

DETECTANDO AGLOMERADOS GLOBULARES EM GALÁXIAS A PARTIR DE IMAGENS DO J-PLUS.

Danielle de Brito Silva^{1*}, Paula R. T. Coelho²

1. Estudante de IC do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP
2. IAG-USP – Departamento de Astronomia/Orientadora

Resumo:

J-PLUS e S-PLUS são surveys fotométricos que podem revolucionar o estudo de aglomerados globulares extragalácticos (AG). Esses objetos não serão detectados *a priori* pela *pipeline* de redução de dados dos surveys e para suprir tal carência, neste trabalho apresentamos um estudo para o desenvolvimento de uma *pipeline* para detectar candidatos a AG em imagens do J-PLUS e do S-PLUS. Para atingir tal objetivo, exploramos métodos para subtração do perfil de luz de galáxias e adotamos critérios para seleção de objetos baseados em cor, magnitude, qualidade dos dados e formato das fontes detectadas nas imagens utilizadas.

Neste trabalho estudamos um conjunto de cinco galáxias de diferentes morfologias: NGC1023(S0), NGC3384 (S0), M105 (E1), M95 (SBb) e M96 (Sa). Obtivemos com o uso da versão atual da *pipeline* 200 ± 20 candidatos a AG na NGC1023, 80 ± 15 na NGC3384 e M105, 63 ± 20 na M95 e por fim 88 ± 15 na galáxia M96.

Palavras-chave: pipeline; detecção; AG.

Apoio financeiro: FAPESP.

Trabalho selecionado para a JNIC pela instituição: USP.

Introdução:

J-PLUS (<http://jplus.cefca.es>) e S-PLUS (www.splus.iag.usp.br) são surveys fotométricos que juntos observarão uma área de cerca de 15 000 graus quadrados do céu. Tais surveys são compostos por um conjunto de 5 filtros de banda larga baseados em filtros do SDSS e 7 filtros de banda estreita que cobrem os principais índices estelares de 3700 a 9000 Å, de modo que suas características tem potencial para revolucionar o estudo de aglomerados globulares extragalácticos e desempenhar papel inestimável em posterior acompanhamento espectroscópico.

Aglomerados globulares extragalácticos (AG) são sistemas estelares presentes na maioria das galáxias, estando os AG entre os objetos radiantes mais velhos do universo (LARSEN, 2011). O estudo destes objetos é uma forma poderosa de recuperar a história de formação e evolução de galáxias.

Com o J-PLUS e o S-PLUS será possível estudar as correlações entre massa estelar das galáxias hospedeiras e as frequências específicas de AG, as distribuições de AG vermelhos e azuis e suas possíveis relações com bojo e halo galácticos em função da morfologia das galáxias, as relações tamanho-cor e tamanho-distância galactocêntricas dos AG e também as distribuições de cor dos AG em função do ambiente de seus hospedeiros. No entanto, aglomerados globulares não serão detectados *a priori* pela *pipeline* de redução de dados do J-PLUS e do S-PLUS e ser capaz de detectar tais objetos de uma forma automatizada e eficiente é importante para explorar todo este potencial dos surveys.

O objetivo deste projeto é desenvolver uma *pipeline* para detectar aglomerados globulares extragalácticos em imagens do J-PLUS e do S-PLUS e no presente trabalho apresentamos nossos resultados da detecção de aglomerados globulares extragalácticos de um modo semiautomático em imagens do J-PLUS.

Metodologia:

Utilizamos imagens do J-PLUS das galáxias NGC1023(S0), NGC3384 (S0), M105 (E1), M95 (SBb) e M96 (Sa), onde as quatro últimas galáxias foram observadas conjuntamente. Devido ao fato de que as galáxias NGC3384 e M105 aparecem muito próximas nas imagens, elas foram estudadas como um único sistema.

Com o objetivo de detectar aglomerados globulares sobrepostos à luz estendida dos halos galácticos, primeiramente nós removemos o perfil de luz das galáxias em cada imagem. Para executar esta etapa, realizamos numerosos testes com os *software* CHEFs (JIMÉNEZ-TEJA; BENÍTEZ, 2012), ELLIPSE (TODY, 1993) e ISOFIT (CIAMBUR, 2015) com o objetivo de determinar parâmetros ótimos de entrada. Um exemplo de imagem residual gerada após a subtração do perfil de luz da galáxia pode ser visto na Figura 1.

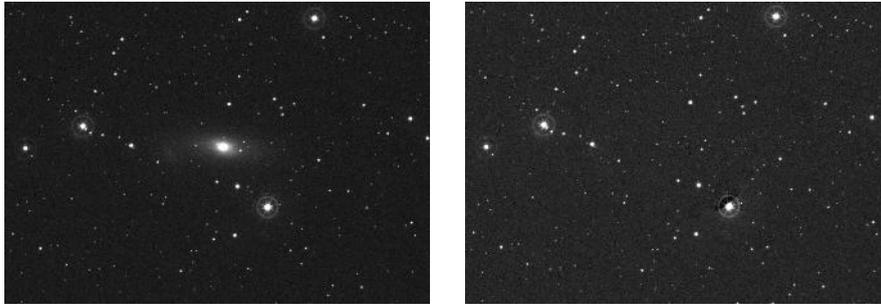


Figura 1. Esquerda: imagem da galáxia NGC1023 observada na banda u. Direita: imagem residual.

A partir das melhores imagens residuais obtidas com o ISOFIT, a detecção de objetos foi realizada com o uso do *software* SExtractor (BERTIN; ARNOUITS, 1996). Com o objetivo de selecionar candidatos a AG, nós adaptamos parte dos critérios apresentados por Cho et al. (2016) e por Kartha et al. (2014). Nós adotamos critérios baseados em cor, magnitude, qualidade dos dados e formato dos objetos. Primeiramente estudamos objetos detectados nas bandas g e i .

A seleção de magnitude na banda i foi $i \geq 18.9$ mag, pois considerando a distância das galáxias estudadas (aproximadamente 11 Mpc), objetos mais brilhantes do que tal valor provavelmente são galáxias anãs ultracompactas (KARTHA et al., 2014). Já o intervalo de cor adotado foi $0.65 \leq g-i \leq 1.3$ mag.

Como critério de qualidade dos dados, selecionamos apenas objetos com o parâmetro de saída do SExtractor $FLAGS < 4$, para excluir objetos muito próximos ao limite das imagens e estrelas saturadas de primeiro plano. Além disso, também selecionamos objetos com a relação $S/N > 5$ fixando o critério $MAGERR_ISO < 0.2$ mag (CHO et al., 2016). Considerando o formato dos objetos detectados, nós limitamos o *Full Width Half Maximum* ($FWHM$) de modo a selecionar fontes pontuais fracas. Por fim, utilizamos o critério $CLASS_STAR > 0.5$ com o objetivo de selecionar objetos compactos. Exemplos dos critérios de seleção de $MAGERR_ISO$, $FWHM$ e $CLASS_STAR$ podem ser vistos na Figura 2.

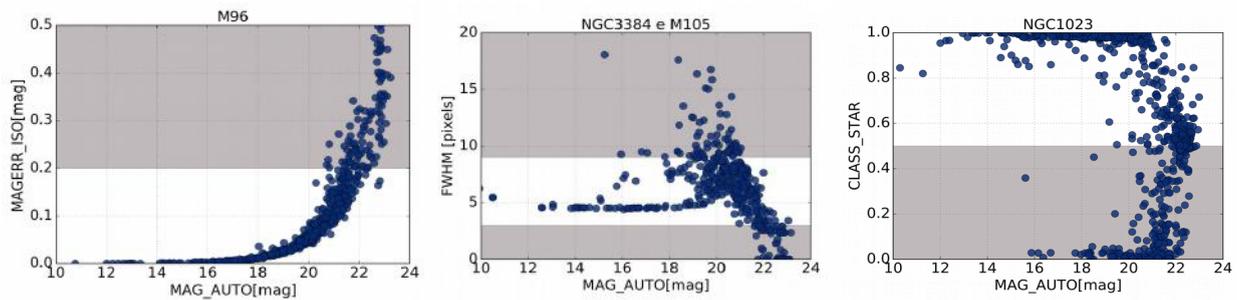


Figura 2. Esquerda: $MAGERR_ISO$ adotado para a M96. Centro: $FWHM$ adotado para as galáxias NGC3384 e M105 na banda i . Direita: $CLASS_STAR$ adotado para a galáxia NGC1023. Objetos em regiões em cinza foram excluídos.

Os objetos restantes após tal seleção foram considerados candidatos a AG das bandas g e i e comparando as posições destes objetos com os objetos detectados nas demais imagens, obtivemos os candidatos a AG das outras bandas. Como método adicional de análise aplicamos os critérios de qualidade dos dados e formato aos candidatos a AG das bandas extras. Ao final do processo, obtivemos um catálogo de candidatos a AG para cada banda e para cada conjunto de dados.

Resultados e Discussão:

Com o uso da versão atual da *pipeline* obtivemos as quantidades de candidatos a aglomerados globulares apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Candidatos a AG detectados em cada galáxia estudada.

Galáxia	Candidatos a AG obtidos
NGC1023	200 ± 20
NGC3384 e M105	80 ± 15
M95	63 ± 20
M96	88 ± 15

Os números de candidatos a aglomerados globulares detectados nas galáxias NGC1023, NGC3384 e M105 foram comparados com o que é reportado na literatura para dados do HST/ACS e VLT (CORTESI et al., 2016; BERGOND et al., 2006), como ilustrado na Figura 3. Os números de candidatos a AG das galáxias M95 e M96 não foram comparados com a literatura, pois informações não foram obtidas para o sistema de AG de tais galáxias.

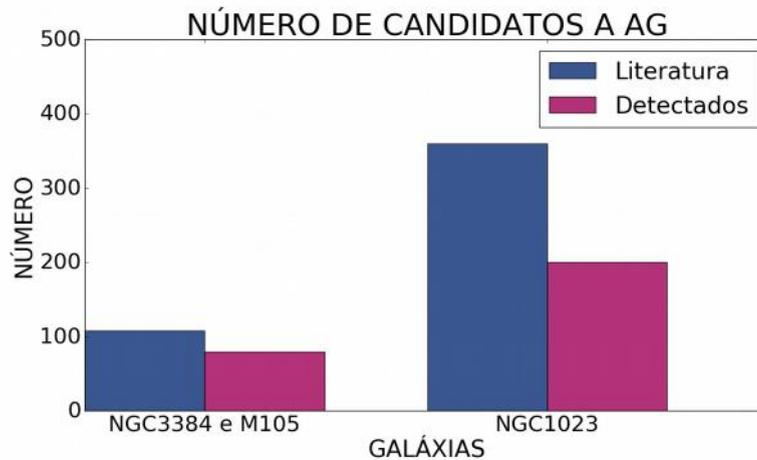


Figura 3. Comparação entre a quantidade de candidatos a AG detectados e o que é reportado na literatura para as galáxias NGC1023, NGC3384 e M105.

Nós estamos atualmente comparando as coordenadas dos objetos que detectamos com o uso da *pipeline* com informações encontradas em catálogos publicados. Nós comparamos a posição de aproximadamente 20% dos candidatos com um raio de 2 segundos de arco.

Possíveis razões para a diferença encontrada entre o número de detecções e o que era esperado segundo a literatura estão atualmente sendo investigadas. Tal diferença pode ser pelo menos parcialmente explicada por diferenças entre as magnitudes limites dos instrumentos utilizados nos estudos da literatura e o instrumento utilizado em nossa pesquisa, o tamanho grande do pixel do CCD utilizado no J-PLUS (0.55"/pixel) e pela condição meteorológica relativamente ruim de algumas das nossas noites de observação.

Conclusões:

Nossa *pipeline* é capaz de recuperar parcialmente os candidatos a AG das imagens estudadas quando comparada ao que é reportado na literatura. Os estudos da literatura foram realizados com condições observacionais melhores e resoluções espaciais maiores. Dessa forma, consideramos que os nossos resultados obtidos até o momento já são capazes de ilustrar o potencial do J-PLUS para o estudo de AG.

Pretendemos expandir este trabalho das seguintes maneiras:

- 1) Aperfeiçoar nossa metodologia, explorando outros *software* e critérios para aumentar o número de objetos detectados que concordam com o que é apresentado na literatura.
- 2) Aplicar o que desenvolvemos a novos conjuntos de dados.
- 3) Concluir a automatização da metodologia apresentada neste trabalho, seja tornando-a disponível como um *script* em *python* ou como um *workflow* científico através de um *script* no Apache Taverna, uma plataforma que já está sendo utilizada com aplicações astronômicas (BENSON; WALTON, 2009).

Referências bibliográficas

- 1) LARSEN, S. S. A G1-like Globular Cluster in NGC 1023. **AJ**, v. 122, p. 1782-1787, out. 2011.
- 2) JIMÉNEZ-TEJA, Y.; BENÍTEZ, N. A New Tool for Image Analysis Based on Chebyshev Rational Functions: CHEF Functions. **ApJ**, v. 745, p. 150, fev. 2012.
- 3) TODY, D. IRAF in the Nineties. In: HANISCH, R. J.; BRISSENDEN, R. J. V.; BARNES, J. **Astronomical Data Analysis Software and Systems II**. 1993. p. 173. v. 52.
- 4) CIAMBUR, B. C. Beyond Ellipse(s): Accurately Modelling the Isophotal Structure of Galaxies with ISOFIT and CMODEL. **ApJ**, v. 810, p. 120, set. 2015.
- 5) BERTIN, E.; ARNOUITS, S. SExtractor: Source for source extraction. **A&As**, v. 117, p. 393-404, jun.1996.
- 6) CHO, H. et al. The Globular Cluster System of the Coma cD Galaxy NGC 4874 from Hubble Space Telescope ACS and WFC3/IR Imaging. **ApJ**, v. 822, p.95, maio 2016.
- 7) KARTHA, S. S. et al. The SLUGGS survey: the globular cluster systems of three early-type galaxies using wide-field imaging. **MNRAS**, v. 437, p. 273-292, jan. 2014.
- 8) CORTESI, A. et al. The SLUGGS survey: chromodynamical modelling of the lenticular galaxy NGC 1023. **MNRAS**, v. 456, p. 2611-2621, mar. 2016.
- 9) BERGOND, G. et al. Wide-field kinematics of globular clusters in the Leo I group. **A&A**, v. 448, p. 155-164, mar. 2006.

10) BENSON, K. M.; WALTON, N. A. AstroGrid: Taverna in the Virtual Observatory . **Memorie della Società Astronomica Italiana**, v. 80, p. 574, 2009.