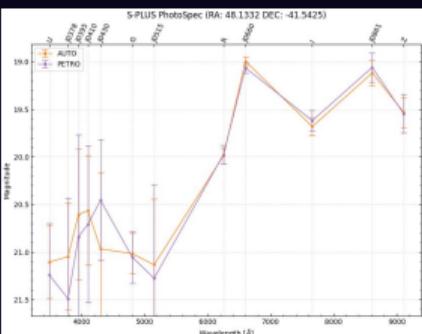
(c) Candidate_3



(d) Candidate_4

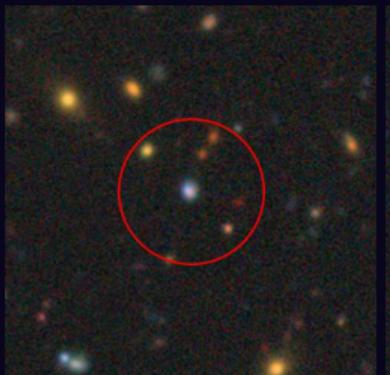


(e) Candidate_5

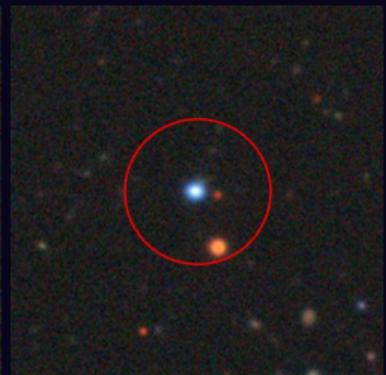


(f) Candidate_6

Objetos compactos com emissão



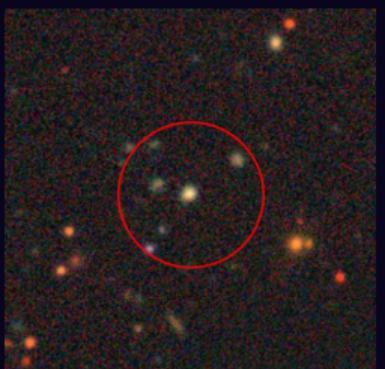
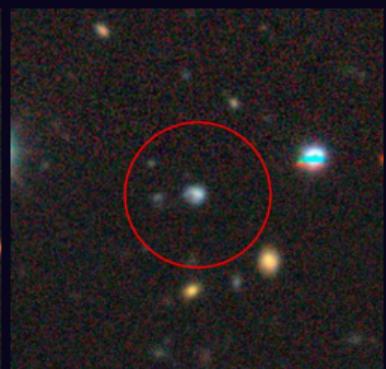
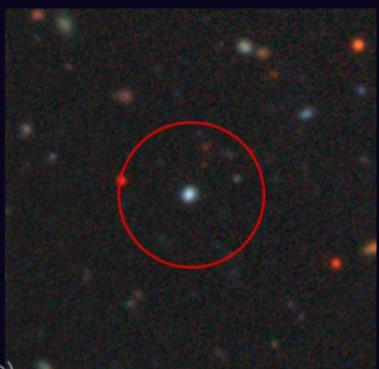
(a) Candidate_1



(b) Candidate_2



(c) Candidate_3

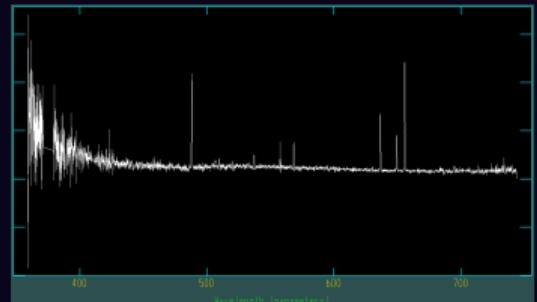


Observações espectroscópicas

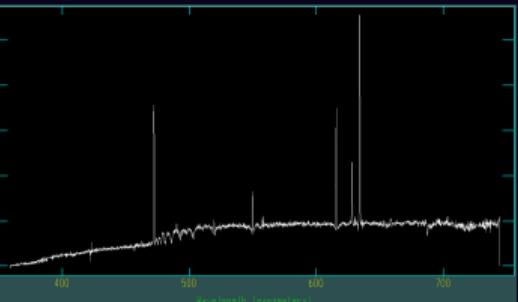
Observações com o Gemini Sul (Fast Turn Around Program)

- **Modo de Observação:** Fenda longa (*long-slit*).
- **Grating:** B600-G5323, com comprimento de onda central em 3 posições: $\lambda_c = 515 \text{ nm}$, $\lambda_c = 550 \text{ nm}$ e $\lambda_c = 585 \text{ nm}$.
- **Largura da Fenda:** 1".
- **Resolução Espectral:** $R \sim 570$, considerando a largura da fenda escolhida.
- **Intervalo Espectral:** 4000 Å a 7000 Å.
- **Condições de Observação:** IQ=85%, CC=70%, WV=ANY, SB=80%.
- **Razão Sinal-Ruído (S/N) Desejada:** Mínimo de 3 no espectro combinado no contínuo, suficiente para detectar o declive do contínuo azul e as principais linhas de absorção.
- **Número de Exposições:** Em cada comprimento de onda central, 1 exposição de 600 segundos cada, totalizando 3 exposições por objeto.

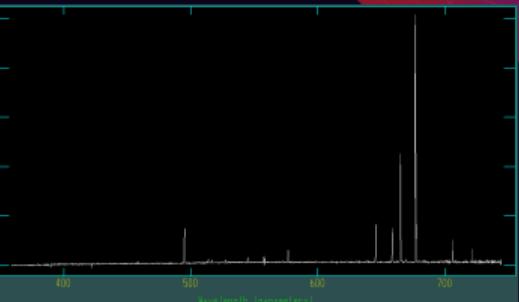
Observações espectroscópicas



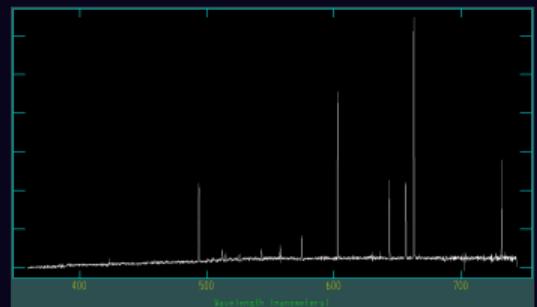
(a) Candidate 01



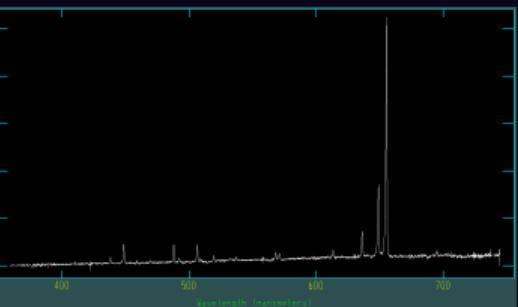
(b) Candidate 02



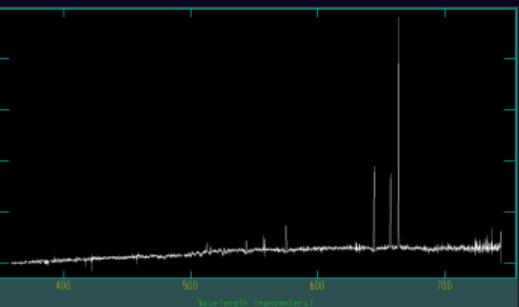
(c) Candidate 03



(d) Candidate 05



(e) Candidate 06



(f) Candidate 07

Resultados compact emission galaxies

OBJ_{name}	z
Candidate_1	0.309
Candidate_2	0.265
Candidate_3	0.327
Candidate_4	0.323
Candidate_5	0.308
Candidate_6	0.325

- Todos os objetos apresentam sinais de emissão bem definidos.
- Espectros mostram objetos azuis, com formação estelar recente e linhas de emissão intensas.
- Redshifts entre 0.265 e 0.327: objetos estão distantes do aglomerado de Fornax.
- Mesmo compactos, os objetos apresentam fortes linhas de emissão, indicando formação estelar recente.
- Método eficiente para encontrar galáxias compactas com emissão em $z \sim 0.3$.



Conclusões e perspectivas

Conclusões

Busca por UCDs em Fornax

- Busca sistemática por galáxias anãs ultra-compactas (UCDs) no aglomerado de Fornax, integrando:
 - ▶ Análises fotométricas e morfológicas
 - ▶ Aprendizado de máquina (Random Forest: AUC-ROC 0.97, MCC 0.84)
 - ▶ Observações espectroscópicas (Gemini Sul)
- Seleção de 14 novas candidatas principais a UCDs, com propriedades compatíveis com UCDs conhecidas.
- Candidatas apresentam distribuição espacial periférica.
- Metodologia eficaz e replicável para identificação de UCDs em outros levantamentos.

Objetos Compactos com Emissão

- Metodologia também eficiente para identificar galáxias compactas emissoras (possíveis BCDs).
- Inclusão de cortes envolvendo o filtro $J0660$ pode refinar futuras buscas.
- Estratégia baseada em aprendizado de máquina e critérios fotométricos/morfológicos mostrou-se robusta.

Perspectivas e próximos passos

- Solicitação de tempo de observação espectroscópica para confirmar a natureza das novas candidatas a UCDs.
- Observações futuras serão fundamentais para validar propriedades morfológicas e fotométricas, além de fornecer informações adicionais sobre composição e dinâmica.
- Metodologia pode ser aplicada e expandida para outros campos, levantamentos e aglomerados próximos (ex: Hydra).
- Explorar cenários de formação e evolução das UCDs em ambientes menos densos e incluir modelos que considerem crescimento contínuo e eventos de *infall* tardio.
- Busca por objetos compactos com emissão também mostrou-se promissora, podendo ser aplicada em regiões com redshift mais elevado.



Obrigado!