

Universidade de São Paulo
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
Departamento de Astronomia

Juliana Abboud

**Galáxias luminosas isoladas e suas galáxias
satélites
(Análise do catálogo S-PLUS)**

São Paulo

2020

Juliana Abboud

Galáxias luminosas isoladas e suas galáxias satélites (Análise do catálogo S-PLUS)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Departamento de Astronomia do Instituto
de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
da Universidade de São Paulo como requisito
parcial para a obtenção do título de Bacharel
em Astronomia.

Vertente: Pesquisa Básica

Orientador: Prof. Dr. Laerte Sodré (IAG/USP)

São Paulo

2020

aos meus pais.

Agradecimentos

À minha família Henri, Jon e Nina por todo o incentivo, compreensão e por acreditarem que seria possível;

Ao meu orientador Professor Laerte Sodré, que com sua dedicação, entusiasmo e paciência aceitou trabalhar comigo e colaborou com meu desenvolvimento como pesquisadora iniciante. É inspirador participar das reuniões, sempre saímos com muitas ideias. Agradeço também pelo incentivo para participarmos dos encontros, simpósios, workshops, congressos e grupos de estudos;

Aos Professores João Steiner, Jacques Lepine, Enos Picazzio, Walter Maciel, Zulema Abraham, Eduardo Janot, Roberto Costa, Tatiana Michtchenko, Rodrigo Nemmen, Paula Coelho, Alex Carciofi, Alessandro Ederoclite, em especial às professoras Jane Gregorio Hetem, por ter me ajudado em diversas situações do curso, e Vera Jatenco, por ter me aceitado como iniciante em pesquisa, e ao professor Ortiz por me incentivar a seguir vãos mais altos. Todos transmitem entusiasmo e demonstram quão rica é a pesquisa em Astronomia no Brasil;

Aos colegas André, Jorge, Breno, Luís, Lucas, Gabriel, Guilherme, Rafael, Catarina, Stela, Isabela entre outros que possibilitaram boas conversas durante os cursos que frequentamos. A Erik, Marcelo, Pablo, Vitor, Isabela e mais recentemente Daniel que compõem nosso grupo de pesquisa e que semanalmente possibilitam uma grande discussão científica, em especial ao Erik que sempre me ajudou com minhas dúvidas sobre os catálogos de dados.

Aos amigos Sandro e Edson por nossas longas conversas sobre ciências, pesquisa e afins e pelo incentivo e ajuda nos momentos mais complicados.

Aos Institutos de Física e de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas por ofere-

cerem diversos cursos possibilitando excelentes oportunidades para o aprendizado.

*“For me, it is far better to grasp the Universe as it really is than to persist in delusion,
however satisfying and reassuring.”*

Carl Sagan, The Demon-Haunted World : Science as a Candle in the Dark

“Tudo que existe no universo é fruto do acaso e da necessidade.”

Demócrito

Resumo

O objetivo deste trabalho é identificar galáxias satélites de Galáxias Luminosas Isoladas (GLIs) e estudar suas populações e propriedades. A população de galáxias satélites é um dos desafios do modelo cosmológico padrão, onde se espera uma abundância desses objetos significativamente maior do que se observa. Foram usados *redshifts* fotométricos e espectroscópicos dos catálogos S-PLUS e SDSS e obtida uma amostra de galáxias luminosas isoladas e de candidatas a galáxias satélites. São apresentados resultados em função da luminosidade, massa estelar e cor dos satélites, e da massa estelar e cor das GLIs.

Abstract

The objective of this work is to identify satellite galaxies from Isolated Luminous Galaxies (ILGs) and study their populations and properties. The population of satellite galaxies is one of the challenges of the standard cosmological model, in which a significantly greater abundance of objects of this type is expected compared to what can be observed. Photometric and spectroscopic redshifts from the S-PLUS and the SDSS catalogs were used, and a sample of isolated luminous galaxies was obtained, as well of a sample of satellite galaxies candidates. The results are presented as a function of the satellites' luminosity, stellar mass and color, and of the ILGs' stellar mass and color.

Lista de Figuras

1.1	Censo atual de galáxias satélites da Via Láctea	20
1.2	Subestrutura prevista pelo Λ -CDM	21
1.3	Cobertura do céu do S-PLUS	23
1.4	Sistema de Filtros do S-PLUS	24
2.1	Representação da distância diâmetro angular.	28
2.2	Fluxograma para obtenção das galáxias luminosas isoladas	30
2.3	Fluxograma para obtenção das candidatas a satélites	30
3.1	Galáxias luminosas isoladas obtidas com o S-PLUS	34
3.2	Galáxias luminosas isoladas obtidas com o <i>Legacy</i>	35
3.3	Galáxias luminosas isoladas obtidas com o SDSS	35
3.4	Histograma de M_R para as Galáxias luminosas Isoladas	36
3.5	Diagrama Cor-Magnitude para as Galáxias Luminosas Isoladas	37
3.6	Diagrama Cor-Massa para as Galáxias Luminosas Isoladas	38
3.7	Distribuição de Galáxias Luminosas Isoladas, Satélites Espectroscópicas e Fotométricas em relação à luminosidade	39
3.8	Histograma de Satélites Espectroscópicos em relação à luminosidade da Galáxia Luminosa Isolada	39
3.9	Histograma de Satélites Fotométricos em relação à luminosidade da Galáxia Luminosa Isolada	40
3.10	Função de Massa para os Satélites Espectroscópicos e Fotométricos em relação ao raio	41
A.1	Imagem das galáxias obtidas com o S-PLUS na banda R, galáxias de 1 a 24.	51

A.2	Imagem das galáxias obtidas com o S-PLUS na banda R, galáxias de 25 a 48.	52
A.3	Imagem das galáxias obtidas com o S-PLUS na banda R, galáxias de 49 a 74.	53
B.1	Janela do TOPCAT	65
B.2	Janela obtida com o programa TOPCAT	66
B.3	Table Browser	66
B.4	Imagem da Galáxia no programa SAOImageDS9	67
B.5	Imagem da Galáxia no programa SAOImageDS9 com ajuste <i>scale</i>	68

Lista de Tabelas

3.1	Catálogo de Galáxias Luminosas Isoladas	33
A.1	Catálogo Completo de Galáxias Luminosas Isoladas	49
A.2	Catálogo de Candidatas a Satélites Espectroscópicos	54
A.3	Catálogo de Candidatas a Satélites Fotométricos	60
A.4	Tempo de Execução do Algoritmo	63

Sumário

1. Introdução	19
1.1 O Problema dos Satélites no Λ -CDM	19
1.2 Características das Galáxias	22
1.2.1 Galáxias Luminosas Isoladas	22
1.2.2 Galáxias Satélites	22
1.3 <i>Southern Photometric Local Universe Survey</i> (S-PLUS)	23
1.3.1 <i>Redshifts</i> Fotométricos	24
2. Base de dados	27
2.1 Construção do Catálogo de Galáxias Luminosas Isoladas	27
2.1.1 Construção do Catálogo de Candidatas a Galáxias Satélites	29
3. Análise	33
3.1 Propriedade Físicas	36
3.1.1 Diagrama Cor-Magnitude	37
3.1.2 Diagrama Cor - Massa	37
3.1.3 Propriedades das Galáxias Satélites	38
4. Conclusões	43
Referências	45
Apêndice	47
A. Catálogo das Galáxias	49

A.1	Galáxias Luminosas Isoladas	49
A.2	Imagens das Galáxias Luminosas Isoladas Obtidas com o S-PLUS	51
A.3	Satélites Espectroscópicas	54
A.4	Satélites Fotométricas	60
A.5	Testes Execução do Algoritmo	63
B.	<i>Tutorial para extração de imagens do S-PLUS</i>	65

Introdução

O modelo cosmológico padrão Λ -Cold Dark Matter (Λ -CDM) prevê que a estrutura das galáxias se forma de maneira hierárquica. Os primeiros objetos a entrarem em colapso e a virializarem em alto *redshift* são pequenos halos de matéria escura que mais tarde se fundem para formar objetos maiores. Identificar galáxias próximas com pouca massa é um objetivo contínuo da astronomia extragaláctica. Um censo completo destes objetos é necessário para testar as teorias de formação de estruturas nas menores escalas. Estudos observacionais de populações de satélites fornecem uma visão mais ampla, indicando como as propriedades da galáxia central se relacionam com a massa do halo, e como essas propriedades são modificadas quando um halo cai em um sistema maior (Tollerud et al. 2011; Wang et al. 2014; Guo et al. 2018; Carlsten et al. 2019).

O modelo Λ -CDM é testado continuamente e mostra estar de acordo com observações de estrutura de grande escala, fornece uma base convincente para a teoria da formação de galáxias, incluindo suas contagens, agrupamento, cores, morfologias e evolução ao longo do tempo (Bullock & Boylan-Kolchin 2017). Entretanto, há uma discrepância entre as observações abaixo da escala de ~ 1 Mpc e as previsões do modelo, denominado Problema dos Satélites.

1.1 O Problema dos Satélites no Λ -CDM

O Problema dos Satélites no modelo Λ -CDM refere-se à discordância entre a previsão teórica acerca da quantidade de pequenos halos de matéria escura fria e a quantidade destes halos efetivamente detectada. De acordo com a previsão teórica, as altas densidades centrais dos pequenos halos de matéria escura fria possibilitam a muitos destes halos, na

eventualidade de uma fusão com grandes halos, resistirem às forças de maré características de tais processos de fusão sem serem completamente destruídos. Por efeito das interações gravitacionais entre os progenitores do sistema nascente, ambos os halos perdem massa. Porém, de acordo com a previsão, esta perda não deveria ser suficiente para obliterar os pequenos halos. Estes deveriam sobreviver ao processo na forma de estruturas ligadas que, contudo, não puderam ainda ser detectadas na quantidade prevista pelo modelo teórico (Bullock 2010).

Grupos de galáxias são conjuntos pouco numerosos, tipicamente contendo cinquenta ou menos elementos, cujos membros são gravitacionalmente ligados. A Via Láctea, assim como Andrômeda, pertence a um grupo denominado Grupo Local, do qual também fazem parte galáxias menores, chamadas galáxias satélites, de baixo brilho superficial, como, por exemplo, a galáxia Draco, com $M_{\star} \approx 10^5 M_{\odot}$. O diâmetro do Grupo Local é de aproximadamente 1 Mpc e ele contém mais de 50 galáxias conhecidas como mostra a Figura 1.1 (Bullock & Boylan-Kolchin 2017)¹.

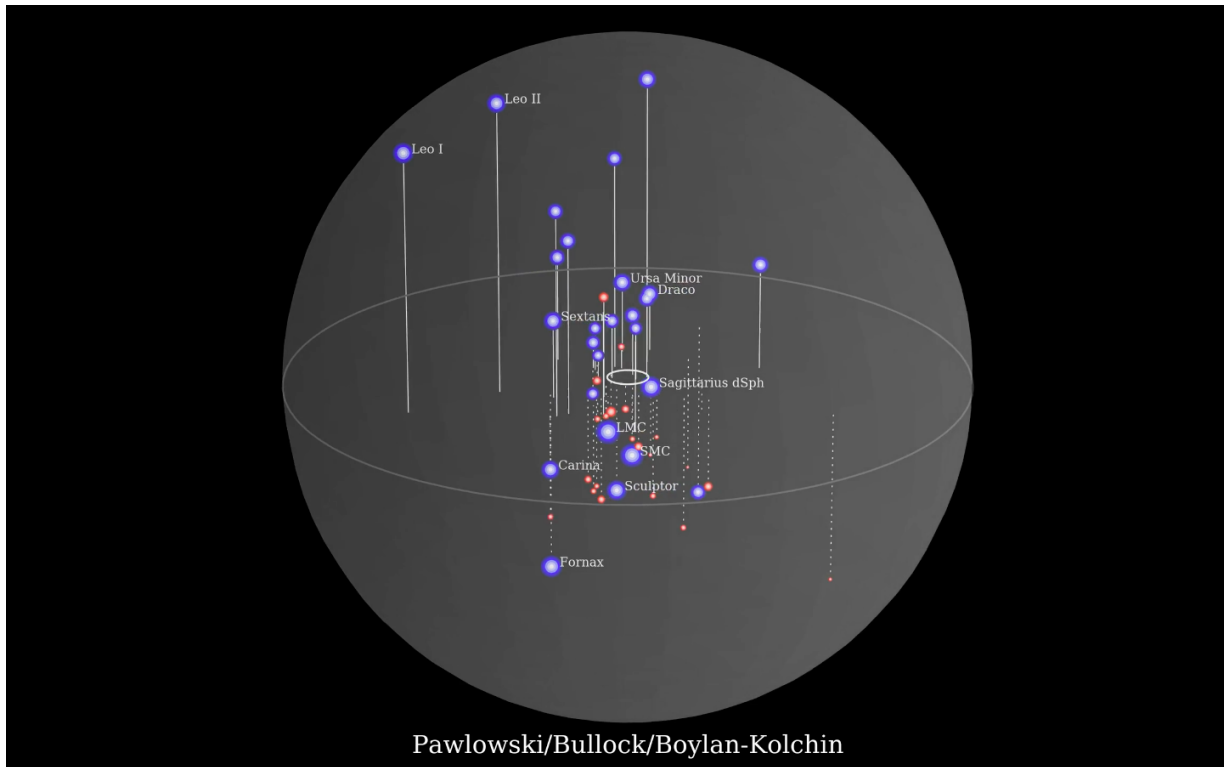


Figura 1.1: Censo atual de galáxias satélites da Via Láctea (Bullock & Boylan-Kolchin 2017).
Abreviações: LMC, Grande Nuvem de Magalhães; SMC, Pequena Nuvem de Magalhães.

¹ Link com a animação: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/doi.multimedia.2017.08.16.436/abs/>

Sabe-se que, no modelo Λ -CDM, a quantidade de halos de matéria escura fria prevista para o Grupo Local é dez vezes maior do que a quantidade de galáxias satélites que deste grupo fazem parte (Grebel 2000), como mostra a Figura 1.2. Assim, é possível estimar, por exemplo, a existência de mais de cem galáxias satélites dentro do halo da Via Láctea, em regiões do mesmo ainda não exploradas (Bullock 2010).

Destacam-se, dentre as muitas soluções propostas para o problema dos satélites, a possibilidade de os diminutos halos de matéria escura fria serem talvez quase que totalmente ineficientes na formação de estrelas, a possibilidade de as subestruturas presentes nos halos galácticos conterem poucos bárions passíveis de observação e a possibilidade de algumas das galáxias satélites estarem ligadas a nuvens de alta velocidade. E ainda é possível que o modelo Λ -CDM necessite de ajustes (Moore et al. 1999; Bullock 2010).

Os principais desafios são reproduzir o número, a estrutura, a luminosidade e a distribuição de galáxias satélites anãs fracas em torno de seus hospedeiros maiores, assim como medir com precisão suas massas e estrutura de densidade (Bullock & Boylan-Kolchin 2017).

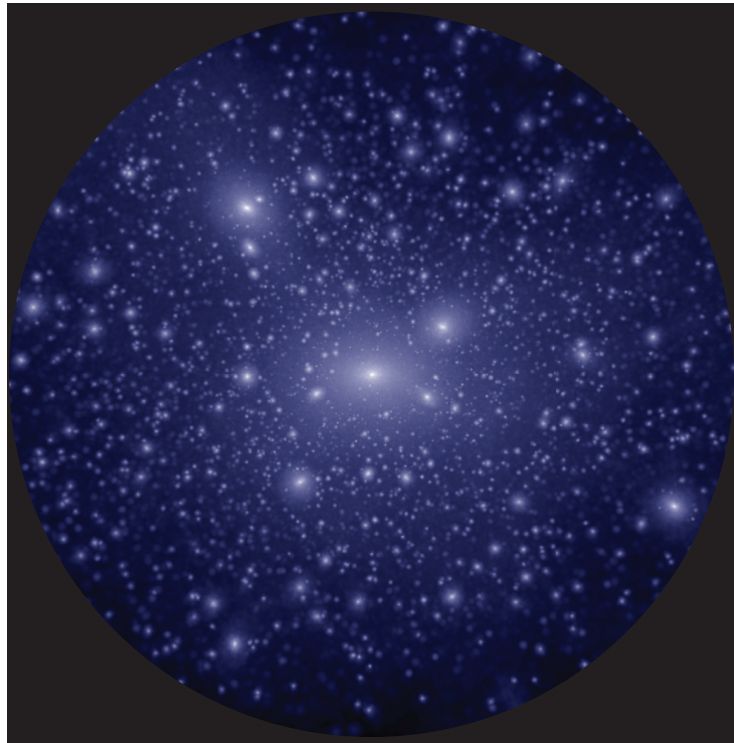


Figura 1.2: Subestrutura prevista pelo λ -CDM. Distribuição de matéria escura do λ -CDM dentro de uma esfera de raio de 250 kpc em torno do centro de um halo de matéria escura do tamanho da Via Láctea (simulação de V. Robles e T. Kelley) (Veja Bullock & Boylan-Kolchin 2017, Figura 7).

1.2 Características das Galáxias

As galáxias luminosas podem ser caracterizadas pelas propriedades estruturais observadas, dentre elas as medidas de distância utilizando flutuações de brilho superficial, magnitude da banda-V (M_V), dispersões de velocidade estelar e proporções dinâmicas massa-luz. As galáxias mais luminosas do Grupo Local são a Via Láctea e M31 com $M_V \lesssim -21$ mag (Grebel 2000). Há trabalhos que usam o termo galáxia central (Wang et al. 2020), galáxia primária (Guo et al. 2018) ou galáxia hospedeira (Lacerna et al. 2018). A Via Láctea possui $M_\star \approx 6 \times 10^{10} M_\odot$ (Licquia & Newman 2015).

1.2.1 Galáxias Luminosas Isoladas

Para identificar galáxias satélites de brilho superficial fraco, convém buscar por aquelas que orbitam galáxias luminosas isoladas, pois assim são possivelmente menos afetadas por seu ambiente, como por forças de maré entre galáxias vizinhas (Guo 2013). O espaçamento típico entre galáxias é de ~ 1 Mpc (Bullock 2017). Consideramos para os fins deste trabalho a constante de Hubble: $H_0 = 70 \text{ kms}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ (Guo et al. 2015; Alpaslan & Tinker 2019) e que galáxias luminosas isoladas são aquelas que não possuem vizinhas com magnitude absoluta < -19.5 mag.

1.2.2 Galáxias Satélites

Há cerca de 10 galáxias satélites consideradas como satélites clássicos em torno da Via Láctea (Carlsten et al. 2020). Estes objetos também são denominados Galáxias Anãs Clássicas, definidos por $M_\star \approx 10^{5-7} M_\odot$ (Bullock & Boylan-Kolchin 2017). Se considerarmos também as galáxias satélites ultra fracas temos aproximadamente 50 objetos deste tipo, ou seja, $M_\star \approx 10^{2-5} M_\odot$ (Bullock & Boylan-Kolchin 2017). O senso observacional destas galáxias é incompleto devido ao brilho fraco e ao tamanho destes objetos. As distâncias em que as satélites orbitam as hospedeiras são de ~ 150 kpc (Carlsten et al. 2019). Os processos físicos que impulsionam a evolução da galáxia têm fortes efeitos nos satélites. Por exemplo, suas cores são afetadas pelo esvaziamento dos reservatórios de gás que alimentam a formação estelar, e tanto os processos gravitacionais quanto os hidrodinâmicos podem modificar sua estrutura, alterando sua morfologia e interrompendo-as parcial ou totalmente (Wang & White 2012).

1.3 Southern Photometric Local Universe Survey (S-PLUS)

Liderado pelo Brasil, o *Southern Photometric Local Universe Survey*² (S-PLUS) é um projeto concebido com a finalidade de imagear 9300 graus quadrados da esfera celeste, em doze bandas ópticas, por meio de um telescópio robótico de 0.8 m, denominado T80-South (T80S).

É composto por dois campos, não-contíguos, em altas latitudes galácticas que, juntos, englobam uma área de 8000 graus quadrados e por dois outros campos, um que inclui o Plano Galáctico e outro que cobre o Bojo Galáctico, que abrangem uma área de 1300 graus quadrados. A cobertura do céu é mostrada na Figura 1.3, onde a região destacada em magenta é a área da *Stripe* 82 (S82) contida no *Data Release* 1 (DR1).

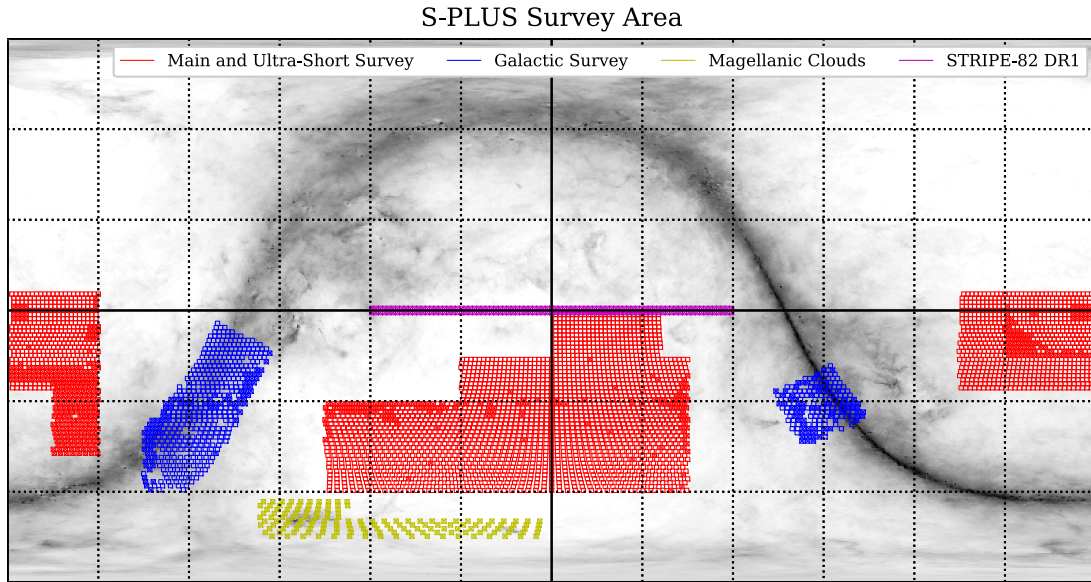


Figura 1.3: Cobertura do céu que será estudada pelo S-PLUS, sobre-plotadas no mapa de extinção de Schlegel et al. (1998) em projeção cartesiana. Os quadrados vermelhos mostram as pesquisas principal e ultracurta, que compartilham a mesma área. Os azuis mostram os campos galácticos. Os amarelos destacam a área das Nuvens de Magalhães, que estão incluídas no Levantamento Principal. Em magenta está a área da S82 contida no DR1. (Mendes de Oliveira et al. 2019, Figura 8.)

O S-PLUS faz uso do sistema de magnitudes Javalambre, com 12 bandas, que inclui filtros de banda larga *ugriz* e sete filtros de banda estreita centrados em proeminentes características espectrais como, por exemplo, o [OII], o Ca H+K, a linha H δ , a banda G, o tripleto Mgb, a linha H α e o tripleto Ca. A Figura 1.4 apresenta as curvas de transmissão de todos os filtros do sistema fotométrico do S-PLUS (Mendes de Oliveira et al. 2019).

² <http://www.splus.iag.usp.br/>

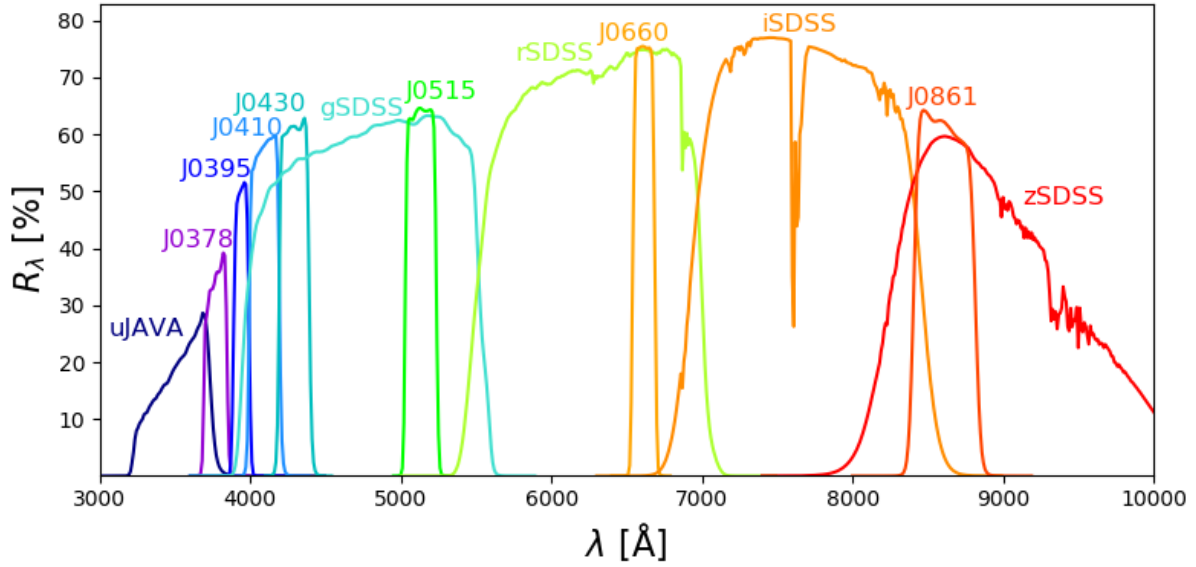


Figura 1.4: Sistema de Filtros do S-PLUS (Mendes de Oliveira et al. 2019, Figura 6).

1.3.1 Redshifts Fotométricos

Uma vez medido o fluxo de um objeto astronômico em filtros de banda larga e estreita, é possível obter amostragens esparsas da *Spectral Energy Distribution* (SED) que, via de regra, são suficientes para aplicar *constraints* à forma do contínuo, para definir a natureza extra-galáctica das fontes e para estimar *redshift* com base em características como, por exemplo, a descontinuidade de Lyman, a descontinuidade de Balmer, fortes linhas de emissão e fortes linhas de absorção. Tal estimativa de distância a partir da fotometria do objeto é denominada *redshift* fotométrico (RF).

A principal vantagem do uso do RF é a exequibilidade da medição de distâncias para todas as fontes identificadas em um dado levantamento. Em contrapartida, a precisão dos valores de RF obtidos é menor, a saber, de dez a cem vezes, que a precisão dos valores de *redshift* mensurados, por exemplo, por meio do uso de um espectrógrafo de baixa resolução.

Por conta da baixa precisão, estudos que têm por base o uso de RF devem, forçosamente, dispor de acuradas avaliações da performance do *redshift*. Tal performance, por sua vez, depende de propriedades da imagem como, por exemplo, profundidade, cobertura de comprimento de onda e dos objetos, a saber, galáxias, *Active Galactic Nucleus* ou estrelas detectados na imagem. Avaliar a performance do *redshift* requer, dentre outras indispensabilidades, amostras espectroscópicas representativas e de boa qualidade, o que atesta a

complementaridade de levantamentos espectroscópicos e fotométricos.

Base de dados

2.1 Construção do Catálogo de Galáxias Luminosas Isoladas

Implementamos um programa, em linguagem Python, para análise do catálogo de dados da região S82, com o objetivo de encontrar candidatas a galáxias luminosas isoladas e suas possíveis satélites.

O catálogo analisado possui cerca de três milhões de objetos, com 139 parâmetros provenientes do S-PLUS e um parâmetro, o *redshift* espectroscópico, proveniente dos dados do *Sloan Digital Sky Survey*¹ (SDSS), totalizando 140 parâmetros.

Para o estudo em questão foram analisados os seguintes parâmetros: ascensão reta (RA), declinação (DEC), magnitude aparente (r_{petro}), *redshift* espectroscópico (z_{spec}), *redshift* fotométrico (PhotoZ) e classe (Class_S). O parâmetro classe é a classificação do objeto em estrela, galáxia e quasar. Na região da S82 encontram-se 1078410 galáxias, 1921578 estrelas e 9743 quasares. Foram adotados os seguintes critérios de seleção:

- magnitude aparente, $r_{\text{petro}} < 20$
- magnitude absoluta, $M_{\text{luminosa,R}} < -20.5$
- ausência de vizinhos de $M_{\text{satelite,R}} < -19.5$ dentro de um raio projetado $r_{\text{max}} = 1 \text{ Mpc}$
- intervalo de *redshift* espectroscópico, $z_{\text{spec}} = 0.0342$ (Tollerud et al. 2011)

Adotou-se o modelo cosmológico padrão: Λ -CDM, com os seguintes parâmetros (Hogg 2000):

- Constante de Hubble: $H_0 = 70 \text{ kms}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$;

¹ <http://skyserver.sdss.org>

- Densidade da matéria: $\Omega_m = 0.3$;
- Densidade da Energia Escura: $\Omega_\Lambda = 0.7$;
- Curvatura do espaço: $\Omega_k = 0$

O ângulo entre a linha de visão em relação à galáxia e o raio projetado foi obtido pela distância diâmetro angular por meio da relação trigonométrica:

$$\theta = \frac{r}{D} \quad (2.1)$$

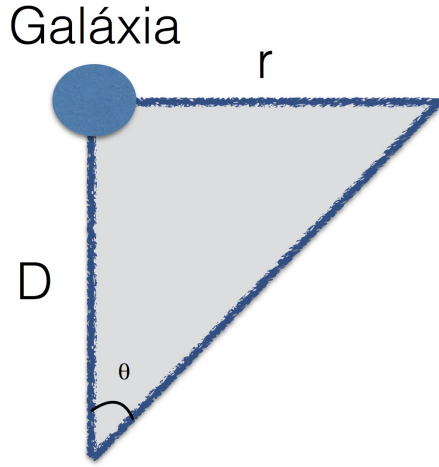


Figura 2.1: Representação da distância diâmetro angular.

Na Figura 2.1, D é a distância diâmetro angular (D_A) (Hogg 2000) até as galáxias procuradas dentro do raio projetado e é obtida pela relação:

$$D_A = \frac{D_M}{1 + z} \quad (2.2)$$

D_M é a distância comóvel transversa e z o *redshift*. D_M é relacionada à linha de visada da distância comóvel total (D_C) da seguinte forma:

$$D_M = \begin{cases} D_H \frac{1}{\sqrt{\Omega_k}} \sinh \left[\sqrt{\Omega_k} \frac{D_C}{D_H} \right] & \text{para } \Omega_k > 0 \\ D_C & \Omega_k = 0 \\ D_H \frac{1}{\sqrt{|\Omega_k|}} \sin \left[\sqrt{|\Omega_k|} \frac{D_C}{D_H} \right] & \text{para } \Omega_k < 0 \end{cases} \quad (2.3)$$

A distância comóvel total até um objeto distante é calculada integrando as contribuições δD_C infinitesimais entre eventos próximos ao longo do raio radial de $z = 0$ para o objeto. Neste trabalho $D_M = D_C$, pois $\Omega_k = 0$. Define-se a função:

$$E(z) \equiv \sqrt{\Omega_m(1+z)^3 + \Omega_k(1+z)^2 + \Omega_\Lambda} \quad (2.4)$$

A distância comóvel total é dada por:

$$D_C = D_H \int_0^z \frac{dz'}{E(z')}, \quad (2.5)$$

e D_H é a distância de Hubble definida por:

$$D_H \equiv \frac{c}{H_0} = 3000h^{-1}\text{Mpc} = 9.26 \times 1025h^{-1}\text{m}. \quad (2.6)$$

A distância luminosidade está relacionada à distância comóvel transversal e à distância do diâmetro angular, sendo definida por:

$$D_L = (1+z)^2 D_A \quad (2.7)$$

Utilizamos a *Cosmology Calculator* (Wright 2006) para a padronização do Algoritmo. Para obter a magnitude absoluta na banda-R utilizamos a equação:

$$M_R = r_{\text{petro}} - 5\log_{10}(D_L - 25) \quad (2.8)$$

Estes critérios de seleção estão resumidos no fluxograma mostrado na Figura 2.2 para a identificação e obtenção das galáxias luminosas isoladas.

2.1.1 Construção do Catálogo de Candidatas a Galáxias Satélites

Para identificar as possíveis galáxias satélites calculamos M_R por meio da Equação 2.8 utilizando:

- z_{spec} , para obtenção dos Satélites Espectroscópicos,
- PhotoZ, para obtenção dos Satélites Fotométricos.

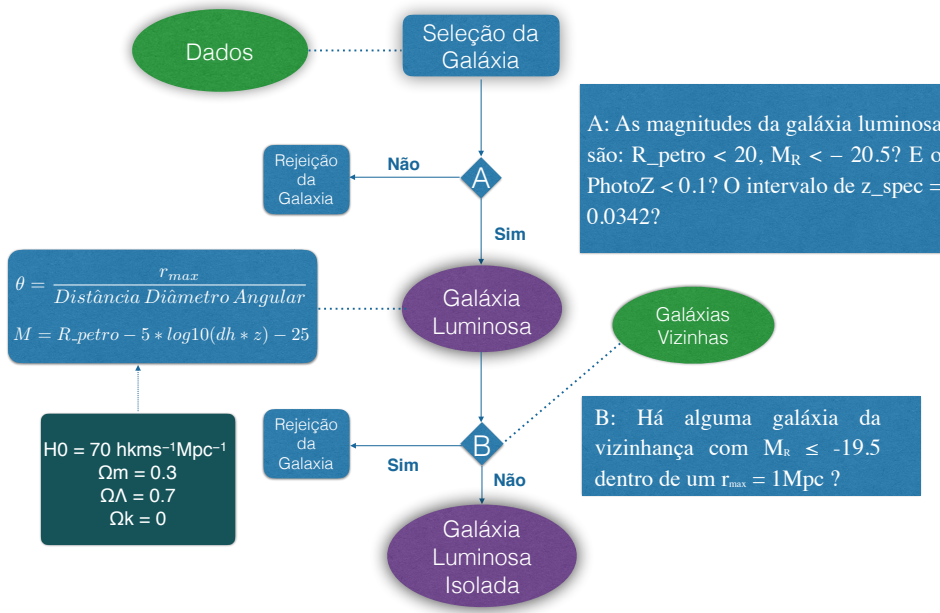


Figura 2.2: Fluxograma com os critérios de seleção para galáxia luminosa isolada.

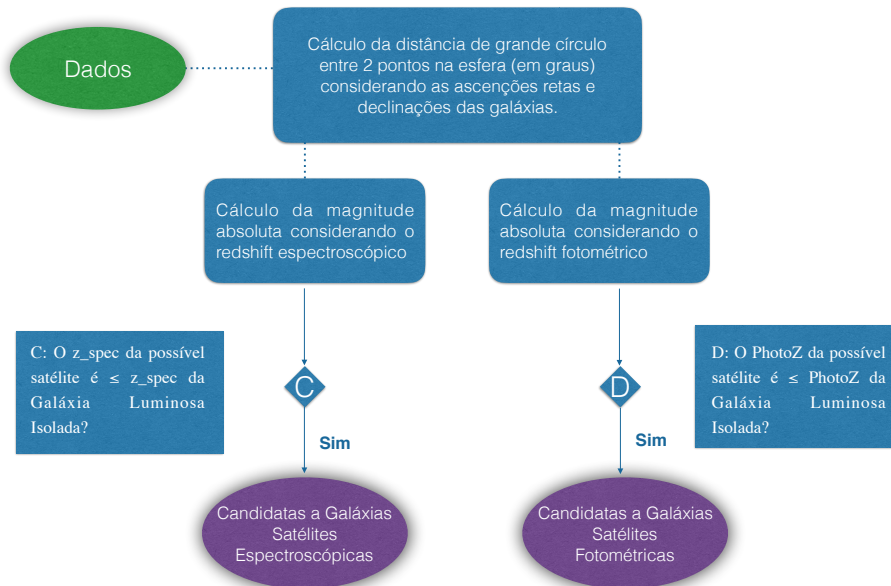


Figura 2.3: Fluxograma com os critérios de seleção para candidatas a satélites espectroscópicas e fotométricas das galáxias luminosas isoladas.

Comparamos a magnitude absoluta obtida com M_R da galáxia luminosa isolada e verificamos a distância até a candidata a satélite. Estes critérios estão resumidos no fluxograma da Figura 2.3. Consideramos a distância até 250 kpc da galáxia luminosa isolada. Durante a realização deste trabalho houve modificações no catálogo do S-PLUS utilizado que permitiram melhorias no algoritmo. No Apêndice A, Seção A.5 são apresentados alguns dos testes realizados com a manipulação dos catálogos e modificações no algoritmo em relação ao tempo de execução, fator condicionante para a elaboração deste trabalho.

Análise

A partir dos critérios adotados selecionamos 74 Galáxias Luminosas Isoladas (GLIs) por meio do programa, com raio projetado 1 Mpc. Em destaque na Tabela 3.1 são apresentadas 8 galáxias com os seguintes parâmetros destacados: identificador (ID), Nome, ascensão reta (RA°), declinação (DEC°), magnitude aparente (r_{petro}), raio em graus (r_{deg}), *redshift* espectroscópico (z_{spec}), *redshift* fotométrico (PhotoZ), magnitude absoluta na banda-R (M_R), magnitude absoluta na banda-R ($M_{R\text{photo}}$) calculada com *redshift* fotométrico, número de galáxias satélites (N_{sat}) espectroscópicas (spec) e fotométricas (photo), e classificação morfológica (Morfológia). Os dados completos estão no Apêndice A na Seção A.1.

Tabela 3.1 - Catálogo de Galáxias Luminosas Isoladas.

ID	Nome	RA°	DEC°	r_{petro}	r_{deg}	z		M_R		N_{sat}		Morfológia
						spec	photo	spec	photo	spec	photo	
1	CGCG389-062	45.4350	-0.5927	14.56	0.441	0.032	0.042	-21.14	-21.77	3	4	S
2	UGC2292	42.2163	0.9895	13.17	0.495	0.028	0.045	-22.26	-23.31	4	1	SAa
3	CGCG376-027	325.9638	-0.3214	14.39	0.517	0.027	0.042	-20.95	-21.97	1	0	E0
4	UGC12810	357.7761	1.0567	13.42	0.512	0.027	0.040	-21.94	-22.82	3	0	SAB(r)bc
5	CGCG388-020	37.0404	0.7991	13.77	0.551	0.025	0.033	-21.42	-22.01	6	4	S0
6	MCG+00-53-008	313.0933	0.0756	13.56	0.459	0.030	0.044	-22.05	-22.90	5	1	Sa
7	NGC7428	344.3314	-1.0490	12.41	1.319	0.010	0.054	-20.83	-24.50	4	1	SAB(r)a
8	UGC01794	34.9214	-0.2557	13.97	0.536	0.026	0.037	-21.28	-22.07	4	3	SAB(s)b

O nome das galáxias e a morfologia foram identificados por meio da checagem do classificadores *Name* e *Morfology* dos dados obtidos do SDSS, do *NASA/IPAC Extragalactic*

Database (NED)¹ e do *GalaxyZoo*² a partir dos parâmetros RA e DEC de cada candidata. Foram checados estes dois parâmetros em cada um destes catálogos para cruzar as informações destas duas categorias e verificar inconsistências.

Foram obtidas as imagens das galáxias por meio do S-PLUS³. A Figura 3.1 representa as GLIs destacadas na Tabela 3.1. As imagens de todo o catálogo de isoladas estão no Apêndice A, Seção A.2. Fez-se um tratamento em todas as imagens, ainda assim, 19 foram representadas por um quadrado preto pois não foi possível obter uma resolução adequada. Mantivemos esta representação para respeitar a sequência estabelecida na Tabela 3.1.

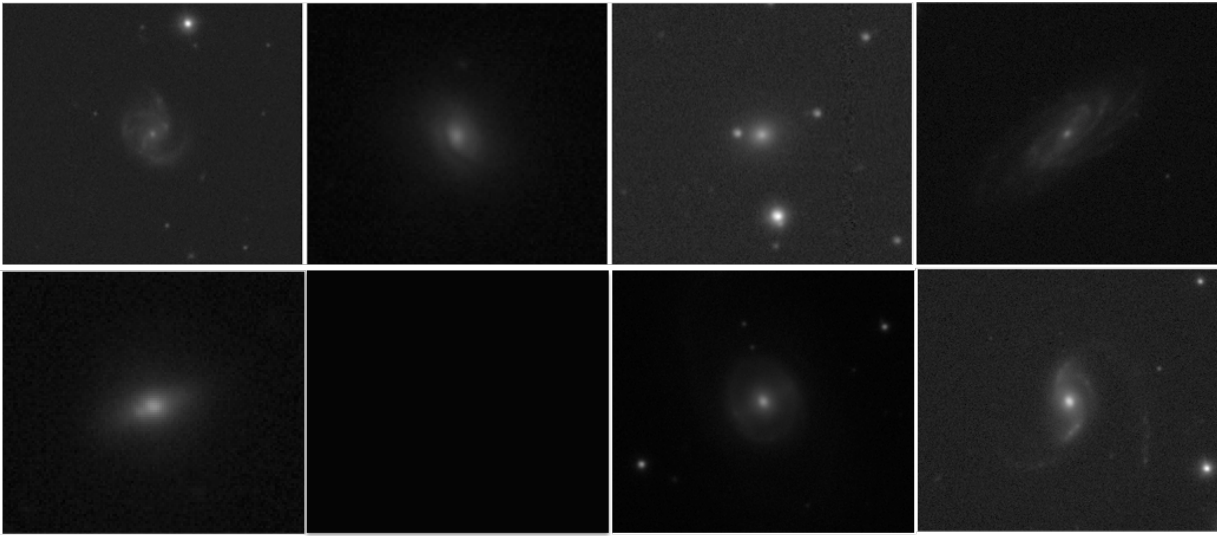


Figura 3.1: Imagem de 8 galáxias luminosas isoladas obtidas com o S-PLUS na banda R. No topo, da esquerda para a direita, galáxias 1 a 4, abaixo da esquerda para a direita, galáxias 5 a 8 da Tabela 3.1.

Obtivemos também as imagens por meio do *Legacy Survey*⁴, Figura 3.2, e da base de dados do *Object Explorer* do SDSS⁵, Figura 3.3. No catálogo que geramos, dos 74 objetos, há 64 galáxias com classificação morfológica e 10 sem definição, sendo:

- 74.3% galáxias espirais;
- 12.2% galáxias elípticas.

¹ <https://ned.ipac.caltech.edu>

² <http://zoo1.galaxyzoo.org>

³ Para descrever o procedimento de obtenção das imagens, foi criado um tutorial que se encontra no Apêndice B utilizando os *softwares*: *TOPCAT* e *SAOImageDS9*.

⁴ <https://www.legacysurvey.org/viewer>

⁵ <http://skyserver.sdss.org/dr16/en/tools/chart/listinfo.aspx>

Assim, há concordância com trabalhos que envolvem galáxias isoladas, ou seja, ao selecionar um grupo de galáxias deste tipo espera-se que o ambiente de detecção influencie a morfologia do objeto. Em geral, as elípticas são mais comumente encontradas em ambientes densos, como aglomerados e grupos (Mohamed 2007). Comparamos com o catálogo de isoladas de Mohamed (2007) entretanto não há objetos em comum nas duas listas. Foram identificadas 11 galáxias NGC.

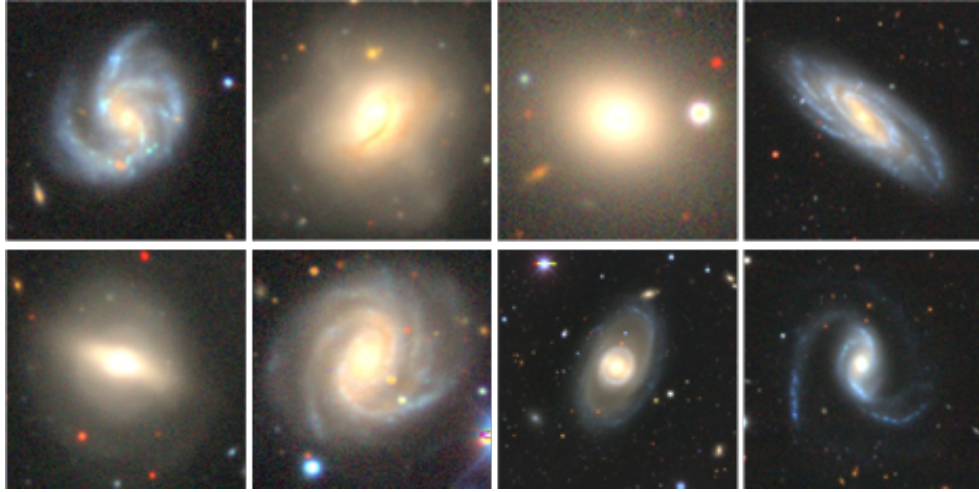


Figura 3.2: Imagem obtida com o *Legacy* de 8 galáxias luminosas isoladas descritas na Figura 3.1.

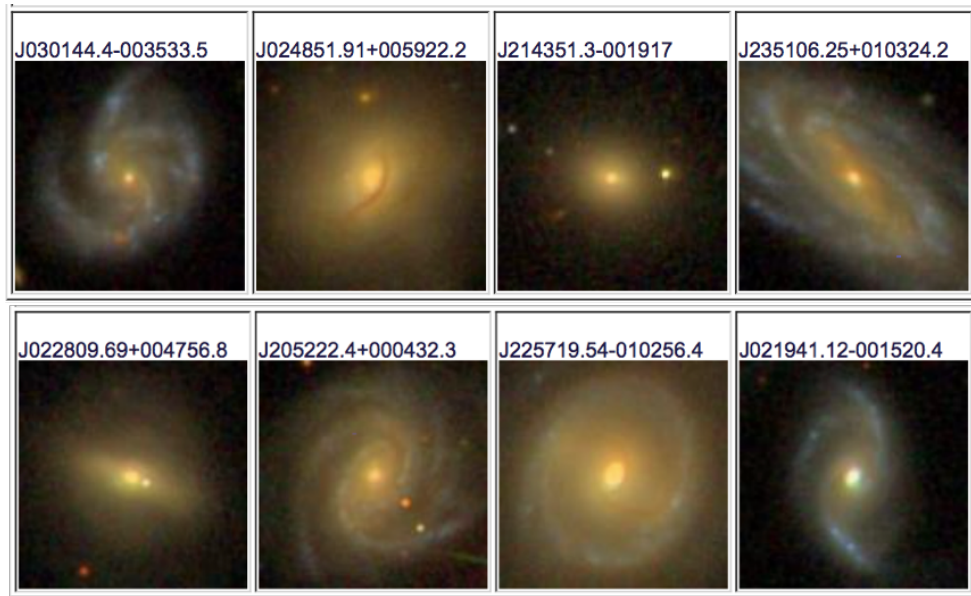


Figura 3.3: Imagem obtida com o SDSS de 8 galáxias luminosas isoladas descritas na Figura 3.1.

Verificamos que em relação ao número de candidatas a satélites há:

- 61 GLIs que apresentam satélites espectroscópicos, com média de 4.16 sat/galáxia;
- 54 GLIs que apresentam satélites fotométricos, com média de 2.80 sat/galáxia.

Obtivemos 254 possíveis satélites espectroscópicas e 151 fotométricas. Apresentamos os dados no Apêndice A, Seções A.3 e A.4.

3.1 Propriedade Físicas

Dentre as propriedades físicas estudadas iniciamos pela análise da magnitude absoluta na banda-R, M_R , calculada pela Equação 2.8. No histograma da Figura 3.4, a mediana da amostra é aproximadamente o valor de M_R de galáxias como a Via Láctea (VL), $M_{R,VL} = -21.0$ (Licquia et al. 2015). Constatamos que 67% das GLIs do nosso catálogo estão entre $-21.5 < M_R < -20.7$ indicando que os objetos do catálogo são parecidos com galáxias tipo a VL.

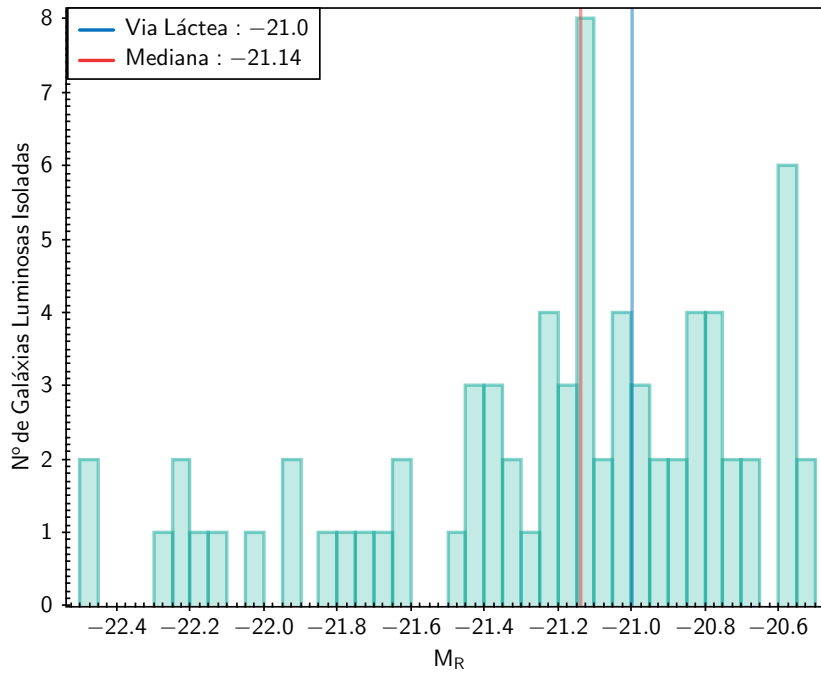


Figura 3.4: Magnitude absoluta na banda-R das Galáxias Isoladas. A linha azul em destaque representa a $M_{R,VL}$. A linha vermelha representa a mediana de M_R das GLI's.

3.1.1 Diagrama Cor-Magnitude

Usamos a Equação 3.1 (Lacerna et al. 2018) para transformar cores do catálogo para $B - R$.

$$B - R = (g - i) + 0.44 \quad (3.1)$$

Em geral, há uma tendência de que as galáxias fiquem mais vermelhas à medida que sua luminosidade aumenta (Lacerna et al. 2018). As GLIs do catálogo concentram-se entre $1.3 < (B - R) < 1.8$, como mostra o diagrama cor-magnitude na Figura 3.5, com mediana igual a 1.571.

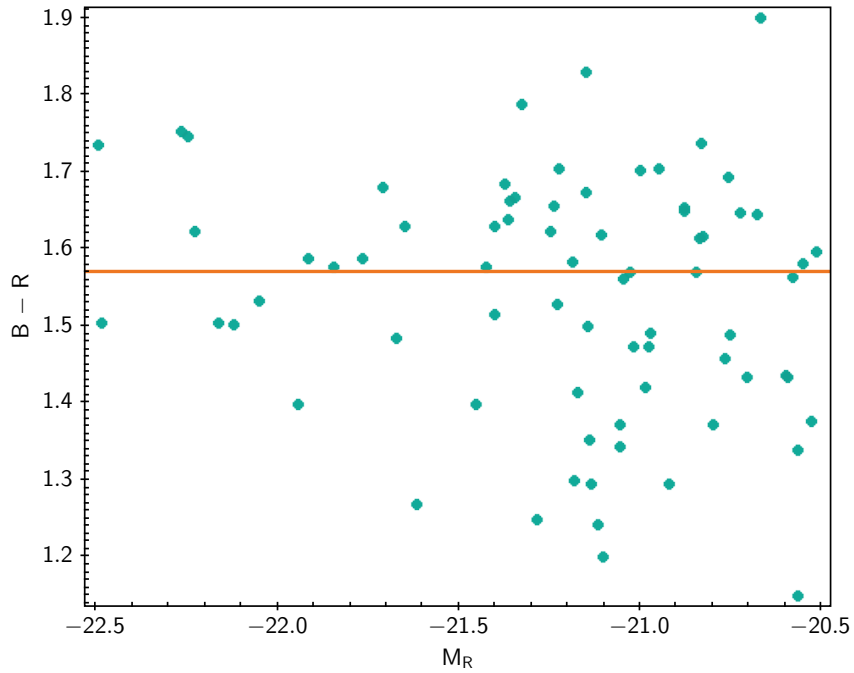


Figura 3.5: Cor $B - R$ como função da magnitude absoluta M_R das Galáxias Luminosas Isoladas. A mediana é representada pela linha laranja.

3.1.2 Diagrama Cor - Massa

A função de massa estelar foi estimada pela Equação 3.2 (Lacerna et al. 2018):

$$\log(M_*/h^{-2}M_\odot) = -0.306 + 1.097[{}^{0.0}_{(g_{\text{petro}} - r_{\text{petro}})]0.1 - 0.4{}^{0.0}_{(M_R - 5\log(h) - 4.64)} \quad (3.2)$$

Obtivemos o diagrama cor-massa, mostrado na Figura 3.6, indicando características em concordância com objetos brilhantes isolados (Spector & Brosch 2017; Lacerna et al. 2018),

tais como intervalo de massa $10^{10.1} < M_{\star} < 10^{10.7} h^{-2} M_{\odot}$ em relação a $1.0 < (g - r) < 1.3$.

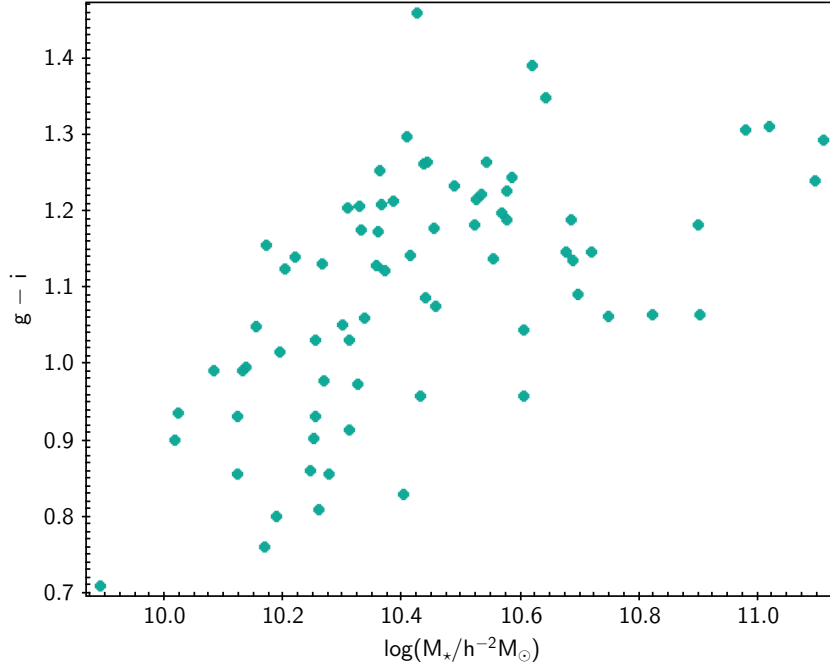


Figura 3.6: Cor $g - i$ como função da massa $\log(M_{\star}/h^{-2}M_{\odot})$ das Galáxias Luminosas Isoladas.

3.1.3 Propriedades das Galáxias Satélites

A distribuição das GLIs e candidatas a galáxias satélites espectroscópicas e fotométricas em relação a luminosidade é apresentada na Figura 3.7. O intervalo $-19.5 < M_R < -14.0$ é consistente com a luminosidade de galáxias satélites de galáxias luminosas isoladas, $-21.0 < M_R < -14.0$ (Wang & White 2012; Wang et al. 2020).

As GLIs ($M_R < -21.2$) hospedam em média 4 satélites espectroscópicos com magnitude $M_{R,\text{sat}} < -14.0$. Este número é reduzido para GLIs com luminosidades mais baixas ($-21.2 < M_R < -20.6$) que possuem ≈ 3 satélites espectroscópicos por hospedeira, como mostra a Figura 3.8. A análise das candidatas a galáxias satélites fotométricas indicou a média de ≈ 2 satélites por GLI para os dois intervalos de luminosidade, como mostra a Figura 3.9.

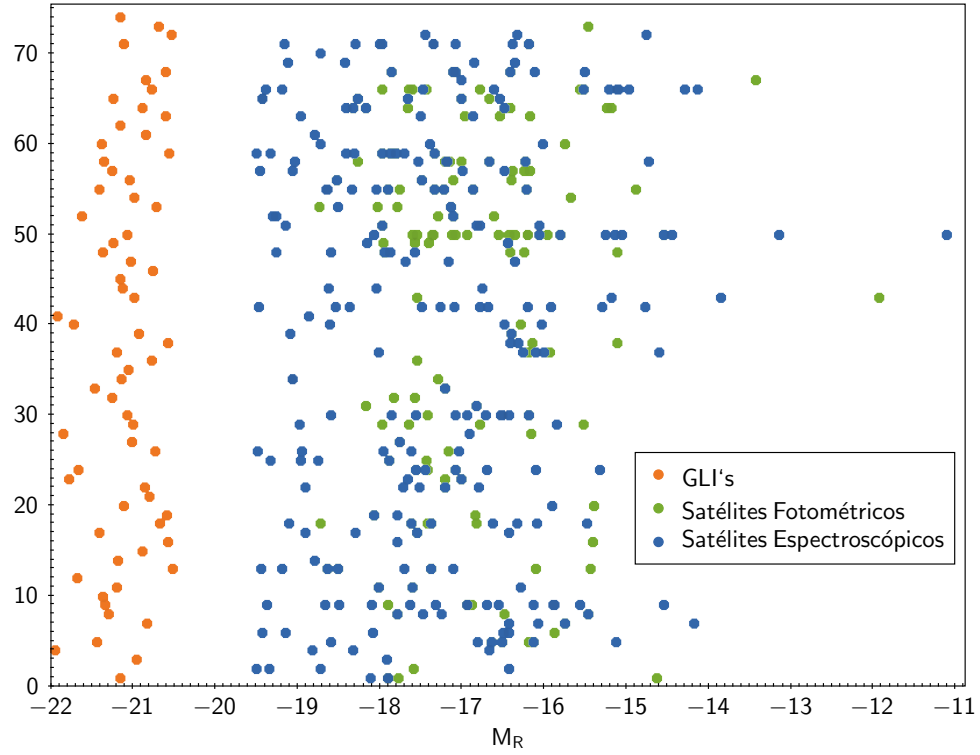


Figura 3.7: Distribuição de Galáxias Luminosas Isoladas, Satélites Espectroscópicos e Fotométricos em relação à luminosidade.

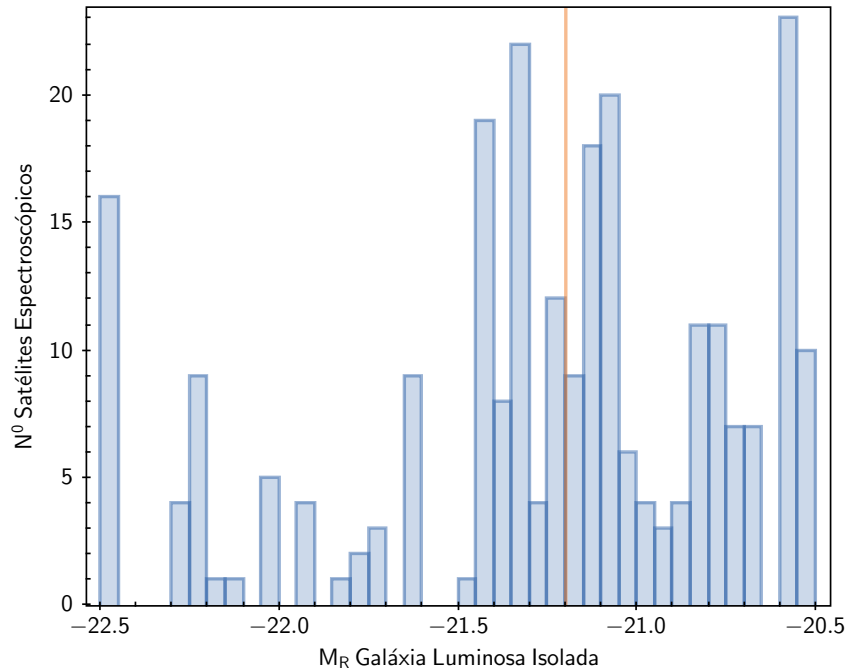


Figura 3.8: Satélites Espectroscópicos em relação à luminosidade da Galáxia Luminosa Isolada. A linha laranja representa $M_R = -21.2$.

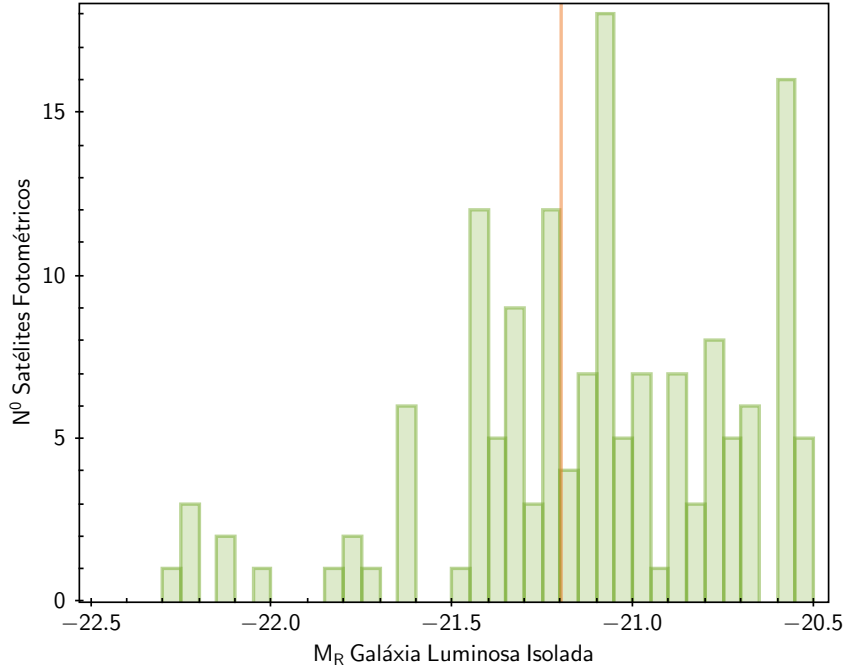


Figura 3.9: Satélites Fotométricos em relação à luminosidade da Galáxia Luminosa Isolada. A linha laranja representa $M_R = -21.2$.

A Figura 3.10 mostra a função de massa para as candidatas a galáxias satélites espectroscópicas e fotométricas, calculada pela Equação 3.2, em relação ao raio projetado em kpc. Os satélites apresentam massa estelar $10^{7.5} < M_\star < 10^{9.5} h^{-2} M_\odot$, consistente com as massas das galáxias consideradas anãs brilhantes, como a Grande Nuvem de Magalhães (LMC), $M_{\star, \text{LMC}} = 1.5 \times 10^9 h^{-2} M_\odot$.

O losango, na Figura 3.10, representa a LMC com seu raio projetado igual a 50 kpc, que é o limite do raio projetado para as candidatas a satélites espectroscópicos, indicando que estes objetos estão mais próximos dos seus hospedeiros. No entanto, os candidatos a satélites fotométricos estão mais distantes.

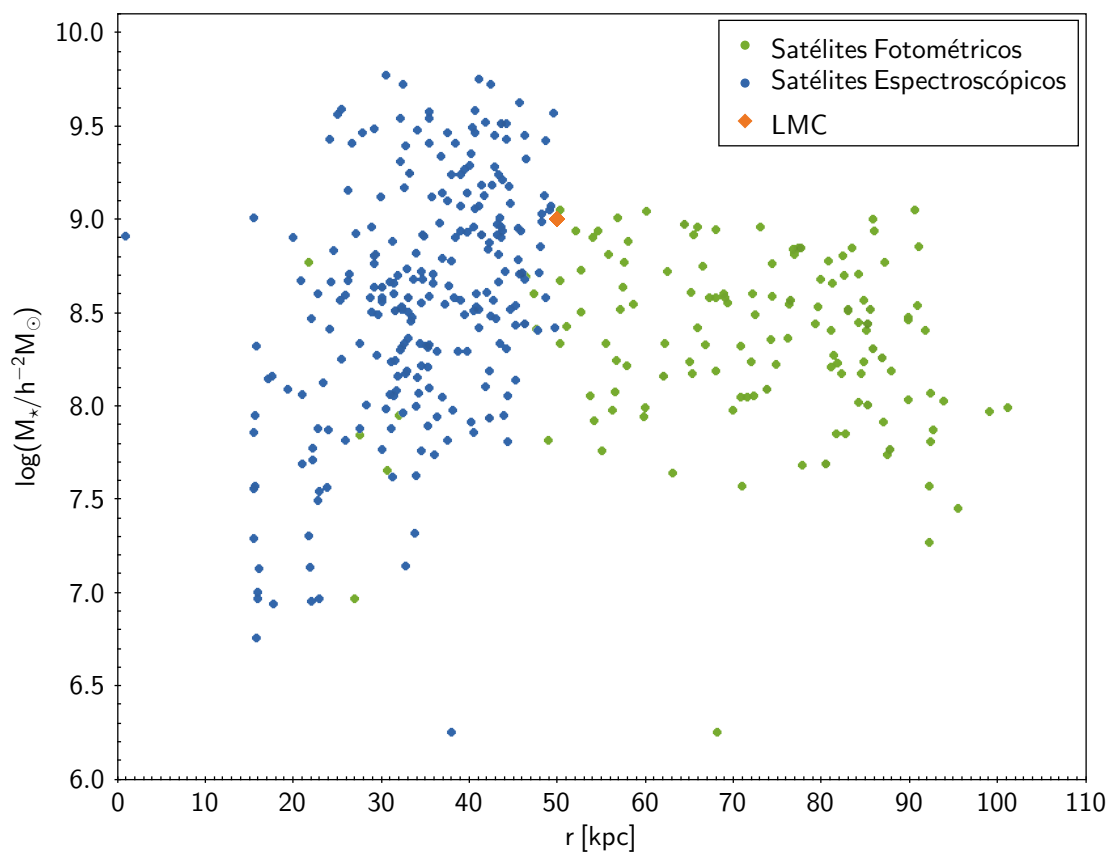


Figura 3.10: Função de Massa para os Satélites Espectroscópicos e Fotométricos em relação ao raio projetado em kpc. O losango representa a Grande Nuvem de Magalhães (LMC).

Conclusões

Notamos que o catálogo gerado de Galáxias Luminosas Isoladas apresenta propriedades físicas semelhantes a outros catálogos com o mesmo tipo de objeto (Mohamed 2007; Wang & White 2012; Lacerna et al. 2018). Faz-se necessário, entretanto, mais aprofundamento na análise das características estudadas e nas demais propriedades não analisadas neste trabalho. Por exemplo, ao combinarmos dados espectroscópicos e fotométricos profundos podemos mostrar que a luminosidade total das galáxias satélites ao redor de uma galáxia central pode sondar as propriedades dos halos de matéria escura (Mao et al. 2018; Alpaslan & Tinker 2019). Podemos investigar também as 11 galáxias NGC identificadas e suas satélites estudando suas especificações e aproveitando outros estudos anteriormente realizados.

Outra possibilidade de aprofundamento seria estimar a variação no número intrínseco de satélites por GLI, satélites tão brilhantes quanto a LMC por GLI e quão raros são os satélites mais brilhantes que LMC. E ainda, analisar o brilho superficial identificando se as possíveis satélites são de fato galáxias satélites e estudar a morfologia deste objetos (Guo 2013).

A mesma observação pode ser feita quanto aos catálogos de satélites espectroscópicos e fotométricos gerados. Ainda assim, a análise realizada apresenta consistência com os trabalhos de Tollerud et al. (2011), Guo (2013) e Wang et al. (2020).

Referências Bibliográficas

- Alpaslan M., & Tinker J. L., 2019, arXiv e-prints, p. arXiv:1911.04509
- Bullock J. S., 2010, arXiv e-prints, p. arXiv:1009.4505
- Bullock J. S., Boylan-Kolchin M., 2017, ARA&A, 55, 343
- Carlsten S. G., Greco J. P., Beaton R. L., Greene J. E., 2019, arXiv e-prints, p. arXiv:1909.07389v1
- Carlsten S. G., Greene J. E., Peter A. H. G., Greco J. P. and Beaton, R. L., 2020, arXiv e-prints, p. arXiv:2006.02444v1
- Deason A. J., Wetzel, A. R., Garrison-Kimmel, S., Belokurov, V., 2015, MNRAS, 453, 3568.
- Grebel E. K. 2001, ASPC, 239, 280
- Guo Q., Galactic Satellite Galaxies, Durham University, 2013
- Guo Q., Tempel E., Libeskind N. I., 2015, ApJ, 800, 112
- Hogg David W., Distance measures in cosmology, 1999, arXiv e-prints, p. arXiv:9905116
- Lacerna I., Hernandez-Toledo H. M., Avila-Reese V., Abonza-Sane J., del Olmo A., 2018, A&A, 588, A79
- Licquia T. C., Newman J. A., 2015, ApJ, 806, 96
- Licquia T. C., Newman J. A., Brinchmann J., 2015, ApJ, 809, 96
- Mao Y.-Y., et al., 2018, MNRAS, 474, 5143

Mendes de Oliveira C. et al., 2019, MNRAS, 489, 241

Mohamed F. M. R. M. M., Isolated Elliptical Galaxies, 2007, Swinburne University of Technology.

Moore B., Ghigna S., Governato F., Lake G., Quinn T., Stadel J., Tozzi P., 1999, ApJ, 524, L19

Spector O., Brosch, N. 2017, MNRAS, 469, 347

Tollerud E. J., Boylan-Kolchin M., Barton E. J., Bullock J. S., Trinh C. Q., 2011, The Astrophysical Journal, 738, 102

Wang W., White, S. D. M., 2012, MNRAS, 424, 2574

Wang W. et al., 2020, MNRAS, staa3495

Wright E. L., 2006, PASP, 118:1711-1715

Apêndice

Apêndice A

Catálogo das Galáxias

A.1 Galáxias Luminosas Isoladas

Tabela A.1 - Catálogo Completo de Galáxias Luminosas Isoladas.

ID	Nome	RA ⁰	DEC ⁰	r _{petro}	rdeg	z		M _R	M _R photo	N _{sat}		Morfologia
						spec	photo			spec	photo	
1	CGCG389-062	45.4350	-0.5927	14.56	0.441	0.032	0.042	-21.14	-21.77	3	4	S
2	UGC2292	42.2163	0.9895	13.17	0.495	0.028	0.045	-22.26	-23.31	4	1	SAa
3	CGCG376-027	325.9638	-0.3214	14.39	0.517	0.027	0.042	-20.95	-21.97	1	0	E0
4	UGC12810	357.7761	1.0567	13.42	0.512	0.027	0.040	-21.94	-22.82	3	0	SAB(r)bc
5	CGCG388-020	37.0404	0.7991	13.77	0.551	0.025	0.033	-21.42	-22.01	6	4	S0
6	MCG+00-53-008	313.0933	0.0756	13.56	0.459	0.030	0.044	-22.05	-22.90	5	1	Sa
7	NGC7428	344.3314	-1.0490	12.41	1.319	0.010	0.054	-20.83	-24.50	4	1	SAB(r)a
8	UGC01794	34.9214	-0.2557	13.97	0.536	0.026	0.037	-21.28	-22.07	4	3	SAB(s)b
9	CGCG390-096	52.5715	-0.9202	13.51	0.643	0.021	0.057	-21.33	-23.50	15	3	E0
10	UGC11527	303.4770	-1.1576	13.15	0.745	0.018	0.039	-21.36	-23.04	0	0	SB(s)ab
11	UGC02346	42.9775	0.6647	14.35	0.474	0.029	0.043	-21.19	-22.04	3	2	Sbc
12	CGCG384-015	12.8753	-1.2532	12.87	0.733	0.019	0.003	-21.67	-17.87	0	0	-
13	6dFGSv11090	348.1010	-1.1794	14.78	0.526	0.026	0.041	-20.51	-21.52	7	5	-
14	MCG+00-01-056	4.2288	-0.0881	14.62	0.423	0.033	0.040	-21.17	-21.63	1	0	S
15	CGCG386-038	27.2203	-1.1320	14.71	0.463	0.030	0.043	-20.88	-21.68	0	0	-
16	CGCG380-057	351.6296	0.8371	14.91	0.485	0.029	0.044	-20.57	-21.55	1	1	SD
17	UGC11646	313.5182	0.7775	14.12	0.477	0.029	0.044	-21.40	-22.34	4	1	Sbc
18	UGC02638	49.2591	1.2550	14.46	0.565	0.024	0.065	-20.67	-22.87	7	5	Sa-b
19	IC0025	7.8003	-0.4073	14.05	0.705	0.019	0.038	-20.58	-22.10	2	2	S0
20	IC0003	3.0253	-0.4152	13.38	0.753	0.018	0.039	-21.11	-22.79	1	1	E0
21	IRAS20242-0030	306.7057	-0.3428	14.97	0.429	0.032	0.040	-20.80	-21.25	0	0	-
22	2MFGC16151	319.9197	0.1209	14.98	0.419	0.033	0.042	-20.84	-21.34	5	1	-
23	WISEAJ220515.43	331.3143	-1.1259	13.95	0.439	0.032	0.039	-21.76	-22.20	2	2	S0a
24	NGC0934	36.8872	-0.2444	13.16	0.652	0.021	0.038	-21.65	-22.98	6	3	SAB
25	CGCG380-023	349.5349	-0.3905	13.29	0.474	0.029	0.044	-22.25	-23.17	4	2	E
26	WISEAJ024458.51	41.2437	-1.1709	14.74	0.489	0.028	0.042	-20.72	-21.62	5	1	S0

Continua na próxima página. . .

Tabela A.1 - Continuação

ID	Nome	RA ⁰	DEC ⁰	r _{petro}	rdeg	z		M _R	M _{Rphoto}	N _{sat}		Morfologia
						spec	photo			spec	photo	
27	WISEAJ235545.20	358.9383	-1.2555	14.72	0.438	0.032	0.041	-21.00	-21.57	1	1	-
28	NGC7364	341.1014	-0.1622	12.38	0.844	0.016	0.049	-21.84	-24.29	1	1	S0
29	UGC02418	44.1131	0.8758	14.01	0.601	0.023	0.075	-20.99	-23.64	2	4	SABbc
30	UGC01962	37.2277	0.3704	13.66	0.680	0.020	0.089	-21.06	-24.38	10	2	Scd
31	UGC12348	346.3285	0.1896	13.48	0.462	0.030	0.038	-22.12	-22.67	1	2	Sa
32	WISEAJ014728.18	26.8674	-0.7509	14.34	0.462	0.030	0.039	-21.25	-21.84	0	2	S0
33	CGCG377-019	331.0530	-0.0320	14.33	0.427	0.033	0.039	-21.45	-21.86	1	1	Sc
34	UGC12346	346.3023	0.8344	14.07	0.548	0.025	0.037	-21.13	-22.00	2	1	SB(rs)
35	SDSS-IISN06247	12.0399	-0.9122	14.82	0.411	0.034	0.039	-21.05	-21.37	0	0	S0
36	CGCG374-027	313.8302	0.5407	14.26	0.594	0.023	0.040	-20.77	-21.96	0	1	Sc
37	NGC0237	10.8660	-0.1250	12.72	0.979	0.014	0.084	-21.18	-25.19	5	2	SAB(rs)cd
38	MRK1403	45.7517	-1.3742	14.98	0.471	0.029	0.040	-20.57	-21.27	2	2	Sc
39	CGCG374-012	311.6858	-1.3688	14.30	0.545	0.025	0.042	-20.92	-22.03	2	1	-
40	WISEAJ032856.81	52.2367	-0.4089	13.93	0.453	0.031	0.033	-21.71	-21.87	3	1	-
41	CGCG377-039	332.9704	0.1086	13.91	0.418	0.033	0.053	-21.91	-22.95	1	0	SB(rs)bc
42	IC0329	53.0058	0.2795	12.57	0.583	0.024	0.014	-22.49	-21.38	12	0	E
43	NGC1015	39.5482	-1.3189	11.91	1.542	0.009	0.083	-20.98	-25.99	2	2	SB(r)a
44	SDSS-IISN20328	0.0533	1.1203	14.05	0.559	0.025	0.101	-21.11	-24.29	3	0	S
45	CGCG373-003	305.1230	-0.6731	13.36	0.745	0.018	0.043	-21.15	-23.05	0	0	-
46	CGCG390-053	49.5200	-1.3338	14.69	0.495	0.028	0.096	-20.75	-23.54	0	0	-
47	MCG+00-10-024	57.9189	-0.5097	14.61	0.456	0.030	0.045	-21.02	-21.90	3	0	S
48	WISEAJ002949.34	7.4556	-1.2349	14.49	0.413	0.034	0.049	-21.36	-22.21	5	4	E0
49	CGCG390-029	48.4493	0.6944	13.65	0.634	0.022	0.049	-21.23	-23.06	2	4	Sa
50	NGC7716	354.1309	0.2972	11.77	1.585	0.009	0.043	-21.06	-24.64	10	16	SAB(r)b
51	NGC875	34.2699	1.2442	12.62	0.641	0.021	0.054	-22.23	-24.29	5	1	S0
52	CGCG380-018	348.9301	0.4170	13.89	0.481	0.029	0.050	-21.62	-22.84	3	3	Sb
53	UGC2523	46.2875	1.0938	14.31	0.594	0.023	0.033	-20.71	-21.46	2	4	Sd
54	CGCG387-070	34.7485	0.3300	14.61	0.466	0.030	0.040	-20.97	-21.65	0	1	S
55	NGC391	16.8440	0.9260	13.04	0.767	0.018	0.033	-21.40	-22.79	9	7	SA0
56	IC1391	323.7516	-0.5114	14.58	0.460	0.030	0.036	-21.03	-21.45	2	4	E0
57	CGCG375-032	320.7445	1.0268	14.43	0.448	0.031	0.043	-21.24	-21.95	4	3	E0
58	NGC7198	331.3093	-0.6483	12.85	0.855	0.016	0.061	-21.35	-24.33	7	6	S0
59	WISEAJ231537.25	348.9052	-0.7066	14.87	0.497	0.028	0.046	-20.55	-21.66	9	4	S
60	NGC7434	344.5894	-1.1839	13.96	0.519	0.027	0.052	-21.37	-22.86	3	1	SB
61	UGC11612	310.2168	0.6527	14.51	0.516	0.027	0.034	-20.83	-21.34	1	0	Sc
62	CGCG377-040	333.5868	1.0187	14.42	0.468	0.030	0.048	-21.15	-22.23	0	0	Sab
63	UGC1481	30.0202	-0.2791	14.82	0.499	0.028	0.038	-20.60	-21.32	3	3	Sab
64	WISEAJ024558.37	41.4932	-0.4492	14.64	0.479	0.029	0.047	-20.88	-21.95	4	7	S0
65	2MFGC16658	331.3626	-0.5335	14.45	0.447	0.031	0.039	-21.22	-21.75	6	3	Sb
66	UGC02403	43.9885	0.6926	13.13	0.983	0.014	0.076	-20.76	-24.57	11	7	SB(rs)a
67	WISEAJ003629.26	9.1219	-0.7285	15.04	0.409	0.034	0.040	-20.84	-21.20	1	1	E
68	UGC2091	39.0983	0.7087	14.31	0.626	0.022	0.043	-20.59	-22.07	6	4	Sc
69	NGC7001	315.2823	-0.1952	12.59	0.581	0.024	0.144	-22.48	-26.58	4	0	SAB(rs)

Continua na próxima página. . .

Tabela A.1 - Continuação

ID	Nome	RA ⁰	DEC ⁰	r _{petro}	rdeg	z		M _R	M _{Rphoto}	N _{sat}		Morfologia
						spec	photo			spec	photo	
70	IC5287	347.3345	0.7565	13.60	0.429	0.032	0.052	-22.16	-23.21	1	0	SB(r)b
71	IC1571	10.1576	-0.3308	13.53	0.704	0.019	0.085	-21.10	-24.40	9	1	Sb
72	UGC11790	325.3746	0.8948	13.56	0.898	0.015	0.093	-20.53	-24.58	3	0	SA(rs)d
73	2MASXJ01412195	25.3413	0.3712	14.94	0.457	0.030	0.044	-20.68	-21.48	0	1	S0
74	2MASX J22514319	342.9298	0.4153	14.13	0.530	0.026	0.047	-21.15	-22.45	0	0	S0

A.2 Imagens das Galáxias Luminosas Isoladas Obtidas com o S-PLUS

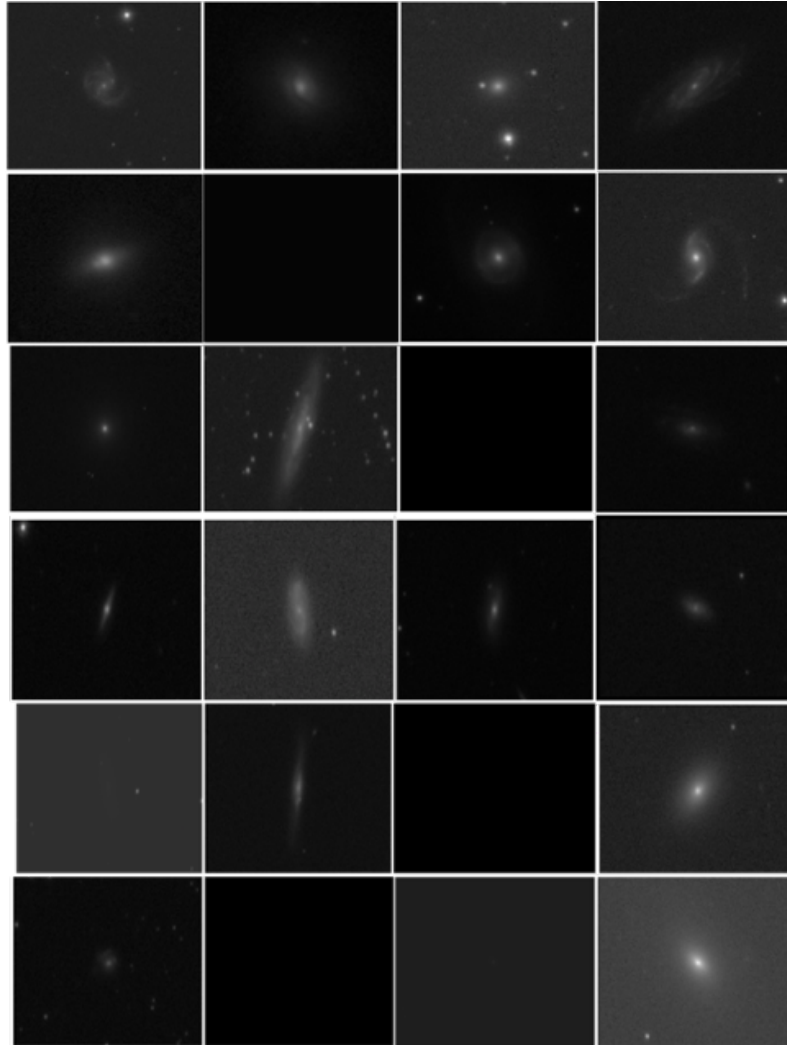


Figura A.1: Imagem das galáxias obtidas com o S-PLUS na banda R. Começando do topo a esquerda, primeira fila galáxias 1-4, segunda fila 5-8, terceira fila 9-12, assim por diante até completar 24 da Tabela A.1.

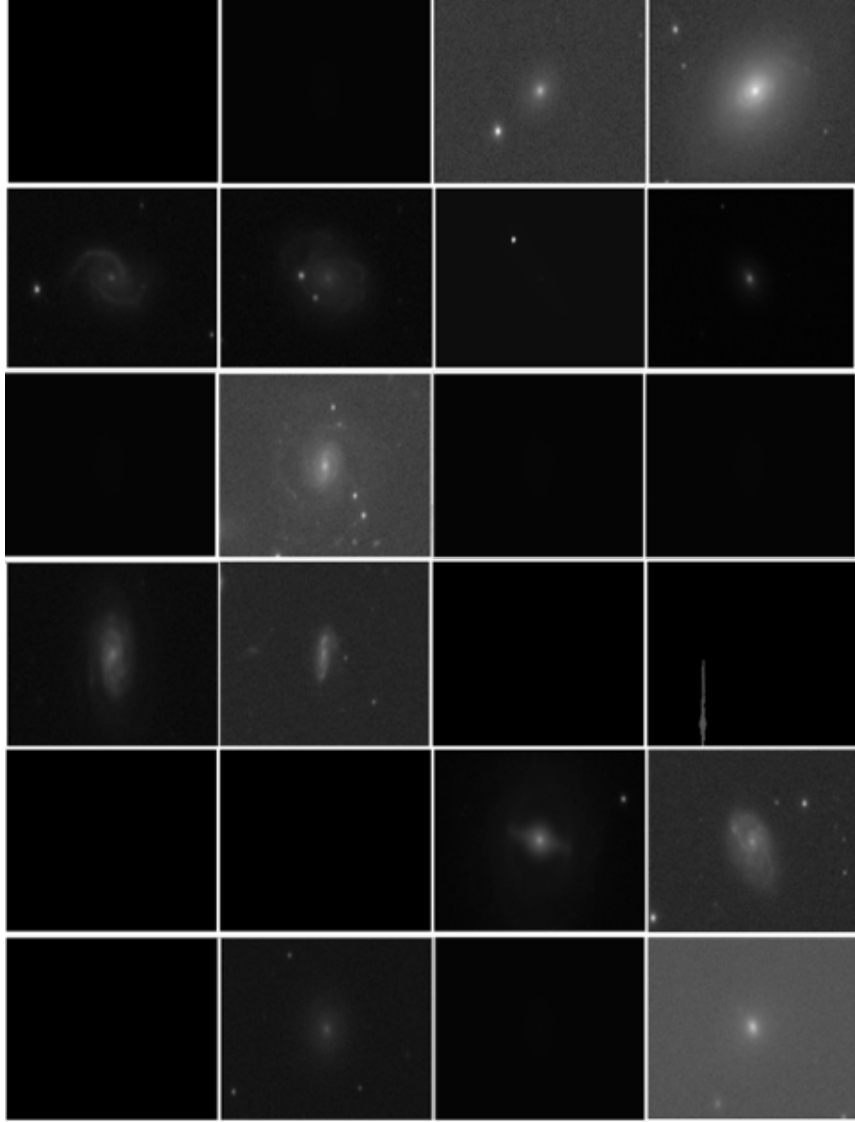


Figura A.2: Imagem das galáxias obtidas com o S-PLUS na banda R. Começando do topo a esquerda, primeira fila galáxias 25-28, segunda fila 29-32, terceira fila 33-36, assim por diante até completar 48 da Tabela A.1.

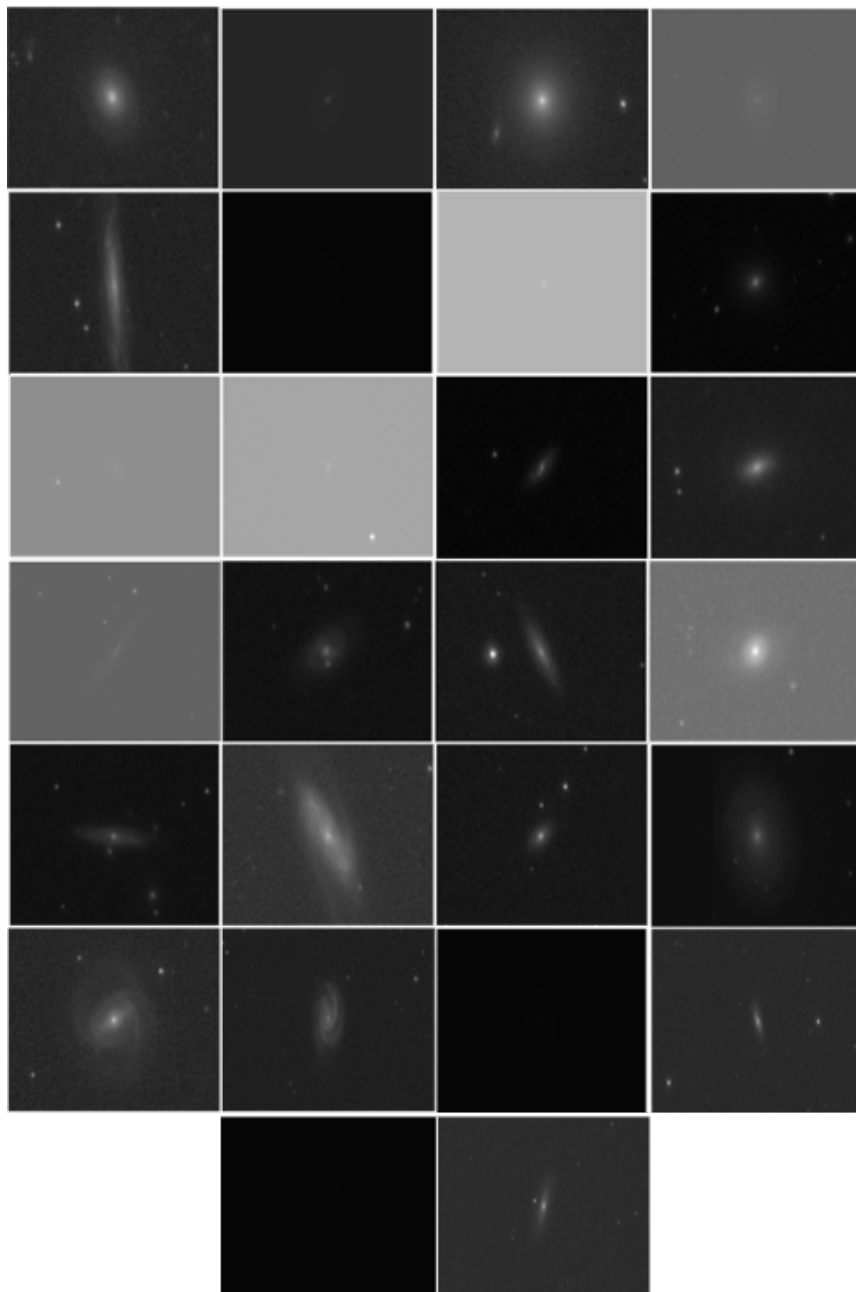


Figura A.3: Imagem das galáxias obtidas com o S-PLUS na banda R. Começando do topo a esquerda, primeira fila galáxias 49-52, segunda fila 53-56, terceira fila 57-60, assim por diante até completar 74 da Tabela A.1.

A.3 Satélites Espectroscópicas

Lista das candidatas a galáxias satélites, Tabela A.2, em um raio projetado de ~ 15 arcmins de uma galáxia isolada. Destacamos os parâmetros RA, DEC, r_{petro} , r_{deg} , z_{spec} e PhotoZ. A coluna ID faz referência à galáxia luminosa isolada (GLI) que as satélites estão relacionadas. Há GLIs que não apresentaram satélites. A distância projetada no céu entre a galáxia satélite candidata e a isolada varia de 10-130 kpc.

Tabela A.2 - Catálogo de candidatas a galáxias satélites com *redshift* Espectroscópico.

Identificador	RA ⁰	DEC ⁰	r_{petro}	r_{deg}	z_{spec}	PhotoZ
MCG+00-08-0691	45.0938	-0.4927	17.57	0.445	0.031	0.066
1	45.4366	-0.5917	17.80	0.442	0.031	0.059
1	45.4506	-0.6248	17.83	0.437	0.032	0.055
UGC2292	42.1556	0.9333	18.99	0.500	0.028	0.095
2	42.3389	0.6865	16.07	0.503	0.027	0.051
2	42.4053	0.7329	15.92	0.499	0.028	0.036
2	42.0922	0.9865	16.68	0.505	0.027	0.051
CGCG376-027	325.9115	-0.3545	17.41	0.520	0.027	0.086
UGC12810	357.7605	1.0186	17.05	0.509	0.027	0.072
4	358.0807	1.2599	16.55	0.510	0.027	0.045
4	357.6507	1.1749	18.90	0.468	0.030	0.071
CGCG388-020	37.4563	0.8131	16.36	0.614	0.022	0.046
5	36.9141	0.9316	18.36	0.558	0.025	0.064
5	36.5151	0.7382	19.79	0.622	0.022	0.109
5	37.2172	0.8833	18.43	0.615	0.022	0.046
5	37.5692	0.8133	18.55	0.549	0.025	0.049
5	36.7471	1.1260	19.01	0.563	0.024	0.059
MCG+00-53-008	313.0053	0.0933	19.12	0.458	0.030	0.177
6	313.3756	0.2614	17.44	0.479	0.029	0.070
6	313.3577	0.2858	16.10	0.477	0.029	0.038
6	312.8523	-0.2987	16.47	0.458	0.030	0.049
6	313.3324	0.3831	19.08	0.478	0.029	0.086
NGC7428	343.5029	-1.2719	17.17	1.124	0.012	0.050
7	344.2116	-0.8425	17.54	1.290	0.011	0.037
7	343.5893	-1.2548	19.50	1.079	0.013	0.404
7	345.3355	-0.9259	17.12	1.341	0.010	0.050
UGC 01794	35.2421	-0.5257	18.03	0.531	0.026	0.065
8	34.9312	-0.2580	19.80	0.533	0.026	0.046
8	34.6468	-0.4705	17.77	0.538	0.026	0.077
8	34.8955	-0.4090	17.48	0.533	0.026	0.055
CGCG390-096	52.6226	-0.4888	16.22	0.632	0.022	0.063
9	52.6841	-0.9664	17.62	0.619	0.022	0.083
9	52.8768	-1.0131	17.95	0.630	0.022	0.092

Continua na próxima página...

Tabela A.2 - Continuação

Identificador	RA ⁰	DEC ⁰	r _{petro}	rdeg	z _{spec}	PhotoZ
9	52.6956	-0.8851	15.39	0.668	0.021	0.043
9	52.7788	-0.9158	16.43	0.623	0.022	0.052
9	52.5749	-0.9403	17.77	0.680	0.020	0.045
9	52.3657	-0.8603	18.42	0.607	0.023	0.100
9	52.5530	-0.8530	17.38	0.599	0.023	0.067
9	52.6825	-0.8379	18.95	0.641	0.021	0.103
9	52.8842	-1.0107	16.80	0.628	0.022	0.162
9	52.4171	-1.0650	19.24	0.655	0.021	0.079
9	52.4908	-1.0321	20.20	0.669	0.020	0.203
9	52.6182	-0.8240	18.19	0.630	0.022	0.085
9	52.7297	-0.8058	18.66	0.657	0.021	0.069
9	52.6067	-0.8577	19.13	0.597	0.023	0.086
UGC 02346	42.9885	0.6566	17.56	0.467	0.030	0.053
11	43.0821	0.7153	17.84	0.494	0.028	0.058
11	42.9716	0.6658	19.20	0.485	0.029	0.070
6dFGSv 11090	348.0315	-1.1486	17.48	0.553	0.025	0.077
13	348.2630	-1.2433	18.22	0.520	0.027	0.112
13	348.1528	-1.1870	16.66	0.527	0.026	0.037
13	348.2771	-1.2380	16.82	0.519	0.027	0.036
13	348.3740	-1.1477	17.98	0.513	0.027	0.049
13	348.0305	-1.2766	15.81	0.540	0.026	0.031
13	348.0876	-1.0951	16.11	0.528	0.026	0.049
14	4.2810	-0.1415	17.03	0.421	0.033	0.053
16	351.6683	0.5975	17.67	0.492	0.028	0.065
17	313.5180	0.6631	17.10	0.506	0.027	0.056
17	313.6195	0.4064	18.09	0.454	0.031	0.057
17	313.8719	0.6728	16.64	0.473	0.029	0.054
17	313.3324	0.3831	19.08	0.478	0.029	0.086
18	49.1924	1.2039	17.73	0.572	0.024	0.045
18	49.4065	0.8153	16.00	0.574	0.024	0.045
18	49.7102	1.0270	17.52	0.567	0.024	0.055
18	49.0753	1.1998	19.75	0.541	0.026	0.103
18	49.4031	0.7539	19.27	0.511	0.027	0.120
18	49.1718	1.1875	18.77	0.574	0.024	0.084
18	49.7298	1.0461	18.47	0.576	0.024	0.084
19	7.9583	-0.9911	16.59	0.699	0.020	0.037
19	7.6825	-0.2996	16.87	0.701	0.020	0.045
20	3.4824	0.0158	18.60	0.748	0.018	0.072
22	319.6899	-0.1094	19.01	0.422	0.033	0.097
22	320.3037	0.1157	18.59	0.424	0.033	0.063
22	320.1739	0.2696	18.31	0.420	0.033	0.103
22	319.8960	0.5346	16.97	0.411	0.034	0.053
22	320.2125	0.2358	17.97	0.444	0.031	0.069
23	331.4814	-0.8961	18.05	0.440	0.032	0.072

Continua na próxima página. . .

Tabela A.2 - Continuação

Identificador	RA ⁰	DEC ⁰	r _{petro}	rdeg	z _{spec}	PhotoZ
23	331.4179	-0.9031	18.72	0.437	0.032	0.058
24	37.0433	0.0147	17.75	0.646	0.021	0.056
24	36.6042	-0.7422	19.48	0.654	0.021	0.081
24	37.4136	0.1233	17.16	0.679	0.020	0.038
24	37.3951	-0.3126	18.24	0.617	0.022	0.070
24	36.5963	-0.4918	17.37	0.649	0.021	0.061
24	36.9023	-0.3860	18.80	0.626	0.022	0.080
25	349.4524	-0.6135	16.58	0.475	0.029	0.043
25	349.4261	-0.4105	17.81	0.444	0.031	0.058
25	349.3888	-0.7445	16.26	0.465	0.030	0.050
25	349.6306	-0.1119	16.89	0.456	0.030	0.060
26	41.3274	-1.1983	15.96	0.493	0.028	0.046
26	41.3151	-1.0498	17.51	0.489	0.028	0.085
26	41.3600	-1.0585	17.84	0.490	0.028	0.107
26	41.2314	-1.0876	18.46	0.482	0.029	0.088
26	41.1015	-1.2552	16.55	0.486	0.029	0.049
27	359.3633	-1.1578	18.05	0.421	0.033	0.063
28	341.1952	-0.0872	17.39	0.819	0.017	0.061
29	44.1051	0.9219	19.19	0.590	0.023	0.093
29	44.1111	0.8789	16.04	0.596	0.023	0.056
30	37.0433	0.0147	17.75	0.646	0.021	0.056
30	37.8043	0.3671	18.12	0.645	0.021	0.045
30	37.4563	0.8131	16.36	0.614	0.022	0.046
30	37.4136	0.1233	17.16	0.679	0.020	0.038
30	37.6252	0.3800	17.96	0.630	0.022	0.052
30	37.6992	0.6041	18.35	0.633	0.022	0.067
30	37.5824	0.9131	18.35	0.660	0.021	0.115
30	37.3912	0.3732	17.01	0.638	0.022	0.048
30	37.2172	0.8833	18.43	0.615	0.022	0.046
30	37.0605	0.6528	18.54	0.678	0.020	0.059
31	346.2158	-0.1518	18.69	0.479	0.029	0.046
33	331.0520	0.3673	18.42	0.456	0.030	0.037
34	346.7226	0.5319	16.14	0.551	0.025	0.052
34	345.8073	0.8548	16.22	0.534	0.026	0.054
37	10.1132	0.3285	18.02	0.925	0.015	0.051
37	10.3494	-0.0650	15.79	1.022	0.013	0.039
37	10.5295	-1.0251	19.30	0.977	0.014	0.073
37	10.3464	-0.0636	17.56	1.016	0.013	0.034
37	10.0190	0.0482	17.85	0.951	0.014	0.034
38	45.8802	-1.1630	19.31	0.457	0.030	0.079
38	45.8525	-0.9715	19.18	0.462	0.030	0.149
39	312.0015	-1.0000	18.64	0.590	0.023	0.042
39	311.8279	-0.8871	16.11	0.550	0.025	0.036
40	52.1959	-0.6921	16.98	0.463	0.030	0.047

Continua na próxima página...

Tabela A.2 - Continuação

Identificador	RA ⁰	DEC ⁰	r _{petro}	rdeg	z _{spec}	PhotoZ
40	52.1532	-0.3508	19.16	0.453	0.031	0.089
40	52.3990	-0.5878	19.54	0.466	0.030	0.108
41	332.9514	0.0801	16.98	0.416	0.033	0.058
42	53.0931	0.0203	18.28	0.610	0.023	0.053
42	53.1707	0.2459	15.63	0.574	0.024	0.037
42	53.0233	0.4794	16.39	0.622	0.022	0.055
42	53.1046	0.4064	17.46	0.615	0.022	0.057
42	52.8916	0.3700	19.09	0.598	0.023	0.128
42	53.1430	0.3422	17.72	0.605	0.023	0.063
42	52.4731	0.2016	18.89	0.577	0.024	0.081
42	53.1231	0.2822	18.04	0.567	0.024	0.078
42	53.0184	0.1193	18.33	0.573	0.024	0.084
42	53.2024	0.3979	16.69	0.586	0.023	0.062
42	53.1000	0.1285	20.27	0.589	0.023	0.155
42	53.0979	0.5154	19.70	0.602	0.023	0.100
43	39.1198	-0.9750	17.59	1.629	0.008	0.019
43	39.4411	-0.3908	19.05	1.527	0.009	0.078
44	359.5409	1.2087	17.16	0.550	0.025	0.039
44	0.0501	1.1218	16.51	0.567	0.024	0.042
44	359.5795	0.8966	18.41	0.558	0.025	0.043
47	58.0727	-0.3635	19.25	0.460	0.030	0.103
47	57.8091	-0.3760	18.51	0.448	0.031	0.078
47	57.9758	-0.5169	17.90	0.464	0.030	0.075
48	7.4066	-1.2426	16.48	0.436	0.032	0.053
48	7.2148	-1.0728	17.24	0.418	0.033	0.052
48	7.5364	-1.3539	18.27	0.417	0.033	0.067
48	7.5180	-1.2290	18.03	-1.000	0.034	0.052
48	7.3894	-1.1551	17.91	0.413	0.034	0.062
49	48.6425	0.5326	16.65	0.652	0.021	0.083
49	48.2287	0.9885	18.57	0.595	0.023	0.062
50	354.3592	0.3878	17.83	1.481	0.009	-0.019
50	355.0865	1.2458	14.09	2.150	0.006	0.031
50	353.3296	-0.1091	18.37	1.590	0.009	0.124
50	354.1303	-0.4955	17.72	1.621	0.008	0.482
50	352.7585	-0.1320	17.01	1.589	0.009	0.017
50	354.3405	0.3916	18.36	1.528	0.009	0.015
50	353.9171	1.1981	19.73	1.549	0.009	0.080
50	355.0878	1.2460	16.87	2.180	0.006	0.061
50	354.2906	-0.0368	20.76	2.444	0.006	0.485
50	353.9151	1.1986	16.82	1.549	0.009	0.039
51	34.1864	1.0696	18.76	0.651	0.021	0.075
51	34.0157	0.9177	17.07	0.589	0.023	0.042
51	34.0385	1.2552	15.74	0.634	0.022	0.044
51	34.4650	1.2245	18.06	0.643	0.021	0.068

Continua na próxima página...

Tabela A.2 - Continuação

Identificador	RA ⁰	DEC ⁰	r _{petro}	rdeg	z _{spec}	PhotoZ
51	34.2613	0.6125	18.25	0.579	0.024	0.066
52	348.6333	0.4672	16.23	0.484	0.029	0.048
52	349.0579	0.3076	16.32	0.458	0.030	0.043
52	348.9301	0.4129	18.43	0.474	0.029	0.058
53	45.9852	0.8390	16.20	0.683	0.020	0.062
53	46.2314	1.0454	17.91	0.588	0.023	0.047
55	16.4983	0.2690	17.81	0.694	0.020	0.054
55	16.5977	0.3454	16.48	0.789	0.017	0.033
55	16.6165	0.6501	17.31	0.701	0.020	0.050
55	16.5298	0.7760	16.04	0.787	0.017	0.078
55	16.8475	0.8927	15.89	0.740	0.018	0.045
55	16.8612	0.8908	18.30	0.745	0.018	0.033
55	16.8813	0.8898	15.78	0.773	0.018	0.047
55	16.8277	0.9344	16.44	0.758	0.018	0.044
55	17.0144	1.1454	17.39	0.710	0.019	0.035
56	323.5670	-0.4501	17.05	0.465	0.030	0.039
56	323.7691	-0.5057	18.09	0.464	0.030	0.050
57	320.6043	1.0828	18.67	0.448	0.031	0.077
57	320.3826	0.9949	16.43	0.409	0.034	0.056
57	320.4730	1.1262	19.07	0.471	0.029	0.100
57	320.4274	0.9884	16.66	0.438	0.032	0.055
58	331.2330	-0.5976	17.01	0.859	0.016	0.055
58	331.0366	-0.9256	17.04	0.848	0.016	0.046
58	330.5339	-0.6369	18.13	0.797	0.017	0.032
58	331.4256	-0.5613	15.24	0.827	0.016	0.038
58	331.5382	-0.1185	19.21	0.960	0.014	0.080
58	331.2446	-0.4644	17.51	0.866	0.016	0.031
58	330.4587	-0.7074	16.83	0.796	0.017	0.056
59	348.9023	-1.1998	16.92	0.541	0.025	0.047
59	348.9285	-0.9493	17.63	0.496	0.028	0.049
59	348.8288	-0.9893	17.72	0.500	0.028	0.063
59	348.8536	-0.9344	18.10	0.497	0.028	0.054
59	348.6508	-0.6812	15.93	0.498	0.028	0.041
59	349.0839	-0.7325	17.54	0.482	0.029	0.053
59	349.1727	-1.0743	17.35	0.546	0.025	0.052
59	349.3888	-0.7445	16.26	0.465	0.030	0.050
59	348.8827	-0.7047	17.05	0.490	0.028	0.052
60	344.5670	-1.1767	18.02	0.501	0.028	0.080
60	344.7392	-0.9995	16.64	0.514	0.027	0.053
60	344.9864	-1.0389	19.26	0.531	0.026	0.105
61	310.3325	0.6602	16.54	0.519	0.027	0.041
63	30.0538	-0.3232	18.44	0.523	0.026	0.071
63	29.7169	-0.5576	18.17	0.448	0.031	0.082
63	29.7596	-0.0926	16.47	0.498	0.028	0.046

Continua na próxima página. . .

Tabela A.2 - Continuação

Identificador	RA ⁰	DEC ⁰	r _{petro}	rdeg	z _{spec}	PhotoZ
64	41.5426	-0.4487	17.40	0.469	0.030	0.045
64	41.4929	-0.2582	17.27	0.462	0.030	0.037
64	41.5642	-0.3097	17.04	0.493	0.028	0.052
64	41.3413	-0.3818	18.91	0.505	0.027	0.059
65	331.6921	-0.6881	16.12	0.472	0.029	0.034
65	331.6943	-0.6702	17.30	0.469	0.030	0.044
65	331.6979	-0.6972	18.98	0.478	0.029	0.067
65	331.4814	-0.8961	18.05	0.440	0.032	0.072
65	331.4815	-0.6550	16.26	0.443	0.031	0.045
65	331.4179	-0.9031	18.72	0.437	0.032	0.058
66	43.9537	1.0793	15.12	0.814	0.017	0.043
66	44.2990	-0.2230	14.80	0.866	0.016	0.032
66	43.9659	1.2196	17.71	0.813	0.017	0.041
66	43.5221	0.0068	18.75	0.951	0.014	0.089
66	43.6206	0.5974	19.75	0.916	0.015	0.042
66	43.9218	0.8940	19.05	0.868	0.016	0.090
66	43.5195	0.4140	19.06	0.920	0.015	0.093
66	44.1055	0.5748	18.29	1.013	0.013	0.051
66	43.7297	0.1090	19.79	0.964	0.014	0.064
66	43.7314	0.1110	16.48	0.956	0.014	0.030
66	43.2524	0.6257	18.95	0.915	0.015	0.074
67	9.2361	-0.6502	18.88	0.408	0.034	0.093
68	38.8937	0.6647	17.80	0.625	0.022	0.037
68	38.6710	0.8115	16.97	0.649	0.021	0.032
68	38.6703	0.7539	18.81	0.620	0.022	0.113
68	38.6253	0.9352	19.50	0.600	0.023	0.101
68	38.9049	0.6830	17.72	0.656	0.021	0.048
68	39.6676	0.5604	18.51	0.622	0.022	0.056
69	315.3747	-0.2036	18.20	0.585	0.024	0.032
69	315.2396	-0.3175	16.63	0.584	0.024	0.033
69	315.1494	0.0762	18.74	0.575	0.024	0.129
69	315.1652	-0.2103	15.99	0.573	0.024	0.046
70	347.2398	0.9577	16.85	0.468	0.030	0.059
71	10.5384	-0.0878	16.49	0.762	0.018	0.020
71	10.1121	-0.0454	15.48	0.702	0.020	0.039
71	10.1462	-0.2934	16.33	0.710	0.019	0.040
71	10.4173	0.2089	16.41	0.781	0.017	0.031
71	10.1590	-0.3317	17.30	0.701	0.020	0.058
71	10.1598	-0.3266	17.26	0.714	0.019	0.043
71	10.1496	-0.2714	18.29	0.691	0.020	0.036
71	10.2187	-0.5251	17.64	0.681	0.020	0.050
71	9.9442	0.0813	18.39	0.724	0.019	0.057
72	325.4145	0.8697	19.39	0.874	0.016	0.102
72	324.9012	0.8889	17.77	0.894	0.015	0.066

Continua na próxima página...

Tabela A.2 - Continuação

Identificador	RA ⁰	DEC ⁰	r _{petro}	rdeg	z _{spec}	PhotoZ
72	326.1862	1.2320	16.59	0.920	0.015	0.038

A.4 Satélites Fotométricas

Tabela A.3 - Catálogo de candidatas a galáxias satélites com *redshift* fotométrico.

Identificador	RA ⁰	DEC ⁰	r _{petro}	rdeg	z _{spec}	PhotoZ
MCG+00-08-069	45.2635	-0.7434	15.13	1.533	0.009	0.012
1	45.2604	-0.7371	18.31	1.505	0.009	0.031
1	45.4366	-0.5917	17.80	0.442	0.031	0.059
1	45.4506	-0.6248	17.83	0.437	0.032	0.055
UGC2292	42.2254	0.6947	18.23	0.419	0.033	0.059
CGCG388-020	37.2172	0.8833	18.43	0.615	0.022	0.046
5	37.5692	0.8133	18.55	0.549	0.025	0.049
5	37.0605	0.6528	18.54	0.678	0.020	0.059
5	36.7471	1.1260	19.01	0.563	0.024	0.059
MCG+00-53-008	312.8599	0.0560	17.99	0.997	0.014	0.063
NGC7428	344.2116	-0.8425	17.54	1.290	0.011	0.037
UGC01794	34.9312	-0.2580	19.80	0.533	0.026	0.046
8	34.7780	-0.4324	18.27	0.666	0.021	0.039
8	34.8955	-0.4090	17.48	0.533	0.026	0.055
CGCG390-096	52.5749	-0.9403	17.77	0.680	0.020	0.045
9	53.0400	-1.1408	18.80	0.444	0.031	0.048
9	52.9496	-1.2590	17.76	0.450	0.031	0.057
UGC 02346	42.9885	0.6566	17.56	0.467	0.030	0.053
11	43.0821	0.7153	17.84	0.494	0.028	0.058
6dFGSv 11090	348.1528	-1.1870	16.66	0.527	0.026	0.037
13	348.2771	-1.2380	16.82	0.519	0.027	0.036
13	348.4661	-1.1752	18.18	1.111	0.012	0.063
13	348.3740	-1.1477	17.98	0.513	0.027	0.049
13	347.6749	-1.1633	17.54	1.100	0.012	0.034
16	351.3518	0.7701	18.65	0.911	0.015	0.041
17	313.6195	0.4064	18.09	0.454	0.031	0.057
18	49.1924	1.2039	17.73	0.572	0.024	0.045
18	49.4989	1.2656	19.01	0.416	0.033	0.051
18	49.7102	1.0270	17.52	0.567	0.024	0.055
18	49.6844	0.8840	17.16	0.409	0.034	0.041
18	49.0756	1.0061	18.39	0.421	0.033	0.062
19	7.9583	-0.9911	16.59	0.699	0.020	0.037

Continua na próxima página. . .

Tabela A.3 - Continuação

Identificador	RA ⁰	DEC ⁰	r _{petro}	rdeg	z _{spec}	PhotoZ
19	7.4572	-0.4630	17.05	0.982	0.014	0.042
20	3.6200	-0.7455	18.45	1.001	0.014	0.020
22	320.3037	0.1157	18.59	0.424	0.033	0.063
23	331.2587	-1.1772	18.17	0.511	0.027	0.059
23	331.4179	-0.9031	18.72	0.437	0.032	0.058
24	37.0433	0.0147	17.75	0.646	0.021	0.056
24	36.9909	-0.1291	18.39	0.424	0.033	0.059
24	37.4136	0.1233	17.16	0.679	0.020	0.038
25	349.4261	-0.4105	17.81	0.444	0.031	0.058
25	349.6292	-0.8137	17.74	0.557	0.025	0.057
26	41.5949	-1.1715	17.64	0.654	0.021	0.054
27	359.3633	-1.1578	18.05	0.421	0.033	0.063
28	340.9676	-0.3833	16.95	1.400	0.010	0.035
29	43.5767	0.8227	17.50	0.489	0.028	0.053
29	43.5955	0.8422	18.68	0.490	0.028	0.050
29	44.2461	1.2319	18.05	0.444	0.031	0.052
29	44.1055	0.5748	18.29	1.013	0.013	0.051
30	36.9909	-0.1291	18.39	0.424	0.033	0.059
30	37.0605	0.6528	18.54	0.678	0.020	0.059
31	345.9722	0.2696	17.11	0.533	0.026	0.045
31	346.2158	-0.1518	18.69	0.479	0.029	0.046
32	26.9577	-0.3038	16.94	0.744	0.018	0.043
32	26.7278	-0.6139	16.70	0.738	0.019	0.039
33	331.0520	0.3673	18.42	0.456	0.030	0.037
34	346.6630	0.5782	16.97	0.833	0.016	0.034
36	313.6195	0.4064	18.09	0.454	0.031	0.057
37	10.7106	-0.8153	18.72	0.700	0.020	0.062
37	9.9442	0.0813	18.39	0.724	0.019	0.057
38	45.5474	-1.1666	17.70	1.000	0.014	0.057
38	46.0015	-1.1451	18.62	1.057	0.013	0.059
39	312.0015	-1.0000	18.64	0.590	0.023	0.042
40	52.4307	-0.0571	18.32	0.713	0.019	0.060
43	39.3633	-0.4656	18.25	0.426	0.033	0.062
43	39.1735	-0.0184	19.13	3.543	0.004	0.056
48	7.8316	-1.1861	18.40	0.701	0.020	0.056
48	7.1395	-1.1800	17.59	0.932	0.015	0.053
48	7.2698	-1.1405	18.66	1.033	0.013	0.061
48	7.3894	-1.1551	17.91	0.413	0.034	0.062
49	48.3037	0.2822	17.31	0.534	0.026	0.046
49	48.6154	0.7609	17.92	0.481	0.029	0.060
49	48.2287	0.9885	18.57	0.595	0.023	0.062
49	48.2498	0.1029	18.14	0.474	0.029	0.051
50	355.2683	1.1341	18.21	0.780	0.018	0.047
50	355.5383	0.2850	18.51	0.635	0.022	0.057

Continua na próxima página. . .

Tabela A.3 - Continuação

Identificador	RA ⁰	DEC ⁰	r _{petro}	rdeg	z _{spec}	PhotoZ
50	354.4130	0.9218	17.98	0.573	0.024	0.045
50	353.8313	1.1915	18.10	0.699	0.020	0.038
50	353.1492	-0.7373	17.00	0.798	0.017	0.038
50	352.6427	0.1357	17.41	0.801	0.017	0.049
50	353.1714	-0.7571	16.85	0.763	0.018	0.031
50	352.7585	-0.1320	17.01	1.589	0.009	0.017
50	354.9271	0.8324	18.46	0.773	0.018	0.048
50	354.3354	-0.1138	18.04	0.503	0.028	0.054
50	355.3264	-0.6124	18.32	0.739	0.019	0.038
50	353.1544	1.2237	18.30	0.507	0.027	0.058
50	354.3405	0.3916	18.36	1.528	0.009	0.015
50	354.8147	-0.0549	17.51	0.587	0.023	0.047
50	353.9151	1.1986	16.82	1.549	0.009	0.039
50	355.1601	-0.8919	18.14	0.727	0.019	0.040
51	34.0157	0.9177	17.07	0.589	0.023	0.042
52	348.6392	0.2376	17.41	0.930	0.015	0.042
52	348.9301	0.4129	18.43	0.474	0.029	0.058
52	348.5811	0.1826	16.70	0.938	0.015	0.038
53	46.3986	1.2427	17.56	0.466	0.030	0.036
53	46.5758	1.1952	16.74	0.488	0.028	0.034
53	46.5582	1.0523	17.84	0.456	0.030	0.057
53	46.2314	1.0454	17.91	0.588	0.023	0.047
54	34.7589	0.2747	19.15	0.644	0.021	0.056
55	16.4983	0.2690	17.81	0.694	0.020	0.054
55	16.5977	0.3454	16.48	0.789	0.017	0.033
55	16.6165	0.6501	17.31	0.701	0.020	0.050
55	17.2831	1.1210	16.23	3.451	0.004	0.021
55	17.4567	1.2610	17.20	0.614	0.022	0.039
55	16.8612	0.8908	18.30	0.745	0.018	0.033
55	17.0144	1.1454	17.39	0.710	0.019	0.035
56	323.6364	-0.1697	18.90	0.524	0.026	0.048
56	323.6623	-0.1665	18.20	0.525	0.026	0.052
56	323.5670	-0.4501	17.05	0.465	0.030	0.039
56	323.7691	-0.5057	18.09	0.464	0.030	0.050
57	320.4919	1.2242	17.75	0.963	0.014	0.052
57	321.1140	1.0716	18.29	0.693	0.020	0.057
57	321.0206	0.9879	18.42	0.698	0.020	0.055
58	330.5339	-0.6369	18.13	0.797	0.017	0.032
58	331.6943	-0.6702	17.30	0.469	0.030	0.044
58	332.0906	-0.5587	18.53	0.444	0.031	0.053
58	331.2587	-1.1772	18.17	0.511	0.027	0.059
58	331.4179	-0.9031	18.72	0.437	0.032	0.058
58	331.2446	-0.4644	17.51	0.866	0.016	0.031
59	348.9285	-0.9493	17.63	0.496	0.028	0.049

Continua na próxima página. . .

Tabela A.3 - Continuação

Identificador	RA ⁰	DEC ⁰	r _{petro}	rdeg	z _{spec}	PhotoZ
59	348.8536	-0.9344	18.10	0.497	0.028	0.054
59	349.0839	-0.7325	17.54	0.482	0.029	0.053
59	349.1727	-1.0743	17.35	0.546	0.025	0.052
60	344.2116	-0.8425	17.54	1.290	0.011	0.037
63	30.2888	0.0870	18.41	0.720	0.019	0.018
63	30.4730	-0.2558	18.09	0.705	0.019	0.038
63	29.6273	-0.5056	17.92	0.631	0.022	0.045
64	41.5426	-0.4487	17.40	0.469	0.030	0.045
64	41.4929	-0.2582	17.27	0.462	0.030	0.037
64	41.5195	-0.0131	17.36	0.595	0.023	0.047
64	41.3413	-0.3818	18.91	0.505	0.027	0.059
64	41.5844	-0.2348	17.80	1.472	0.009	0.052
64	41.9302	-0.3833	17.65	1.540	0.009	0.043
64	41.8732	-0.5374	18.53	0.617	0.022	0.059
65	331.6943	-0.6702	17.30	0.469	0.030	0.044
65	331.4179	-0.9031	18.72	0.437	0.032	0.058
65	331.2446	-0.4644	17.51	0.866	0.016	0.031
66	43.8612	-0.1648	18.12	0.471	0.029	0.056
66	43.5767	0.8227	17.50	0.489	0.028	0.053
66	43.5955	0.8422	18.68	0.490	0.028	0.050
66	44.2461	1.2319	18.05	0.444	0.031	0.052
66	43.0821	0.7153	17.84	0.494	0.028	0.058
66	43.9930	-0.2552	19.13	0.684	0.020	0.062
66	44.1055	0.5748	18.29	1.013	0.013	0.051
67	9.3350	-0.6786	18.90	1.993	0.007	0.058
68	38.8937	0.6647	17.80	0.625	0.022	0.037
68	38.6710	0.8115	16.97	0.649	0.021	0.032
68	38.9049	0.6830	17.72	0.656	0.021	0.048
68	39.6676	0.5604	18.51	0.622	0.022	0.056
71	9.9442	0.0813	18.39	0.724	0.019	0.057
73	25.7005	0.3042	17.87	1.262	0.011	0.056

A.5 Testes Execução do Algoritmo

Tabela A.4 - Tempo de Execução do Algoritmo.

Parâmetros	Tempo (min)	N ⁰ de Galáxias
Catálogo Antigo	250.01	391
Ajuste de algoritmo	220.54	252
Ajuste de algoritmo	178.72	248

Tabela A.4 - Continuação

Parâmetros	Tempo	N ⁰ de Galáxias
Ajuste de algoritmo	115.50	656
Colunas úteis	49.85	666
Divisão do Arquivo de dados	2.35	2
Colunas úteis rmax = 0.75 Mpc	277.13	5
Colunas úteis rmax = 0.70 Mpc	182.13	8
Colunas úteis rmax = 0.60 Mpc	284.91	26
Colunas úteis rmax = 0.50 Mpc	323.99	77
Ajuste de Algoritmo	67.03	64
Uso da <i>Cosmology Calculator</i>	33.54	231
Ajuste nos critérios de Seleção	1.11	74

Apêndice B

Tutorial para extração de imagens do S-PLUS

- Usar o programa TOPCAT.
- No menu VO selecionar a opção: *Simple Image Access (SIA) Query*. Aparece a janela mostrada na Figura B.1.

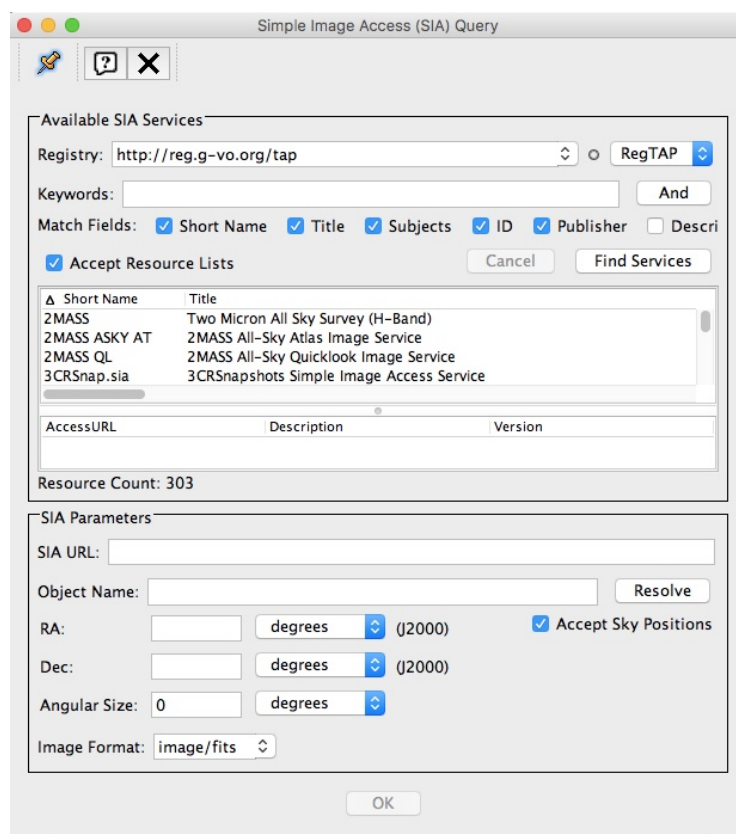


Figura B.1: Janela do TOPCAT.

- No item SIA URL preencha com o link: http://datalab.noao.edu/sia/splus_dr1 (Certifique-se que o *underscore* esteja digitado corretamente no link.)

- No item RA insira a ascensão reta de um objeto, por exemplo, uma galáxia, $RA = 318.43^\circ$
- No item Dec insira 0.575° .
- No item *Angular Size* insira 0.1.
- Clique em OK.
- A janela mostrada na Figura B.2 exibe a lista gerada pelos parâmetros escolhidos.

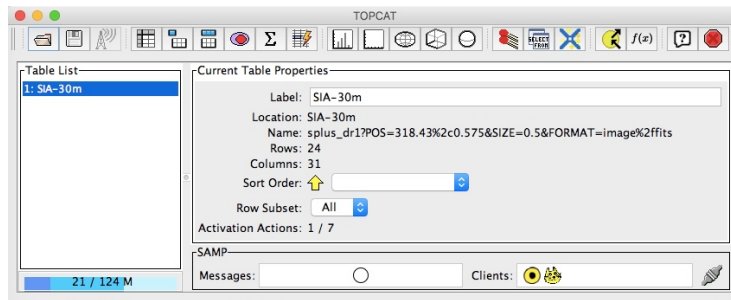


Figura B.2: Janela que contém a lista solicitada pelos parâmetros escolhidos.

- Dê dois cliques sob a tabela que foi gerada em *Table List*. No exemplo seria clicar sob **1: SIA-30m**.
- Uma janela do tipo mostrada na Figura B.3 irá aparecer.

access_id	access_url	access_for	access_to	cat_id	in_name	in_name	in_scale	obs_title	obs_id	instrument	obs_no	preview
1	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	71639	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	F378	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1
2	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	72492	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	F378	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1
3	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	57445	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	F395	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1
4	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	73580	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	F395	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1
5	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	57462	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	F410	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1
6	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	84643	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	F410	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1
7	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	57614	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	F430	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1
8	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	95540	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	F430	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1
9	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	57774	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	F515	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1
10	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	58545	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	F515	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1
11	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	58528	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	F660	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1
12	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	88653	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	F660	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1
13	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	57805	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	F861	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1
14	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	58037	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	F861	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1
15	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	58637	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	C	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1
16	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	89074	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	C	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1
17	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	58384	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	I	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1
18	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	88988	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	I	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1
19	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	58889	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	R	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1
20	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	57261	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	R	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1
21	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	57344	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	U	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1
22	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	62233	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	U	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1
23	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	58185	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	Z	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1
24	splu_dr1	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1	image.fits	89544	3	2	(11000, 11000)	(0.54985)	splu_dr1	T80Cam	Z	http://datalab.noao.edu/svc/cutouttool-splu_dr1

Figura B.3: Table Browser.

- Escolha o tipo de Banda para o qual você quer a imagem, por exemplo, banda R.
- Copie o url e cole em um *browser* qualquer, por exemplo, Firefox.
- Será solicitado que salve um arquivo chamado *cutout*, que está no formato FITS.

- Use agora o programa SAOImageDS9.
- Abra o arquivo *cutout* com o programa SAO.

Aparecerá a janela mostrada na Figura B.4.

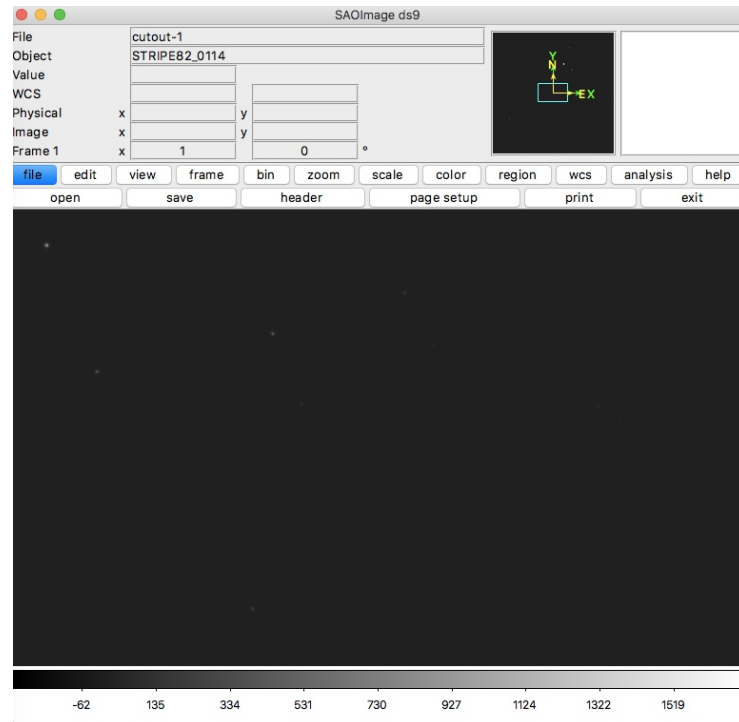


Figura B.4: Imagem da Galáxia no programa SAOImageDS9. É possível identificar apenas alguns pontos luminosos no topo a esquerda.

- Nesta imagem selecione a opção *scale* e *log*. A imagem com estes ajustes está mostrada na Figura B.5.

Há como exportar como GIF, TIFF, JPEG, PNG, entre outros. Há como explorar os menus com vários tipos de ajustes.

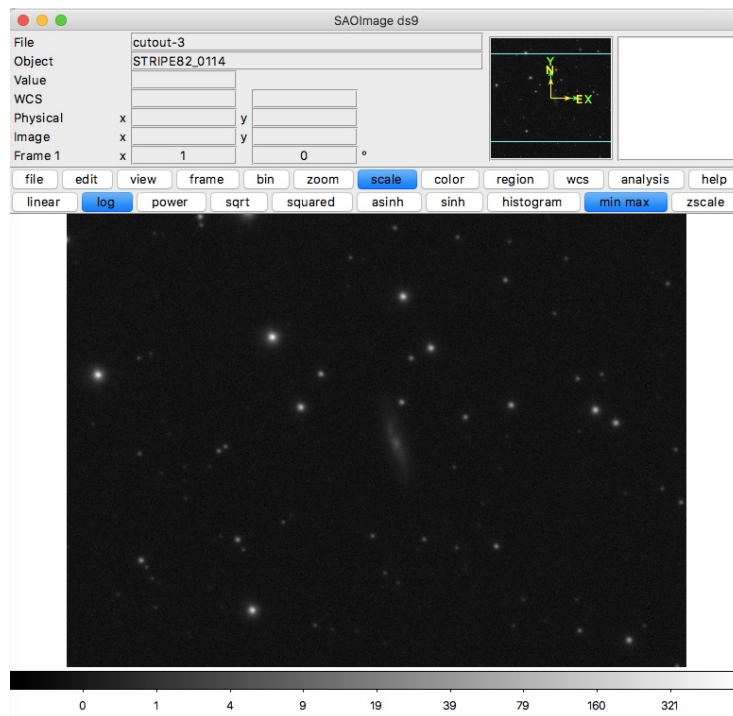


Figura B.5: Imagem da Galáxia no programa SAOImage ds9 com o ajuste *scale*.