

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA

Propriedades Dinâmicas e Populacionais do Aglomerado de Galáxias LCDCS-S001*

Sandro Barboza Rembold

Tese realizada sob orientação da Dra. Miriani G. Pastoriza e apresentada ao Instituto de Física da UFRGS em preenchimento parcial dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Porto Alegre
2007

* Trabalho parcialmente financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Para Sérgio Guimarães Kehrwald,
mais do que as galáxias elípticas

e para meus pais.

Nem tudo o que é obscuro é necessariamente profundo.

Alan Sokal & Jean Bricmont, *Imposturas Intelectuais*, 1999.

AGRADECIMENTOS

- ★ à Miriani, por me transmitir a eterna disposição de encarar desafios novos e por ter acreditado em mim mesmo nos momentos mais difíceis;
- ★ aos meus pais, Nair e Frederico, e aos meus irmãos, cunhados e sobrinhos, pelo amor e incentivo. Felizes são os momentos em que podemos estar todos juntos;
- ★ a Sérgio Kehrwald, ao lado de quem o universo é mais belo;
- ★ aos astrônomos e amigos Jules Soares e Leandro Kerber, pelo prazer de compartilhar uma vida acadêmica;
- ★ aos muitos amigos, em especial ao (agora colega) Eduardo Laschuk, pelo companheirismo, pelas gargalhadas e pelo xadrez;
- ★ às famílias Schmitt e Póvoa, por terem me acolhido;
- ★ a Renato Viceconti, pela ajuda inestimável em momentos cruciais da redação deste trabalho;
- ★ ao staff do Gemini Sul por ajudarem a executar as mais complicadas observações astronômicas que já enfrentei;
- ★ a Fabrício Ferrari por diversas dicas e pelo *ffdefs*;
- ★ aos professores deste Instituto de Física pela minha formação acadêmica;
- ★ ao povo brasileiro, a quem eu espero retornar os frutos da minha formação.

CONTEÚDO

Agradecimentos	iv
Resumo	xi
1. Introdução	1
1.1 Visão geral	1
1.2 Classificação, morfologia e riqueza dos aglomerados	1
1.3 Componentes dos aglomerados	2
1.3.1 O meio intra-aglomerado	2
1.3.2 Matéria escura	3
1.3.3 Galáxias	4
1.4 Objetivos deste trabalho	6
2. Observações e Redução de Dados	9
2.1 Observações	9
2.1.1 O GMOS	9
2.1.2 Fotometria	10
2.1.3 Espectroscopia	12
2.2 Redução de dados	14
3. Detecção e fotometria das galáxias	20
3.1 Detecção dos objetos	20
3.1.1 O SExtractor	20
3.2 Fotometria e parâmetros estruturais	25
3.2.1 O GIM2D	25
4. Dinâmica e função de luminosidade	27
4.1 <i>Redshifts</i> dos objetos da amostra espectroscópica	27
4.2 Centro da distribuição projetada do aglomerado	29
4.3 Dispersão de velocidades	31

Conteúdo	vi
4.4 Massa dinâmica	32
4.5 Estrutura do aglomerado	33
4.5.1 Redshifts fotométricos	36
4.5.2 Perfil de densidade	43
4.6 Função de luminosidade	46
4.7 Parâmetros estruturais e morfologia das galáxias da amostra fotométrica	48
4.8 Discussão	55
5. Características espectrais dos membros confirmados	61
5.1 Linhas de absorção	61
5.2 Linhas de emissão	65
6. Propriedades dos membros confirmados	68
6.1 Síntese de populações	68
6.2 Emissão [OII]	71
6.3 Magnitudes absolutas	74
6.4 Massas luminosas	75
6.5 Caracterização dos membros confirmados e discussão	75
7. Conclusão	89
Referências	93
Apêndice	101
A. Lista de objetos detectados na imagem i'	101
B. Artigos publicados	125
B.1 Rembold & Pastoriza 2007	125
B.2 Krabbe, Rembold & Pastoriza 2007	136

LISTA DE FIGURAS

2.1	Curvas de transmissão dos filtros r' e i' do GMOS.	12
2.2	Imagem de LCDCS-S001 na banda i' obtida para o aglomerado.	13
2.3	Localização na imagem i' dos objetos selecionados para espectroscopia.	15
2.4	Espectros bidimensionais crus da máscara #1.	15
2.5	Funções de traçamento dos espectros da máscara #1.	18
3.1	Seção de $1' \times 1'$ na imagem i' mostrando os objetos extraídos pelo SExtractor.	22
3.2	Eficiência de detecção do SExtractor em função da magnitude para diferentes densidades de objetos.	24
4.1	Distribuição de redshifts das galáxias da amostra espectroscópica.	29
4.2	Membros confirmados do aglomerado, indicados por círculos, sobrepostos à imagem na banda i' ($5.5' \times 5.5'$).	30
4.3	Centro do aglomerado calculado pela maximização do parâmetro de densidade superficial A , calculado para diferentes valores de m . As coordenadas X e Y mostram a posição relativa, em minutos de arco, em relação ao centro da imagem i'	31
4.4	Histograma de velocidades radiais dos membros do aglomerado em relação ao valor mediano.	32
4.5	Densidade projetada de galáxias no aglomerado, conforme medida pelo parâmetro A . A imagem cobre $5' \times 5'$	34
4.6	Diagrama cor-magnitude dos objetos com índice de estelaridade menor do que 0.4 e $i' < 25$ e dos doze membros confirmados	35
4.7	Localização da região central do aglomerado, imagem ampliada dessa região, diagrama cor-magnitude e histograma de cor das galáxias dessa região	37
4.8	O mesmo que a figura 4.7, para a sobredensidade a noroeste.	38
4.9	O mesmo que a figura 4.7, para a sobredensidade a nordeste.	39

4.10	Evolução da magnitude absoluta no referencial do observador nas bandas K e i' de uma galáxia elíptica de metalicidade solar e com redshift de formação $z=6$	41
4.11	Comparação entre redshifts fotométricos e espectroscópicos	44
4.12	Perfil de densidade de objetos no aglomerado.	45
4.13	Número de galáxias no aglomerado em cada anel de 51.7 kpc.	47
4.14	Distribuição de magnitudes aparentes para a região central (1450×1450 minutos de arco) e para a região periférica.	49
4.15	Função de luminosidade do aglomerado na banda i', e função de Schechter de melhor ajuste.	50
4.16	Histograma das razões B/T dos objetos do aglomerado e da amostra de controle.	52
4.17	Distribuição dos objetos com diferentes razões B/T no diagrama cor-magnitude; o diâmetro de cada círculo representando um objeto é associado à razão B/T.	53
4.18	Distribuição bidimensional das galáxias com diferentes razões B/T	54
4.19	Histograma dos raios efetivos (transformados em unidades físicas usando $z=0.709$) dos objetos com redshifts fotométricos entre 0.49 e 0.96.	55
4.20	Emissão em rádio 1.4 GHz medida pelo VLA sobreposta à imagem do aglomerado.	57
4.21	Relação entre a potência monocromática em 1.4 GHz e a massa dos aglomerados de galáxias (Feretti 2003), mostrando a posição de LCDCS-S001 no diagrama.	59
5.1	Exemplo hipotético para ilustrar a determinação dos índices de Lick.	66
5.2	Espectros (mapeados para $z=0$) das doze galáxias da amostra com redshifts entre 0.69 e 0.72 e principais linhas de absorção observadas.	66
6.1	Dependência radial do parâmetro Q	72
6.2	Comparação das larguras equivalentes de $\lambda 3727$ com os modelos	73
6.3	Dados da galáxia ID 302	77
6.4	Dados da galáxia ID 226	78
6.5	Dados da galáxia ID 318	79
6.6	Dados da galáxia ID 224	80
6.7	Dados da galáxia ID 1481	81
6.8	Dados da galáxia ID 236	82
6.9	Dados da galáxia ID 157	83

6.10	Dados da galáxia ID 244	84
6.11	Dados da galáxia ID 175	85
6.12	Dados da galáxia ID 182	86
6.13	Dados da galáxia ID 273	87
6.14	Dados da galáxia ID 241	88

LISTA DE TABELAS

2.1	Grades de difração do GMOS-South	10
2.2	Filtros disponíveis no GMOS-South	11
4.1	ID, coordenadas, magnitudes aparentes, redshifts e principais características espectrais das galáxias do aglomerado	28
4.2	Distâncias projetadas ao centro do aglomerado para os doze membros confirmados.	33
5.1	Definições dos índices de Lick	65
5.2	Índices espectroscópicos medidos para os doze membros confirmados .	67
6.1	Resultados da síntese	70
6.2	Magnitudes absolutas e massas luminosas para os doze membros confirmados.	74

RESUMO

As propriedades dinâmicas e populacionais do aglomerado de galáxias LCDCS-S001 são analisadas mediante imageamento e espectroscopia de multi-objetos obtidos com o instrumento GMOS do observatório Gemini Sul. Através da espectroscopia de uma amostra de objetos selecionados através de imageamento na banda i' , confirmamos que LCDCS-S001 é um aglomerado de galáxias a *redshift* $z=0.709$. Síntese de populações estelares foi realizada para doze membros confirmados, através das medidas de índices espectroscópicos, usando os modelos de Bruzual & Charlot (2003) como espectros de base. Encontramos que as melhores soluções são aquelas com metalicidade solar, e que a maior parte das estrelas que compõem as galáxias estudadas é evoluída ($t \geq 3$ Gyrs). Três galáxias da amostra apresentam contribuição significativa em fluxo ($> 30\%$) de populações estelares com 1 Gyrs. Em seis objetos, encontramos contribuição de populações estelares jovens ($t \approx 0.1$ Gyrs), associada a formação estelar recente. A proporção de estrelas jovens na população estelar das galáxias aumenta conforme aumenta a distância das galáxias ao centro do aglomerado. Emissão $[OII]\lambda 3727$ foi encontrada em quatro objetos, todos mostrando, na síntese, contribuição importante de populações estelares jovens. As larguras equivalentes de $[OII]\lambda 3727$ foram comparadas com os modelos de Magris, Binette & Bruzual (2003) para regiões HII, e encontramos boa correspondência para escalas de tempo de formação estelar entre 1.0 e 3.0 Gyrs. Em termos morfológicos, encontramos que os esferóides mapeiam melhor a estrutura do aglomerado, estando as galáxias de disco localizadas preferencialmente na periferia, e concluimos que cerca de 10% das galáxias do aglomerado são esferoidais, com raio efetivo típico de 10-15 kpc. Em termos de massa, encontramos que as três galáxias mais massivas encontram-se no centro do aglomerado. As velocidades relativas dos membros confirmados foram usadas na estimativa da massa projetada do aglomerado, e encontramos $3.54^{+2.33}_{-1.41} \times 10^{14} M_{\odot}$. A distribuição bidimensional dos objetos mostrou que o aglomerado apresenta uma morfologia alongada. Sobredensidades locais foram identificadas na imagem i' , uma das quais provavelmente fazendo parte do aglomerado. Este fato sugere que LCDCS-S001 está sofrendo um processo de fusão. Essa hipótese é fortalecida pela identificação de uma fonte de rádio em 1.4 GHz no centro

do aglomerado, com uma alta potência monocromática, característica de halos rádio encontrados em aglomerados que vivenciam processos de instabilidade dinâmica.

ABSTRACT

The dynamical and populational properties of the cluster of galaxies LCDCS-S001 are analysed through imaging and multi-object spectroscopy obtained with the GMOS instrument of the Gemini South Observatory. By means of spectroscopy of a sample of objects selected in a *i'* band image, we have confirmed that LCDCS-S001 is a cluster of galaxies at redshift $z=0.709$. Stellar population synthesis has been applied for twelve confirmed members, through the measured spectroscopic indices, using the models of Bruzual & Charlot (2003) as template spectra. We have found that the best solutions are those with solar metallicity, and that most of the stars which constitute the studied galaxies are evolved ($t \geq 3$ Gyrs). Three galaxies of the sample present significant flux contribution ($> 30\%$) of stellar populations with 1 Gyrs. In six objects, we have found a contribution of young stellar populations ($t \approx 0.1$ Gyrs), associated to recent star formation. The proportion of young stars in the stellar population of the galaxies becomes higher as the distance of the galaxies to the cluster center rises. [OII] $\lambda 3727$ emission was found in four objects, all of which show strong contribution in the synthesis of young stellar populations. The equivalent widths of [OII] $\lambda 3727$ have been compared to the models of Magris, Binette & Bruzual (2003) for HII regions, and we have found a good correspondence for star formation timescales between 1.0 and 3.0 Gyrs. In morphological terms, we have found that the spheroids map better the structure of the cluster, the disk galaxies populating preferably the peripheral regions, and we have concluded that around 10% of the cluster galaxies are spheroids, with a typical effective radius of 10-15 kpc. In terms of mass, we have found that the three most massive galaxies lay at the cluster center. The relative velocities of the confirmed members have been used to estimate the projected mass of the cluster, and we found $3.54^{+2.33}_{-1.41} \times 10^{14} M_{\odot}$. The two-dimensional distribution of the objects has shown that the cluster presents an elongated morphology. Local overdensities have been identified in the *i'* image, one of which probably being part of the cluster. This fact suggests that LCDCS-S001 is undergoing a fusion process. This hypothesis is strengthened by the identification of a radio source in 1.4 GHz in the cluster center, with a high monochromatic power, characteristic of radio halos found in clusters which

undergo dynamical instabilities.

1. INTRODUÇÃO

We live in a changing universe, and few things are changing faster than our conception of it.

Timothy Ferris, *The Whole Shebang*, 1998.

1.1 Visão geral

Os aglomerados de galáxias são as maiores estruturas próximas de um estado de equilíbrio dinâmico no Universo: seu tempo característico de virialização é da ordem de 10^9 anos (da ordem do tempo de Hubble), enquanto estruturas em maior escala (superaglomerados) apresentam um tempo característico substancialmente maior ($\sim 10^{10.5}$ anos). Tipicamente, apresentam extensão da ordem de alguns megaparsecs e contêm de centenas a milhares de galáxias. A massa dinâmica total de um aglomerado pode ser superior a 10^{15} massas solares. Mesmo compreendendo menos de 10% de todas as galáxias do universo, os aglomerados de galáxias são sistemas de grande interesse astrofísico, pois permitem estudar toda uma gama de fenômenos, desde a formação e evolução das galáxias e sua relação com o ambiente, a distribuição da matéria escura e as propriedades do gás intergalático até a forma das flutuações primordiais de densidade no Universo.

Os aglomerados de galáxias estão longe de formarem um grupo coeso: as características estruturais e morfológicas, bem como da população subjacente, variam fortemente entre aglomerados de um mesmo *redshift*.

1.2 Classificação, morfologia e riqueza dos aglomerados

Diversos sistemas de classificação têm sido propostos para os aglomerados de galáxias. Tais sistemas se baseiam em propriedades inteiramente distintas entre si, tais como o formato da distribuição bidimensional de galáxias, a concentração da distribuição, a presença de galáxias dominantes e as proporções de galáxias

dos diferentes tipos de Hubble. Os dois sistemas de classificação historicamente mais usados são os de Bautz-Morgan e de Rood-Sastry. No sistema Bautz-Morgan (Bautz & Morgan 1970), os aglomerados são classificados de acordo com a proeminência da galáxia mais brilhante em relação às demais. O sistema Rood-Sastry (Rood & Sastry 1971) utiliza como critério a distribuição espacial projetada das 10 galáxias mais brilhantes do aglomerado. Na prática, os diferentes sistemas de classificação estão fortemente correlacionados, o que mostra que todos se baseiam, mesmo que indiretamente, em uma mesma física subjacente (em particular, o grau de relaxamento dinâmico do sistema).

Um parâmetro de larga utilização como indicador do número de galáxias de um aglomerado é a *riqueza*, definida por Abell (1958) a partir do número N de galáxias pertencentes ao aglomerado com magnitude aparente entre m_3 e m_3+2 (onde m_3 é a magnitude aparente do terceiro membro mais brilhante do aglomerado) e dentro de um raio de $1.5h^{-1}\text{Mpc}$ (raio de Abell) em relação ao centro do aglomerado. São definidas seis classes de riqueza R , dependendo do valor de N : para $N>300$, o aglomerado possui $R=5$; para $200<N<299$, $R=4$; para $130<N<199$, $R=3$; para $80<N<129$, $R=2$; para $50<N<79$, $R=1$ e para $N<50$, $R=0$. Os aglomerados massivos possuem $R\geq 2$, aglomerados de massa intermediária apresentam $R=1$ e aglomerados pobres possuem $R=0$. Os aglomerados de Virgo e de Hydra (A1060) possuem $R=1$, Coma possui $R=2$ e A3558 possui $R=4$.

1.3 Componentes dos aglomerados

Os aglomerados de galáxias podem ser divididos em três componentes principais: as galáxias, que correspondem a somente cerca de 5% de sua massa total, o meio intra-aglomerado, composto pelo gás difuso que não colapsou, e a matéria escura, dominante em termos de massa.

1.3.1 O meio intra-aglomerado

O meio intra-aglomerado (ICM) comporta a maior parte da matéria bariônica de um aglomerado, correspondendo a cerca de 15% de sua massa total. Provavelmente esta componente se formou pela acumulação de gás durante eventos de fusão de unidades menos massivas na fase inicial de condensação do aglomerado. Como resultado da compressão adiabática e de ondas de choque formadas por movimentos supersônicos durante a virialização do aglomerado, forma-se uma distribuição de gás permeando o poço de potencial. A densidade do ICM é da ordem

de 10^{-3} partículas por cm^3 (Kay et al. 2004).

A temperatura do ICM é determinada pela densidade local e atinge tipicamente entre 10^7 e 10^8K para aglomerados de 10^{14} a 10^{15} massas solares. Se o gás atinge temperaturas superiores a 10^7K , ele se torna totalmente ionizado e passa a emitir em raios-X por efeito de bremsstrahlung térmico. Observações em raios-X são uma das principais ferramentas astrofísicas na obtenção de perfis de densidade de massa dos aglomerados de galáxias. Além do contínuo térmico em raios-X, são observadas linhas de emissão metálicas de elementos ionizados (Molendi et al. 2004).

O gás aquecido, conforme emite radiação, está continuamente se resfriando. Uma vez que o bremsstrahlung é um processo entre dois corpos (interação entre um elétron e um próton), a emissividade é proporcional à densidade eletrônica e de íons. O gás no centro do aglomerado, por ser mais denso, resfria mais rapidamente do que regiões menos densas. Para suportar a atmosfera hidrostática, a densidade do gás aumenta conforme sua temperatura cai. O gás excedente deve fluir subsônicamente para o centro do aglomerado se ocorre o resfriamento. Esse fenômeno é chamado fluxo de resfriamento (*cooling flow*) (Fabian, Nulsen & Canizares 1990).

Além dos raios-X, observa-se em alguns aglomerados fontes de emissão síncrotron em rádio associadas ao ICM, tanto na forma de fontes extensas permeando o aglomerado (halos) como na forma de fontes mais compactas (reliquias). Os halos são localizados no centro do aglomerado e apresentam baixa polarização, enquanto as reliquias são encontradas com mais frequência na periferia e são fortemente polarizadas. Estas fontes implicam a existência, em alguns aglomerados, de campos magnéticos da ordem de μG e elétrons relativísticos difundidos no ICM. Acredita-se que os halos estejam conectados com eventos de fusão – uma vez que até hoje todos os aglomerados que exibem halos em rádio apresentam evidências de eventos de fusão recentes ou ainda em processo – no qual os elétrons dispersos no ICM sofrem re-aceleração via turbulência (Feretti, Burigana & Ensslin 2004).

1.3.2 Matéria escura

A hipótese de matéria escura surgiu com Zwicky em 1933, com a constatação de que a massa visível do aglomerado de Coma não seria suficiente para evitar a dispersão de suas galáxias componentes, tendo em vista suas enormes velocidades. Paralelamente, surgiam evidências de que as curvas de rotação observadas das galáxias espirais e as dispersões de velocidade das elípticas não seriam possíveis se somente a componente visível da massa estivesse presente. A partir da década de

1970 tornou-se aceito de forma geral que galáxias e aglomerados contêm uma fração significativa de massa em uma forma desconhecida, que domina sua dinâmica.

Nos aglomerados de galáxias, a matéria escura distribui-se num halo, produzido a partir das interações dos halos individuais das galáxias. Cerca de 80% da massa do aglomerado encontra-se no halo de matéria escura. Existem evidências de que a matéria escura é principalmente não-bariônica.

1.3.3 Galáxias

Distribuição espacial

A distribuição espacial das galáxias varia fortemente entre os aglomerados. Para aglomerados ricos (especialmente na região central), o perfil de densidade numérica projetada pode ser descrito por uma esfera isotérmica da mesma forma que os aglomerados estelares, e representado por uma lei de King (1962):

$$N(r) = \frac{N_C}{1 + (r/r_c)^2}, \quad (1.1)$$

onde N_C é a densidade central e r_c é o raio do caroço central (*core*). Porém a maior parte dos aglomerados apresenta formatos irregulares, que se manifestam como triaxialidade na distribuição de galáxias (de Filippis et al. 2005) ou mesmo na forma de sub-estruturas (Flin & Krywult 2006).

Morfologia e populações estelares

O tipo morfológico mais característico dos aglomerados de galáxias é o das galáxias elípticas. Sua ocorrência preferencial nos centros dos aglomerados ricos, as regiões com maior densidade de galáxias no universo, impõe fortes vínculos aos modelos de interação entre galáxias e o ambiente.

Até $z=0.5$, as galáxias esferoidais vermelhas e luminosas dominam a população central dos aglomerados ricos. Tais galáxias se distribuem em uma faixa estreita no diagrama cor-magnitude, apresentando cores típicas semelhantes às encontradas para galáxias esferoidais no universo local e definindo a chamada *seqüência vermelha* (de Vaucouleurs 1961; Bower, Lucey & Ellis 1992; Stanford, Eisenhardt & Dickinson 1998; Hashimoto et al. 2005). As galáxias da seqüência vermelha mostram uma dependência da cor com a luminosidade, no sentido de que galáxias mais luminosas são mais vermelhas – ou seja, existe uma relação cor-magnitude característica para esses objetos. A evolução da relação cor-magnitude é compatível com *redshifts* de formação $z>2$ para as estrelas dessas galáxias (La Barbera et

al. 2003). A inclinação da relação cor-magnitude não parece sensível ao *redshift*, até pelo menos $z=1.0$ (Kodama et al. 1998), indicando que essa relação surge principalmente de uma seqüência de metalicidades intrínseca das galáxias, e não de uma seqüência de idades. Geralmente, as galáxias da seqüência vermelha não apresentam linhas de emissão ou sinais de formação estelar recente. No entanto, para altos *redshifts*, essa população diminui sistematicamente seu domínio frente a uma população de galáxias mais azuis, um fenômeno conhecido como *efeito Butcher-Oemler* (Butcher & Oemler 1978). Essa população azul parece ser formada principalmente por galáxias espirais ou peculiares, ou mesmo por esferóides com espectros pós-*starburst*.

Em aglomerados pobres, a fração de galáxias esferoidais diminui frente às galáxias de disco (especialmente espirais tardias). Além disso, em um dado aglomerado, a fração de galáxias esferoidais aumenta com a densidade local de galáxias (Dressler 1980).

A contribuição relativa de cada tipo morfológico em um aglomerado apresenta evidências de evolução desde $z=1.0$ até o presente. Embora a fração de galáxias elípticas pareça apresentar pouca dependência com o *redshift*, a fração de galáxias espirais aumenta sensivelmente, enquanto que as galáxias lenticulares se tornam mais raras. Embora possivelmente afetado pela dificuldade em se classificar adequadamente galáxias a alto *redshift* (especialmente em diferenciar galáxias elípticas de lenticulares), este padrão pode indicar que as galáxias espirais são transformadas em galáxias esferoidais e lenticulares pelo ambiente denso dos aglomerados (Smith et al. 2005).

Alguns tipos de galáxias somente são encontradas em aglomerados. As galáxias cD são galáxias gigantes que apresentam extensos envelopes estelares de baixo brilho superficial. Tais galáxias ocupam a região central de aglomerados ricos regulares, e podem apresentar núcleos múltiplos.

Galáxias irregulares e peculiares são pouco comuns em aglomerados do universo local, mas se tornam mais importantes conforme aumenta o *redshift*.

Processos evolutivos

Fusões de galáxias desempenham um papel importante em teorias de formação de galáxias em aglomerados. Eventos de fusão entre espirais massivas podem levar à formação de galáxias elípticas: a relaxação violenta associada com o evento de fusão destrói os discos estelares, criando um sistema dinamicamente quente. De fato, modelos hierárquicos de formação de galáxias em cenários cosmológicos

com matéria escura fria e constante cosmológica não-nula (Λ CDM) predizem que galáxias massivas foram formadas em várias gerações sucessivas de fusões e que as galáxias elípticas experimentaram seus últimos eventos importantes de fusão em $z < 1$ (Meza et al. 2003; Governato et al. 2004; Robertson et al. 2004; de Lucia et al. 2006). Eventualmente o processo deixa uma assinatura cinemática, como núcleos dinamicamente distintos.

O processo de formação das galáxias lenticulares também pode se basear em interações dinâmicas, incluindo eventos de fusão. Uma hipótese é de que fusões entre galáxias com massas muito distintas leve à permanência do disco estelar do progenitor mais massivo (Burkert, Brodie & Larsen 2005). A supressão abrupta do gás a partir de interações dinâmicas com o meio intra-aglomerado também é levantada como uma possibilidade (Moran et al. 2006).

Em aglomerados próximos, fusões são eventos bastante raros, devido à baixa probabilidade de encontros com baixas velocidades entre os membros. Se as galáxias elípticas se formaram em eventos de fusão, elas devem ter ocorrido em alto redshift, quando os aglomerados de galáxias eram dinamicamente mais jovens. De fato, observa-se que na faixa $0.2 < z < 0.4$ a frequência de pares interagentes é de cerca de 5% (p. ex. Dressler et al. 1994). Para *redshift* $z \sim 0.8$, a fração de eventos de fusão sobe para 17%, e se estende inclusive para objetos com alta luminosidade; a maior parte dos sistemas em fusão a esse *redshift* não apresenta sinais de gás suficiente para a formação de um disco (somente 15% dos objetos apresenta larguras equivalentes de $[\text{OII}]3727 > 5\text{\AA}$), e portanto a maior parte desses sistemas deverá evoluir em galáxias esferoidais (van Dokkum et al. 1999). Uma vez que as galáxias em processo de fusão deveriam ter baixas velocidades relativas, os eventos de fusão devem preferencialmente se localizar em sub-estruturas frias sendo acretadas pelo aglomerado, o que parece ser o caso, conforme indica a distribuição espacial dos sistemas em fusão (ocorrendo na periferia do aglomerado).

1.4 Objetivos deste trabalho

Na Dissertação de Mestrado realizada pelo autor, foi estudada uma amostra de galáxias esferoidais do universo local ricas em meio interestelar (Rembold 2001). Utilizamos fotometria $JHKs$, visando analisar as características morfológicas e populacionais destas galáxias mediante os perfis de brilho, as cores integradas e a comparação com modelos espectrofotométricos. Como resultado, foi encontrado que a maior parte das galáxias da amostra não apresenta perturbações morfológicas e possui cores compatíveis com o cenário de colapso monolítico a alto *redshift*.

No entanto, alguns objetos não acompanhavam essa tendência. Em especial, a galáxia NGC 720 apresentava um perfil de brilho divergindo fortemente de uma lei de Sérsic (ver Equação 3.2 no presente trabalho). Esta galáxia foi posteriormente analisada em detalhes (Rembold, Pastoriza & Bruzual 2005) mediante espectroscopia, onde foi mostrado que NGC 720 é formada por dois sistemas distintos, um bojo de estrelas evoluídas e um disco dinamicamente quente com população estelar jovem. Em conjunto com a análise do gradiente de $Mg2$, este resultado sugere que NGC 720 seja um sistema híbrido, resultante de um evento de fusão entre duas galáxias de disco com diferentes massas, seguido de um surto de formação estelar, em *redshift* estimado de 0.4. Uma melhor compreensão de como se dá a formação e a evolução de sistemas como NGC 720 seria obtida se pudéssemos identificar e observar tanto seus progenitores como as fases iniciais dos eventos de fusão. Nesse caso, quais seriam o ambiente e o *redshift* ideais para procurarmos por estes objetos, ou seja, nos quais os eventos de fusão são favorecidos?

Conforme vimos anteriormente, os aglomerados de galáxias são ambientes hostis nos quais os eventos de evolução dinâmica são acelerados. Em aglomerados de galáxias, para *redshifts* entre 0.2 e 0.4, a frequência de pares interagentes é de cerca de 5%, mas essa frequência sobe para 17% em $z = 0.8$ (van Dokkum et al. 1999), concordando com os resultados de simulações de N-corpos no cenário hierárquico nos quais os últimos eventos importantes de fusão ocorreram a $z < 1$ (p.ex. de Lucia et al. 2006). Por outro lado, a fração de galáxias que apresentam formação estelar é 50% superior em $z=0.75$ do que é encontrado no universo local e mesmo até $z=0.5$ (Postman 1998), sendo que o pico de formação estelar se dá entre $z=1$ e $z=2$ (Madau et al. 1996). Assim sendo, aglomerados de galáxias a *redshift* $z > 0.5$ são aqueles nos quais os eventos de fusão que geraram galáxias esferoidais perturbadas no universo local ocorreram preferencialmente.

A partir deste conjunto de considerações e da nossa experiência com galáxias esferoidais no universo local, buscamos realizar um estudo detalhado de uma população de galáxias em um aglomerado ainda pouco estudado, a *redshift* $z > 0.5$. Seleccionamos, a partir do levantamento de aglomerados de galáxias a alto *redshift* do observatório Las Campanas (*Las Campanas Distant Cluster Survey*, Gonzales et al. 2001), o candidato LCDCS-S001. Neste trabalho, nossa intenção é realizar uma investigação espectroscópica e fotométrica deste candidato mediante o instrumento GMOS e o telescópio Gemini Sul. Mediante a espectroscopia, determinaremos seu *redshift*, sua dispersão de velocidades e sua massa, bem como analisaremos a população estelar das galáxias que o constituem. A fotometria permitirá determinar a estrutura física projetada do aglomerado, sua distribui-

ção radial e investigar possíveis sub-estruturas. Finalmente, a morfologia e as populações estelares das galáxias do aglomerado serão analisadas em detalhes, permitindo com isso a identificação e caracterização das galáxias progenitoras das galáxias esferoidais perturbadas no universo local, vinculando estas informações às propriedades locais do aglomerado. Com isso, poderemos entender melhor a evolução dos aglomerados, e obteremos a contrapartida em alto *redshift* das galáxias por nós estudadas no universo local.

Este trabalho está estruturado da forma que segue. No capítulo 2, apresentamos os dados e o processo de redução dos mesmos. No capítulo 3 estão expostos os passos para a detecção dos objetos nas imagens do aglomerado e a obtenção dos seus parâmetros fotométricos e estruturais. O capítulo 4 trata das características dinâmicas obtidas para o aglomerado, tais como massa e distribuição projetada de galáxias, bem como dos parâmetros estruturais das galáxias que o formam. No capítulo 5 expomos as principais características espectrais dos membros confirmados do aglomerado. No capítulo 6, apresentamos as propriedades populacionais e estruturais destas mesmas galáxias. Finalmente, no capítulo 7 desenvolvemos as conclusões obtidas neste trabalho. Adotaremos neste trabalho uma cosmologia com $H_0 = 0.71 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$, $\Omega_M = 0.27$ e $\Omega_{vac} = 0.73$ (Spergel et al. 2003).

2. OBSERVAÇÕES E REDUÇÃO DE DADOS

Ora, Catarina, você me faz rir! Queria que eu me deixasse arrastar pela opinião dessa gente que só se move por interesses? Da tão propalada opinião pública, a famosa maioria silenciosa e todas essas baboseiras? Não, muito obrigado!

Henrik Ibsen, *Um Inimigo do Povo*, 1906.

2.1 Observações

Os dados nos quais este trabalho se baseia foram obtidos no observatório Gemini Sul em dois períodos distintos. O primeiro foi realizado em março de 2004 e compreende imageamento na banda i' e espectroscopia de multi-objetos centrada em 764 nm. O segundo foi realizado em abril de 2005 e originalmente compreendia imageamento nas bandas r' e z' , porém a imagem na banda z' foi descartada devido a problemas de acompanhamento de telescópio durante a observação.

2.1.1 O GMOS

Utilizamos neste trabalho dados obtidos no Observatório Gemini Sul, com o instrumento GMOS - *Gemini Multi-Object Spectrograph and Imager*. O GMOS possui os seguintes modos de operação: imageamento tanto em banda larga como em banda estreita, espectroscopia de fenda longa, espectroscopia multi-objeto (MOS) e espectroscopia de campo integral (IFU). O detector é formado por um conjunto de três CCDs, cada um com 2048×4608 pixels de $13.5 \mu\text{m}$. Os modos espectroscópicos cobrem de 0.36 a $1.10 \mu\text{m}$ em comprimento de onda. A resolução espectral vai de 670 a 4400 (com fenda de 0.5 segundos de arco) nos modos MOS e fenda longa, e de 1080 a 7100 (com fenda de 0.31 segundos de arco) no modo IFU. Os conjuntos de grades de difração e de filtros disponíveis são mostrados nas tabelas 2.1 e 2.2, respectivamente.

No modo MOS, as fibras óticas direcionam os feixes de luz para a grade de difração e, depois da dispersão da luz, redirecionam cada espectro para uma posição sobre o CCD. Os espectros bidimensionais são justapostos sobre a câmera, ao longo das linhas.

Grade	Nº da grade	Densidade (mm ⁻¹)	λ de pico (nm)	R	Cobertura (nm)	Escala (nm/pixel)
B1200	G5321	1200	463	3744	143	0.023
R831	G5322	831	757	4396	207	0.034
B600	G5323	600	461	1688	276	0.045
R600	G5304	600	926	3744	286	0.047
R400	G5305	400	764	1918	416	0.067
R150	G5306	150	717	631	1071	0.174

Tab. 2.1: Grades de difração disponíveis para o GMOS-South.

2.1.2 Fotometria

Uma vez que estamos interessados em obter dados sobre a região ótica do espectro das galáxias deste aglomerado, é preciso selecionar filtros adequados, que correspondam ao comprimento de onda ótico no referencial em repouso. O *redshift* estimado para LCDCS-S001 com base na espectroscopia da galáxia mais próxima do centro é de 0.47 (Gonzales et al. 2001). Para uma galáxia a *redshift* 0.4, o comprimento de onda aproximado da banda *V* (550 nm) no referencial do laboratório é deslocado para 770 nm, enquanto o infravermelho próximo (banda *R*) se desloca até 900nm. Sendo assim, os filtros G0326 a G0328 (correspondendo aos filtros *r'*, *i'* e *z'*) são os mais adequados. A figura 2.1 mostra as curvas de transmissão dos filtros *r'* e *i'* do GMOS.

Com base na magnitude aparente esperada para galáxias na faixa de *redshifts* em questão (conforme investigado na literatura), estimamos que galáxias até a magnitude $I=21$ mag formariam uma amostra razoável da população do aglomerado, tendo em vista que até essa magnitude as galáxias esferoidais e de disco massivas são observáveis com relativa facilidade. A Calculadora de Tempo de Integração (ITC) do GMOS¹ foi utilizada para determinar o tempo de integração e as condições atmosféricas necessárias para obter uma observação com razão sinal-ruído em torno de 10 para tais objetos. As fontes foram modeladas como possuindo perfis de brilho gaussianos, com FWHM de um segundo de arco, e dis-

¹ endereço eletrônico: www.gemini.edu/sciops/instruments/itc/ITCgmosSouth.html

Nº do filtro	Nome do filtro	λ efetivo (nm)	Cobertura (nm)
G0332	u_G0332	350	336-385
G0325	g_G0325	475	398-552
G0326	r_G0326	630	562-698
G0327	i_G0327	780	706-850
G0328	z_G0328	≥ 925	≥ 848
G0333	CaT_G0333	860	780-933
G0335	SII_G0335	672	669.4-673.7
G0336	Ha_G0336	656	653.9-660.0
G0337	HaC_G0337	662	658.1-664.9
G0338	OIII_G0338	499	496.5-501.5
G0339	OIIIC_G0339	514	509.0-519.0
G0329	GG455_G0329	≥ 555	≥ 460
G0330	OG515_G0330	≥ 615	≥ 520
G0331	RG610_G0331	≥ 710	≥ 615
G0334	RG780_G0334	≥ 880	≥ 780
...	g_G0325 + GG455_G0329	506	460-552
...	g_G0325 + OG515_G0330	536	520-552
...	r_G0326 + RG610_G0331	657	615-698
...	i_G0327 + CaT_G0333	815	780-850
...	z_G0328 + CaT_G0333	890	848-933

Tab. 2.2: Filtros disponíveis para o GMOS-South.

tribuição espectral de uma galáxia elíptica mapeado para $z=0.6$; foi escolhido um *binning* espacial de 2×2 , gerando uma resolução espacial de 0.144 segundos de arco por píxel. Para essas configurações de observação, três exposições de 100 segundos (totalizando 300 segundos) são suficientes na banda i' para se obter uma boa razão sinal/ruído. A imagem obtida na banda i' apresentou um *seeing* de 0.29 segundos de arco. A figura 2.2 mostra a imagem obtida na banda i' para o aglomerado. A imagem assim obtida foi usada para selecionar as galáxias para a espectroscopia.

No ano de 2005 foi submetido um novo projeto para observação de imagens do aglomerado nas bandas r' e z' . As configurações instrumentais foram mantidas, mas o tempo de integração total das imagens foi aumentado para 485 segundos. A imagem obtida na banda r' apresentava *seeing* de 0.92 segundos de arco. A imagem obtida na banda z' não pôde ser utilizada devido a erros de acompanhamento de telescópio.

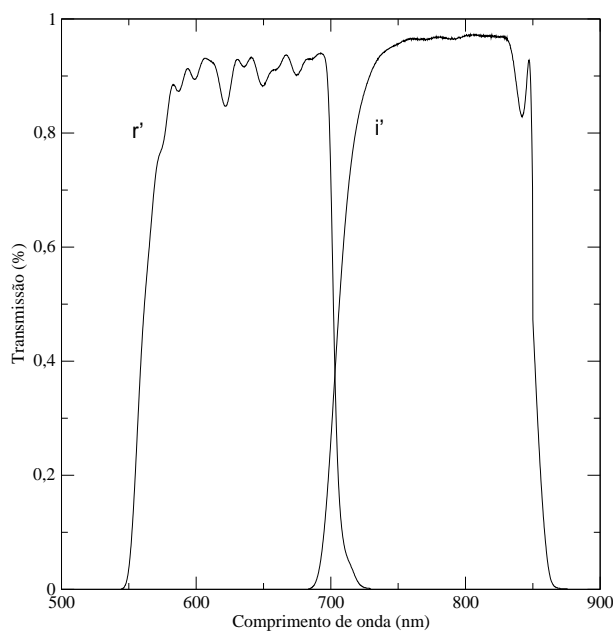


Fig. 2.1: Curvas de transmissão dos filtros r' e i' do GMOS.

2.1.3 Espectroscopia

A escolha de se observar a região espectral em torno de 770 - 935 nm no referencial em repouso e a necessidade de evitar ao máximo a contaminação dos espectros pela emissão telúrica (particularmente intensa a partir de 900 nm) tornam natural a escolha da grade de difração R400 do GMOS. Para estudar em detalhe as propriedades das galáxias componentes do aglomerado, o modo MOS do GMOS é o mais adequado, uma vez que permite a obtenção de dezenas de espectros simultâneos.

A execução de uma observação em modo MOS exige que, a partir de uma imagem do campo a ser estudado (preferencialmente obtida também no GMOS), sejam selecionados os objetos de interesse para as observações espectroscópicas. A escolha destes objetos deve seguir alguns critérios: dois objetos não podem ocupar a mesma posição horizontal (dimensão espectral) da imagem (para não haver sobreposição de espectros no CCD) e os objetos devem respeitar uma separação vertical (dimensão física) mínima por motivos técnicos. Para cada objeto escolhido, define-se uma abertura (o equivalente à largura da fenda para uma observação em modo fenda longa). A lista de objetos assim definida (máscara) é transformada em uma máscara física pelo *staff* do Gemini Norte e serve como base para a orientação das fibras óticas do GMOS durante a observação espectroscópica. Como auxiliar na elaboração da máscara, existe o software *Mask Making Device* disponibilizado pelo Gemini.

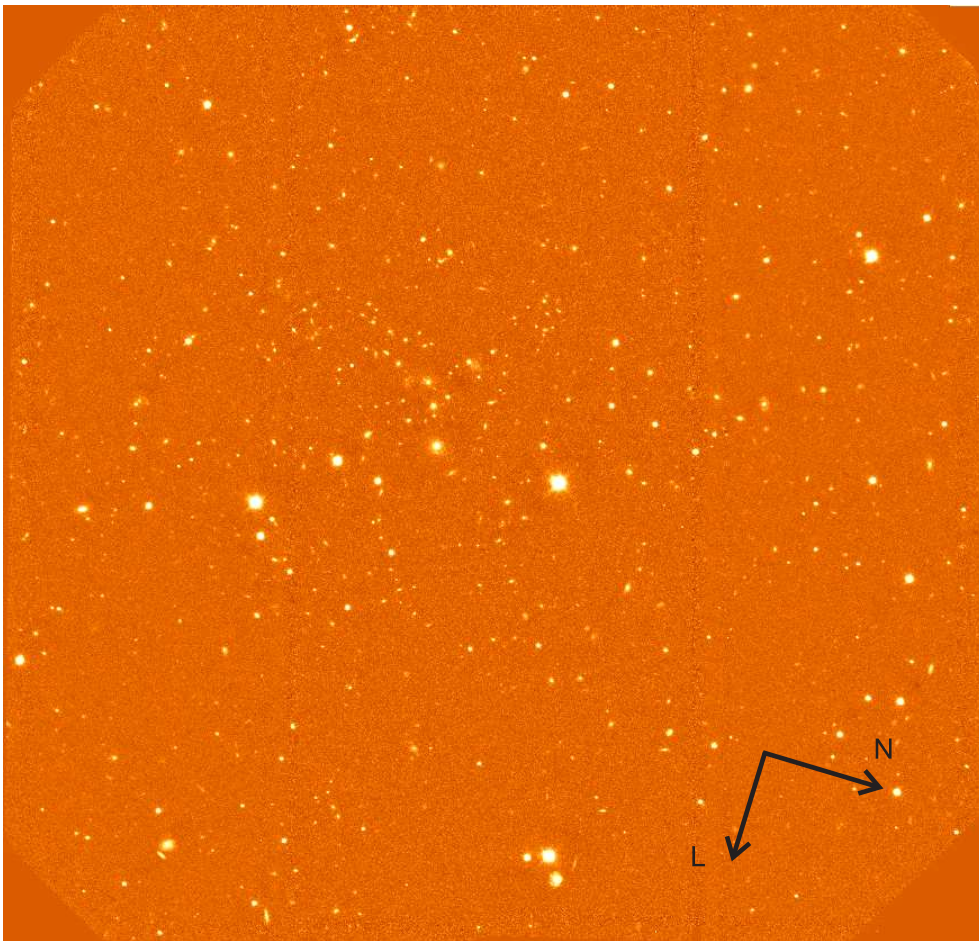


Fig. 2.2: Imagem de LCDCS-S001 na banda i' obtida para o aglomerado.

Para a seleção dos objetos para a espectroscopia, analisamos visualmente a imagem na banda i' e criamos um catálogo preliminar de 545 objetos brilhantes, incluindo objetos estelares. Foi associado um número de identificação a cada objeto. Essa identificação será usada para a amostra espectroscópica ao longo deste trabalho. Dentro deste catálogo preliminar, selecionamos os objetos para a espectroscopia de acordo com os seguintes critérios: *magnitude aparente*, sendo priorizados objetos mais brilhantes para aumentar a razão sinal/ruído; *morfologia aparente*, determinada tanto visualmente quanto pela inspeção dos perfis de brilho obtidos pela rotina IMEXAM do IRAF; e *distância projetada aparente do centro do aglomerado*, uma vez que a inspeção visual da imagem tornou isso possível e porque estamos interessados em estudar os objetos membros do mesmo. Com base nestes critérios, criamos uma lista de candidatos. O *Mask Making Device* do Gemini foi usado para estabelecer a amostra final de objetos: ele estabelece uma lista que maximiza o número de objetos que podem ser observados simultaneamente, obedecendo aos critérios de distanciamento mínimo. Foram criadas duas máscaras, totalizando 40 objetos. A dimensão de cada abertura foi definida de acordo com o tamanho visual de cada objeto. A figura 2.3 mostra a localização dos objetos escolhidos para espectroscopia na imagem na banda i' .

As configurações de observação foram estabelecidas com base em uma razão sinal/ruído mínima de 5 em torno dos 760 nm. A ITC do GMOS foi utilizada para determinar o tempo de integração e as binagens espacial e espectral necessárias para esse valor mínimo. Obtivemos três exposições para cada máscara, totalizando um tempo de integração de 1200 segundos por máscara, com binagem de 2 píxeis na direção espectral e 4 píxeis na direção espacial.

A figura 2.4 mostra o conjunto de espectros bidimensionais crus da máscara #1. As linhas são a dimensão espectral, e ao longo das colunas estão os espectros dos diferentes objetos.

2.2 Redução de dados

O observatório Gemini disponibiliza o pacote GEMINI, desenvolvido para uso no ambiente IRAF, para a redução de dados obtidos com seus diferentes instrumentos. O sub-pacote GMOS é composto de programas para redução de dados tanto nos modos espectroscópicos como no modo de imageamento obtidos com este instrumento.

Para a redução de dados fotométricos, são necessários os seguintes passos:

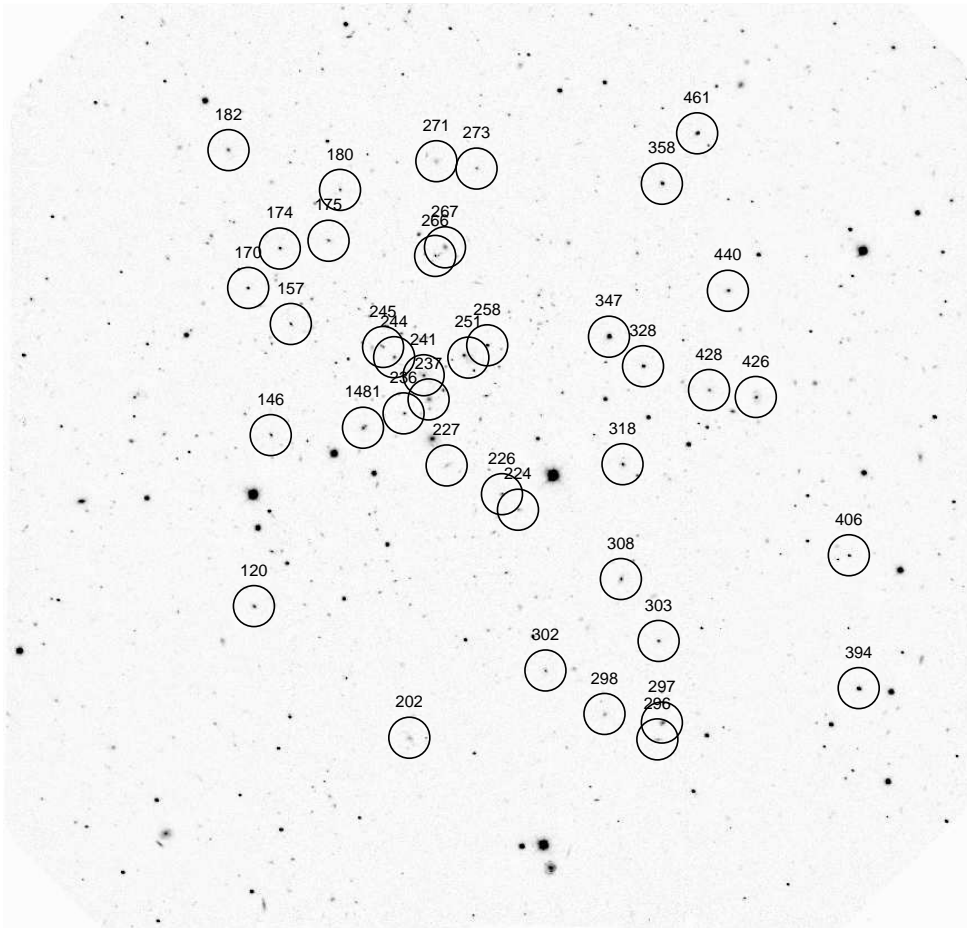


Fig. 2.3: Localização na imagem i' dos objetos selecionados para espectroscopia.

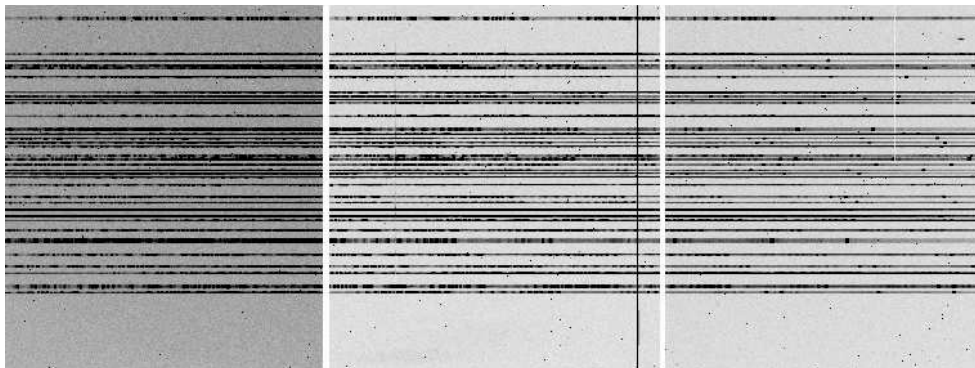


Fig. 2.4: Espectros bidimensionais crus da máscara #1.

Correção por bias Os píxeis de quaisquer CCDs, quando do início de uma exposição, geralmente não possuem contagens zeradas, uma vez que podem apresentar-se carregados. Tal carga inicial do píxel é uma característica aditiva na imagem obtida pelo instrumento e é chamada de corrente de *bias* (viés). O Gemini fornece uma imagem com tempo de integração curto (1 segundo) para correção desse efeito. A correção pelo *bias* é feita através do programa GBIAS do pacote GMOS, que subtrai a imagem de *bias* das imagens científicas.

Correção por flat field A sensibilidade dos píxeis de um CCD é característica das condições em que os mesmos foram construídos e geralmente não é idêntica entre um píxel e outro. Essa é uma característica multiplicativa na imagem obtida pelo instrumento. O *flat field* (campo plano) é uma imagem gerada com iluminação homogênea sobre o CCD e evidencia a irregularidade na sensibilidade dos píxeis. A correção por *flat field* é feita pelo programa GSFLAT do GMOS, que divide as imagens científicas por esta.

Mosaicing A imagem obtida pelo GMOS é transformada em um arquivo FITS com múltiplos índices; cada um dos três CCDs de sua câmera gera um dos arquivos parciais. A junção de todos em uma só imagem (*mosaicing*) é realizada pelo programa GMOSAIC.

Combinação de imagens A imagem científica final é obtida mediante combinação de todas as exposições independentes entre si. Essa combinação é feita pelo programa GSCOMBINE do GMOS.

Nos modos de imageamento nas bandas r' e i' , o *staff* do Gemini disponibilizou as imagens já reduzidas, não havendo necessidade de refazer as reduções de dados. A calibração fotométrica foi feita mediante estrelas padrões observadas nas mesmas noites em que as imagens foram obtidas.

Para a redução dos dados espectroscópicos, além dos passos acima, são necessários:

Calibração por comprimento de onda Espectros de lâmpadas de CuAr são obtidos pelo Gemini nas mesmas condições instrumentais que as imagens científicas, para permitir a calibração dos espectros em comprimento de onda. Os programas GSWAVELENGTH e GSTRANSFORM são utilizados para corrigir os espectros observados. O programa GSWAVELENGTH faz uma varredura do espectro da lâmpada, com o auxílio do usuário, em busca das linhas de emissão características

da lâmpada, e determina uma equação de transformação entre píxeis e comprimento de onda em função da linha na imagem. Essa equação de transformação é utilizada pelo programa GSTRANSFORM, que processa os espectros científicos e os calibra em comprimento de onda.

Extração dos objetos O último passo da redução de dados espectroscópicos é a extração dos espectros unidimensionais de cada objeto a partir do espectro bidimensional. Para isso é necessário definir a janela de integração do espectro e uma área de céu adjacente (para subtração do espectro atmosférico). O programa GSEXTRACT realiza essa tarefa.

No nosso caso, a extração dos espectros é um trabalho particularmente difícil, tendo em vista o sinal fraco dos mesmos. Em primeiro lugar, a contribuição de céu é difícil de ser apurada em espectros bidimensionais com pouca cobertura espacial (cabe ressaltar que a necessidade de observar um grande número de objetos impôs estipular fendas estreitas). Em segundo lugar, espectros com baixo sinal são difíceis de ser corretamente traçados e extraídos. O GSEXTRACT estima a contribuição do céu ajustando uma função aos píxeis em cada coluna da fenda (na dimensão espacial) em regiões definidas em torno da fonte. Para fendas estreitas, o fato de que os espectros não são perfeitamente paralelos às linhas do CCD causa a contaminação das regiões definidas como tendo somente contribuição de céu em um comprimento de onda específico. Tal efeito pode gerar uma super ou sub-estimativa da contribuição do céu e/ou a introdução de falsas características nos espectros extraídos. Além disso, o GMOS falha na tentativa de traçar os objetos mais tênues, uma vez que não consegue determinar o centro do perfil de brilho, mesmo em situações em que tal identificação pode ser feita facilmente por inspeção visual.

Para resolver estes problemas, adotamos a seguinte abordagem. Com a tarefa APALL do IRAF, realizamos duas extrações para cada objeto, ambas centralizadas no centro aparente do perfil de brilho em um comprimento de onda específico. A primeira extração (f_1) foi configurada para a largura aparente da fonte, e a segunda (f_2) para a largura total da fenda. Devido à baixa razão sinal-ruído, uma fração de todos os objetos não foi corretamente traçada, e portanto as extrações assim produzidas não foram úteis; para a fração das fendas que foram traçadas corretamente, identificamos o comportamento geral da função de traçamento. A figura 2.5 mostra a função de traçamento (um polinômio de Legendre de ordem 2) de 17 fontes que foram traçadas corretamente pela tarefa APALL. É evidente dessa Figura que existe uma função comum média que ajusta todas as fendas

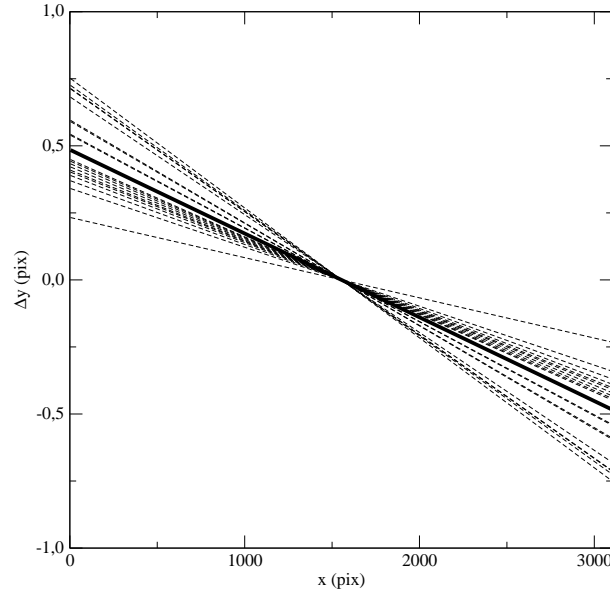


Fig. 2.5: Funções de traçamento dos espectros da máscara #1.

com boa aproximação. As variações entre eles estão dentro de 0.25 pixels em relação a média. Com isso, determinamos o coeficiente médio de Legendre para as extrações e re-extraímos as fontes para as quais o primeiro traçamento não obteve êxito usando este coeficiente como parâmetro fixo.

Tendo em mãos estas duas extrações centradas no objeto mas com diferentes aberturas, determinamos a emissão pura do objeto usando as seguintes considerações. As extrações podem ser escritas como:

$$f_1(x) = SKY(x) \Delta y_1 + OBJ(x) \quad (2.1)$$

$$f_2(x) = SKY(x) \Delta y_2 + OBJ(x), \quad (2.2)$$

onde SKY é a contribuição média do céu no píxel x por ângstrom, Δy_1 e Δy_2 são as larguras das extrações e $OBJ(x)$ é a contribuição integrada do objeto no píxel x . Uma aritmética simples nos leva a

$$OBJ(x) = \frac{\Delta y_1}{\Delta y_2 - \Delta y_1} \left(\frac{\Delta y_2}{\Delta y_1} f_1(x) - f_2(x) \right). \quad (2.3)$$

Ainda é necessário levar em conta o fato de que, nas bordas do espectro, existem perdas na contribuição do céu devido às variações no centro do objeto, que é na verdade função de x . Tal correção é feita por um fator multiplicativo igual à razão do fluxo que é perdido durante o traçamento.

A combinação das três extrações parciais para cada objeto é outro passo crucial. O cálculo da mediana (tradicionalmente utilizado para espectros de objetos próximos) é útil quando existem diversas extrações, mas para um número pequeno como 3 ele essencialmente escolhe o valor intermediário, o que não produz um resultado muito robusto. O uso da média aritmética, por sua vez, gera uma melhor determinação do contínuo, porém não permite a eliminação dos raios cósmicos (minimizados na mediana uma vez que nesta última os valores extremos da sequência são descartados). Para minimizar esses problemas, usamos a seguinte prescrição para combinar as extrações: em um dado comprimento de onda, para cada par dentre os três valores, a média e o desvio padrão σ da média foram determinados; se qualquer valor excedesse 3σ , esse valor era descartado e a média dos outros dois era utilizada como o resultado; se nenhum dos três valores caísse nessa condição, a média aritmética dos três valores era tomada. Esse algoritmo de *clipping* conserva as vantagens do cálculo da média aritmética enquanto mantém a possibilidade de corrigir píxeis contaminados.

O passo final foi a calibração em fluxo dos espectros, que foi realizada usando-se uma estrela padrão espectrofotométrica. O espectro dessa estrela não cobriu toda a faixa de comprimento de onda que observamos, sendo útil somente até cerca de 7000 Å. A tarefa CALIBRATE do IRAF foi usada para realizar a calibração. Correções por linhas telúricas não foram realizadas, pois não foram observadas estrelas-padrão telúricas.

Apesar de todo o cuidado durante a redução dos dados, diversas linhas e bandas de emissão de céu permaneceram presentes entre os 9000 Å e 11000 Å em alguns dos espectros. Para um total de 30 objetos obtivemos espectros com boa correção de céu e boa razão sinal-ruído.

3. DETECÇÃO E FOTOMETRIA DAS GALÁXIAS NAS IMAGENS r' E i'

Penso que não cegamos, penso que estamos cegos, Cegos que vêem, Cegos que, vendo, não vêem.

José Saramago, *Ensaio sobre a cegueira*, 1995.

3.1 Detecção dos objetos

O imageamento permite a determinação de três tipos de grandezas físicas, cada uma das quais relevante para responder perguntas específicas a respeito do sistema em estudo: a distribuição bidimensional dos objetos no sistema, dada a partir da posição de cada objeto no campo; a luminosidade relativa dos objetos, dada pela magnitude aparente integrada; e os parâmetros estruturais da distribuição de luminosidade, que dão informações a respeito das propriedades dinâmicas de cada objeto.

No campo observado pelo GMOS, podem ser identificados visualmente milhares de objetos. Para esse tipo de observação, é conveniente utilizar um sistema automatizado de detecção de objetos e a criação de um catálogo com suas posições na imagem, para análises posteriores. Para a identificação automatizada dos objetos, utilizamos o software *SExtractor*.

3.1.1 O SExtractor

O programa SExtractor (Source Extractor) é orientado para *surveys* astronômicos em grande escala, como galáxias a alto *redshift* e aglomerados de galáxias (Bertin & Arnouts 1996). Ele varre a imagem procurando por grupos de píxeis conectados entre si em uma determinada região e que possuam intensidade acima de um certo fator em relação à flutuação de fundo, e retorna um catálogo com as coordenadas,

a magnitude aparente integrada e outros parâmetros. O programa executa os seguintes passos em uma imagem:

- ▶ *Estimativa do céu*: A detecção e a fotometria de objetos tênues requer uma boa estimativa da contribuição de céu na imagem. O SExtractor realiza um primeiro levantamento da imagem calculando uma estimativa do céu em um *grid* que cobre toda a imagem, utilizando uma mistura de eliminação por desvio de ponto (*σ clipping*) e estimativa de modos. Após essa primeira aproximação, um cálculo de medianas é aplicado para suprimir a contaminação por estrelas brilhantes no campo. O mapa de contribuição de céu resultante é gerado por uma interpolação spline-bicúbica entre os componentes do *grid*, e este mapa é subtraído da imagem.
- ▶ *Detecção de bordas (thresholding)*: O SExtractor entende como um objeto astronômico um conjunto de píxeis fisicamente conectados que estão acima de uma intensidade limite. A detecção de bordas é a definição da extensão máxima do objeto. As bordas separam os objetos da região livre de objetos na imagem, e não os objetos entre si.
- ▶ *Separação das fontes (deblending)*: Quando um objeto é detectado no SExtractor, é aplicado sobre ele um filtro para tentar separá-lo em componentes isolados, se este for o caso. Essa característica do SExtractor é crucial para que o mesmo não confunda dois objetos distintos mas próximos como um único objeto.
- ▶ *Medições*: São calculados a posição do objeto, parâmetros de forma do objeto (semi-eixos maior e menor e ângulo de posição) e a fotometria (magnitudes aparentes isofotais e em abertura fixa), bem como um índice de estelaridade (uma estimativa da probabilidade de que o objeto em questão seja uma estrela, ou seja, o quanto seu perfil de brilho corresponde ao perfil de *seeing* instrumental).

Uma vez que a imagem na banda i' apresentava maior qualidade (menor *seeing*) do que a imagem na banda r' , ela foi utilizada para a detecção dos objetos no SExtractor. Grande parte das operações do SExtractor pode ser controlada mediante um arquivo de configuração. Dentre os parâmetros mais cruciais estão os de *thresholding*. Geralmente tais parâmetros são configurados de forma que o negativo da imagem não apresente nenhuma detecção do SExtractor. No entanto,

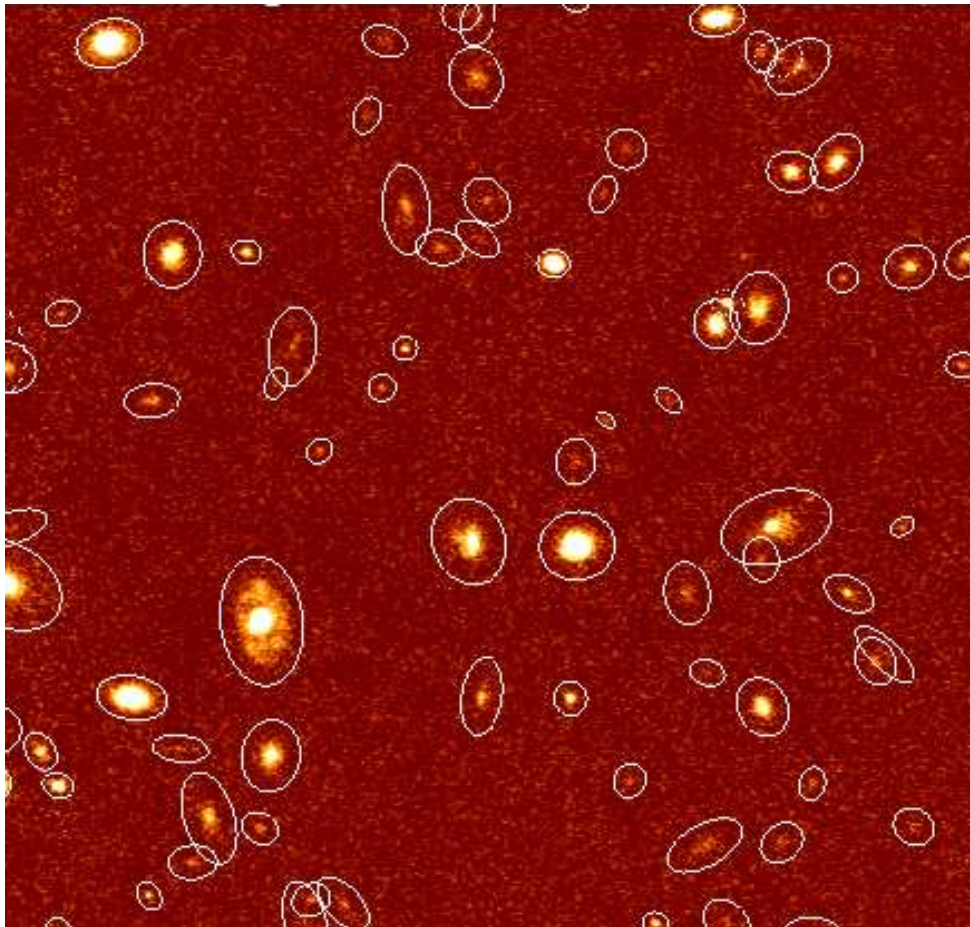


Fig. 3.1: Seção de $1' \times 1'$ na imagem i' mostrando os objetos extraídos pelo SExtractor.

como em nosso trabalho não há a necessidade de garantir completeza de amostra em magnitude, utilizamos como critério a comparação visual. O SExtractor fornece uma máscara de elipses que pode ser sobreposta à imagem do campo e permite analisar o sucesso do SExtractor em identificar os objetos que de fato são vistos no campo. A figura 3.1 mostra uma seção do campo com as elipses do SExtractor. Vemos que ele foi capaz de identificar corretamente os objetos, sem sobreposições. O SExtractor detectou objetos espúrios somente nas extremidades da imagem (onde o ruído é maior).

O catálogo cru gerado pelo SExtractor na banda i' compreendeu 3717 objetos. Para o catálogo final, selecionamos somente os objetos não estelares (objetos com índice de estelardade menor do que 0.8) e até a magnitude limite $i'=25.0$, totalizando 901 objetos. No catálogo final, cada objeto possui uma identificação

segundo o número de extração no SExtractor, que corre desde 1 até 901; grande parte dos objetos apresenta também uma segunda identificação, baseada na lista de 545 candidatos estabelecidos visualmente para as observações espectroscópicas, conforme explicado no Capítulo 2. O catálogo final com 901 objetos encontra-se no Apêndice A deste trabalho.

Na banda r' , a fotometria dos objetos foi realizada a partir do catálogo obtido na banda i' como referência. O SExtractor varre a imagem de referência identificando fontes e calcula a fotometria da fonte ocupando a mesma posição na imagem de interesse. A imagem na banda r' apresentava um pequeno desalinhamento frente à imagem i' , que precisou ser corrigido mediante o programa IMALIGN do IRAF. Ao final, somente um terço dos objetos identificados na banda i' foi corretamente extraído na banda r' , em parte por esse desalinhamento das imagens e em parte pela menor qualidade da imagem r' . As cores $r'-i'$ dos objetos assim obtidas estão também no Apêndice A.

Completeza

Estudamos o comportamento do SExtractor combinado aos nossos dados mediante a seleção e limpeza de uma seção da imagem i' e adição de amostras de objetos sintéticos. Objetos com perfis bidimensionais de bojo+disco, para várias razões B/T e para diversas magnitudes aparentes, bem como objetos com perfis estelares, foram distribuídos numa seção da imagem, através dos programas do pacote NOAO/ARTDATA do IRAF. O SExtractor foi rodado nessa seção da imagem e o percentual de sucesso nas extrações foi determinado. A figura 3.2 mostra os resultados para diferentes densidades de objetos sintéticos na imagem. Para uma densidade de 57.6 objetos por minuto de arco quadrado, que é a mais próxima da densidade de galáxias no campo, apenas 10% dos objetos com magnitude $i'=25$ são detectados. Mesmo para objetos mais brilhantes, a alta densidade de objetos provoca a não detecção de mais de 10% dos objetos. Ajustamos uma função de seleção a esses dados, do tipo

$$P = \frac{a}{1 + (i'/b)^c}, \quad (3.1)$$

onde a é o percentual de detecção de pico, b é a magnitude na qual a detecção cai a 50% e c indica a rapidez do corte. Encontramos $a=82.12$, $b=24.04$ e $c=50.80$. Essa função de seleção é mostrada sobreposta aos dados crus na figura 3.2.

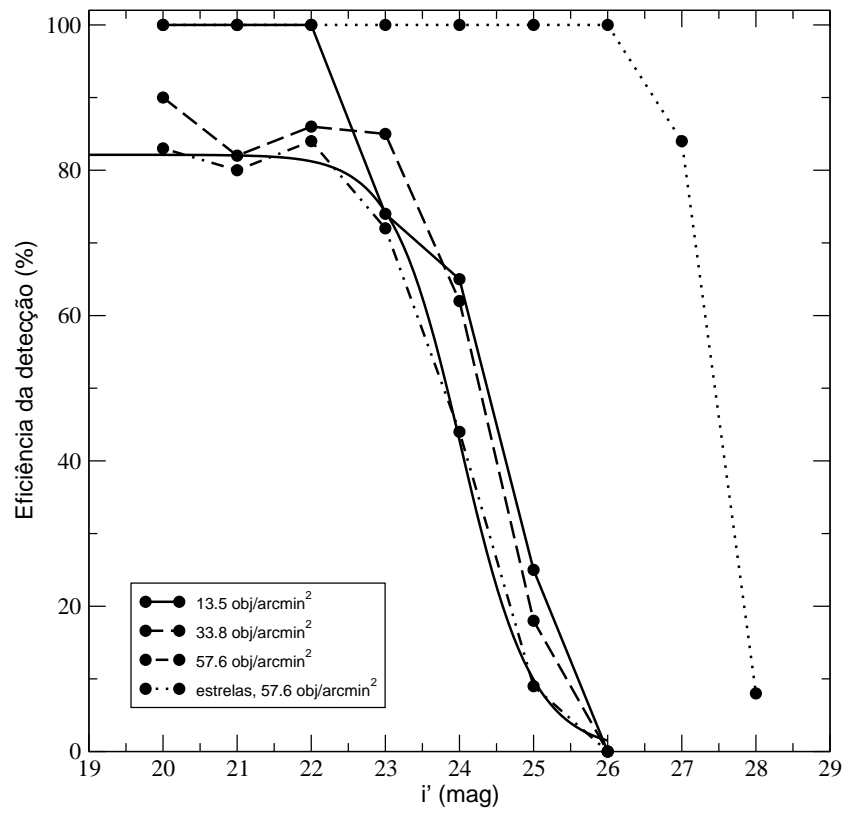


Fig. 3.2: Eficiência de detecção do SExtractor em função da magnitude para diferentes densidades de objetos.

3.2 Fotometria e parâmetros estruturais

Os perfis de brilho superficial de galáxias são reflexo da sua morfologia. Esferóides apresentam perfis de brilho seguindo a lei de Sérsic:

$$\mu(r) = \mu_e + b_n \left[(r/r_e)^{1/n} - 1 \right], \quad (3.2)$$

onde $b_n = 2.17n - 0.355$, r_e é o raio efetivo (o raio que engloba metade da luminosidade da galáxia), μ_e é o brilho superficial a um raio igual ao raio efetivo e n é o parâmetro de forma do perfil, sendo tanto menor quanto mais compacto for o objeto (tipicamente, $n \sim 4$ para galáxias elípticas massivas). Discos estelares apresentam um perfil de brilho exponencial,

$$\mu(r) = \mu_d + 1.815 [(r/r_d) - 1], \quad (3.3)$$

onde r_d é o raio de escala do disco e μ_d é o brilho superficial neste raio. A lei de brilho exponencial é de fato um caso particular da lei de Sérsic para $n=1$. Galáxias elípticas típicas são descritas como esferóides, embora algumas elípticas apresentem discos estelares (Rembold, Pastoriza & Bruzual 2005). Galáxias espirais são compostas por um disco pronunciado e um bojo esferoidal.

Para a realização da fotometria das galáxias da amostra e para o ajuste dos parâmetros estruturais das mesmas, foi utilizado o programa GIM2D.

3.2.1 O GIM2D

O programa GIM2D (Simard 1998) é um pacote de análise morfológica de galáxias distantes desenvolvido para o ambiente IRAF. O programa lê um catálogo de objetos de entrada, busca pelos mesmos na imagem e realiza o cálculo dos parâmetros estruturais com base em momentos. O GIM2D utiliza o algoritmo de Metropolis e determina a decomposição bojo+disco que melhor descreve a imagem de cada objeto. Os passos realizados pelo programa são:

- ▶ *Criação da PSF*: O GIM2D cria um modelo da função de espalhamento puntual (PSF) com base nos parâmetros de entrada; esse modelo é crucial para a convolução dos modelos e degradação ao mesmo *seeing* dos objetos.
- ▶ *Criação de modelos grosseiros*: O GIM2D cria um conjunto de modelos grosseiros para selecionar os melhores valores iniciais dos diversos parâmetros, para posterior utilização do algoritmo de maximização de verossimilhança.

- ▶ *Execução do algoritmo de Metropolis:* Os melhores valores dos parâmetros estruturais são determinados com base em momentos.
- ▶ *Amostragem de Monte-Carlo:* Quando a convergência é atingida, o GIM2D faz uma amostragem dos valores dos parâmetros na região do espaço de parâmetros onde a verossimilhança é máxima, de acordo com os resultados do algoritmo de Metropolis.
- ▶ *Valores finais:* Para cada parâmetro, a mediana dos diferentes modelos amostrados e os valores de confiança são gerados.
- ▶ *Imagens de saída:* O programa gera a imagem de saída de acordo com os parâmetros de melhor ajuste, e também a subtração da imagem original.

A saída do GIM2D contém os seguintes parâmetros:

- ▶ fluxo total F_T ;
- ▶ fração de bojo B/T;
- ▶ raio efetivo do bojo r_e ;
- ▶ elipticidade do bojo e_b ;
- ▶ ângulo de posição do bojo ϕ_b ;
- ▶ raio de escala do disco exponencial r_d ;
- ▶ inclinação i do disco;
- ▶ ângulo de posição do disco ϕ_d ;
- ▶ índice de Sérsic do bojo n .

O GIM2D foi rodado somente na imagem na banda i' , tendo em vista sua melhor qualidade em relação à banda r' . Os parâmetros assim obtidos para as galáxias da amostra fotométrica estão no Apêndice A deste trabalho.

4. PROPRIEDADES DINÂMICAS, FUNÇÃO DE LUMINOSIDADE DE LCDCS-S001 E PROPRIEDADES ESTRUTURAIS DE SEUS MEMBROS

O universo que observamos tem precisamente as propriedades que deveríamos esperar se, no fundo, não há projeto, propósito, bem ou mal, nada a não ser uma indiferença cega, impiedosa.

Richard Dawkins, *O rio que saía do Éden*, 1996.

4.1 Redshifts dos objetos da amostra espectroscópica

O levantamento de candidatos a aglomerados de galáxias do observatório Las Campanas utiliza algoritmos automáticos de identificação de candidatos a partir de imageamento do campo, e seu *redshift* é estimado a partir da espectroscopia da galáxia mais brilhante dentro de 15 segundos de arco do centro aparente da distribuição. O aglomerado LCDCS-S001 teve seu *redshift* estimado em 0.47 com base nesse sistema (Gonzales et al. 2001). Tendo em vista a incerteza associada a essa estimativa, é crucial a determinação do *redshift* espectroscópico do sistema a partir de amostras de galáxias pertencentes ao sistema.

Para tal determinação, o primeiro passo foi a identificação visual das linhas de absorção e de emissão presentes nos espectros obtidos com o GMOS no observatório Gemini Sul, descritos no Capítulo 2. Geralmente, as linhas H e K do Cálcio são as mais facilmente identificáveis. Outras características marcantes são as linhas de Balmer (especialmente H δ) e a banda G λ 4300. Para vinte dos objetos, fomos capazes de identificar com segurança um número de características espectrais. As mais evidentes estão listadas na tabela 4.1.

ID	$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	i'_{AB}	z	Características
120	10 06 25.20	-12 58 56.6	21.42	0.2201	CH $\lambda 4300$, H β , [OIII] $\lambda 4959$, [OIII] $\lambda 5007$, Mg2, MgI $\lambda 5170$, [NII] $\lambda 5200$, H α , [SII] $\lambda 6730$
146	10 06 21.10	-12 59 07.7	21.50	0.3910	H9, CaII K, CaII H, H δ , CH $\lambda 4300$, H β , Mg2, [NI] $\lambda 5200$
157	10 06:18.37	-12 59 11.6	21.68	0.7074	H12, H9, H8, CaII K, CaII H, H δ , CH $\lambda 4300$, H γ
175	10 06 16.17	-12 59 06.9	21.58	0.7064	H10, CaII K, CaII H, H δ , CH $\lambda 4300$
180	10 06 14.90	-12 59 07.9	21.75	0.6508	CaII K, CaII H, CH $\lambda 4300$, H γ
182	10 06 14.71	-12 59 50.1	21.17	0.7086	CaII K, CaII H, H δ , CH $\lambda 4300$, H γ , Mg2
224	10 06 21.20	-12 57 35.5	21.90	0.7091	H12, H11, H10, H9, CaII K, CaII H, H δ , CH $\lambda 4300$
226	10 06 20.94	-12 57 42.5	21.47	0.6983	H10, H9, H8, CaII K, CaII H, FeI $\lambda 4045$, H δ , CH $\lambda 4300$, FeI $\lambda 4383$
236	10 06 19.70	-12 58 23.9	21.77	0.7173	H10, H8, CaII K, CaII H, H δ
237	10 06 19.22	-12 58 17.0	20.82	0.2305	H β , [OIII] $\lambda 5007$, Mg2
241	10 06 18.69	-12 58 21.0	20.68	0.7090	H10, CaII K, CaII H, CH $\lambda 4300$
244	10 06 18.45	-12 58 32.9	21.48	0.7093	H8, CaII K, CaII H, H δ , CH $\lambda 4300$, H γ , [OIII] $\lambda 5007$
266	10 06 15.80	-12 58 28.8	21.89	0.7784	H10, H9, H8, CaII K, CaII H
273	10 06 13.51	-12 58 23.1	21.96	0.7055	CaII K, CaII H
302	10 06 24.77	-12 57 10.2	21.53	0.7090	H9, H8, CaII K, CaII H, H δ , CH $\lambda 4300$, FeI $\lambda 4383$, H γ
308	10 06 22.14	-12 56 53.3	21.01	0.5550	CaII K, CaII H, H δ , CH $\lambda 4300$, FeI $\lambda 4383$, H β
318	10 06 19.46	-12 57 04.0	21.10	0.7077	H9, H8, CaII K, CaII H, H δ , CH $\lambda 4300$, FeI $\lambda 4383$, H β , Mg2
426	10 06 16.99	-12 56 24.9	20.87	0.6425	CaII K, CaII H, H δ , CH $\lambda 4300$, H γ
428	10 06 17.14	-12 56 41.6	21.35	0.7784	CaII K, CaII H
1481	10 06 20.30	-12 58 36.7	21.08	0.7107	H10, CaII K, CaII H, CH $\lambda 4300$

Tab. 4.1: ID dos objetos, coordenadas, magnitudes aparentes, redshifts e principais características espectrais observadas. Objetos com número de identificação em negrito são os membros confirmados do aglomerado.

O *redshift* de cada objeto foi determinado pela velocidade de recessão média entre todas as linhas identificadas. Métodos sofisticados de correlação cruzada com estrelas padrão cinemáticas não foram usados devido aos longos *overheads* envolvidos em observações GMOS de tais padrões. Os *redshifts* foram corrigidos pelos efeitos de velocidade radial através da tarefa RVCORRECT do IRAF. A penúltima coluna da tabela 4.1 dá o valor do *redshift* para cada galáxia. A figura 4.1 mostra a distribuição de *redshifts* da amostra espectroscópica.

Conforme podemos ver na tabela 4.1 e na figura 4.1, uma grande fração dos objetos ocupa uma faixa estreita de *redshifts* em $z \sim 0.7$: para os 20 objetos para os quais foi possível determinar um *redshift* espectroscópico, 12 possuem

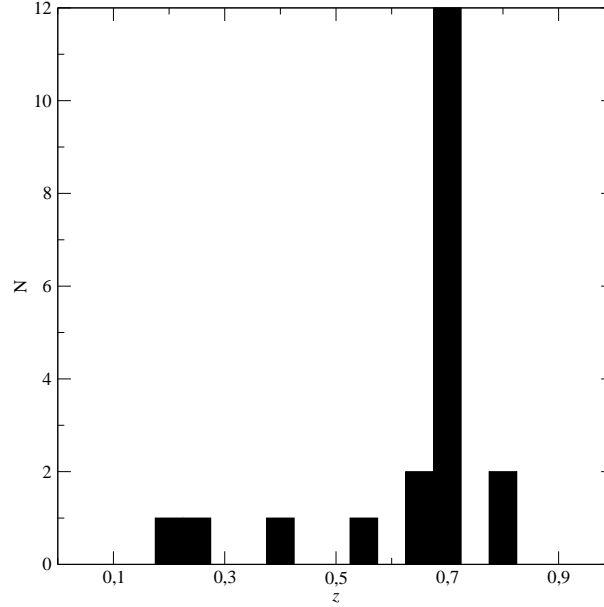


Fig. 4.1: Distribuição de redshifts das galáxias da amostra espectroscópica.

redshifts entre 0.69 e 0.72, estando fortemente concentrados em torno do valor mediano $z = 0.709$. Isso implica que de fato LCDCS-S001 é um sistema físico bem definido e, pela grande distância estimada entre os membros confirmados mais distantes entre si (≈ 1.6 Mpc para a cosmologia adotada), trata-se de fato de um aglomerado de galáxias. A figura 4.2 mostra a distribuição dos membros confirmados na imagem i' ; nessa figura, os objetos são indicados por círculos. Na tabela 4.1 os membros confirmados são indicados em negrito. Os membros confirmados serão estudados em detalhe no Capítulo 6 do presente trabalho. As galáxias da amostra espectroscópica não membros do aglomerado foram estudadas em um trabalho à parte (Krabbe et al. 2007, Apêndice B).

4.2 Centro da distribuição projetada do aglomerado

Para analisarmos a densidade projetada de objetos no aglomerado, definimos um parâmetro de densidade A , que corresponde ao somatório das densidades médias de galáxias em diversos anéis com largura de r a $r + \Delta r$, para um determinado valor de Δr a partir do ponto no qual A é calculado, ou seja,

$$A = \sum_{i=1}^m \frac{N_i(i\Delta r) - N_{i-1}(i-1)\Delta r}{\pi(i\Delta r)^2 - \pi((i-1)\Delta r)^2}, \quad (4.1)$$

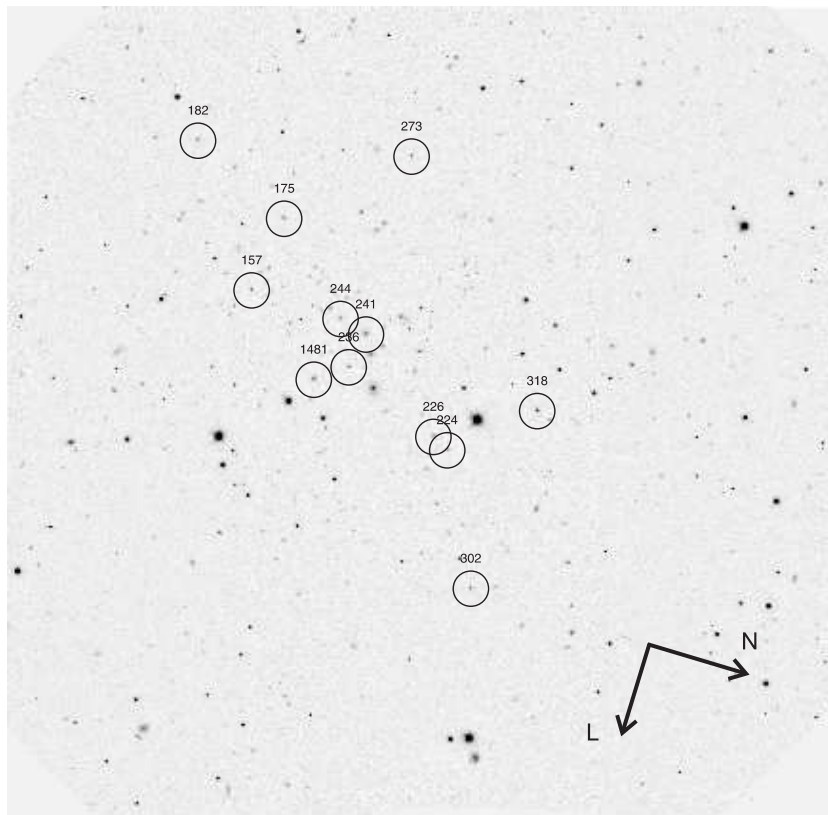


Fig. 4.2: Membros confirmados do aglomerado, indicados por círculos, sobrepostos à imagem na banda i' ($5.5' \times 5.5'$).

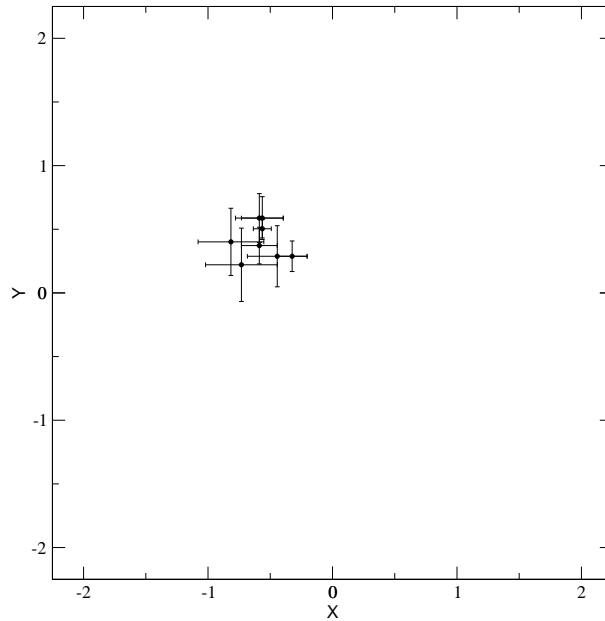


Fig. 4.3: Centro do aglomerado calculado pela maximização do parâmetro de densidade superficial A , calculado para diferentes valores de m . As coordenadas X e Y mostram a posição relativa, em minutos de arco, em relação ao centro da imagem i' .

onde m define o raio máximo para o qual a distribuição radial é calculada, i é o número do anel e N_i é o número de galáxias desde o ponto central até o anel i . Este parâmetro é mais sensível a altas densidades próximas da origem do que em anéis mais periféricos, e portanto serve como uma espécie de “lupa” de densidade.

Calculamos o centro da distribuição identificando o ponto no qual o parâmetro A é maximizado, para valores de Δr variando desde 10 até 100 píxeis. A figura 4.3 mostra o centro encontrado para cada um desses valores. As barras de incerteza correspondem ao tamanho de Δr . Vemos que os valores apresentam boa convergência a uma mesma região da imagem. O valor médio em x e y para esses pontos corresponde ao ponto $[1334,1369]$ em coordenadas da imagem (em píxeis), que convertidas em coordenadas celestes correspondem ao ponto $\alpha=10\text{h}06\text{min}18.9\text{s}$, $\delta=-12^\circ58'29.4''$.

4.3 Dispersão de velocidades

A figura 4.4 mostra a distribuição relativa de velocidades radiais em relação ao valor mediano do aglomerado. As velocidades relativas foram calculadas usando

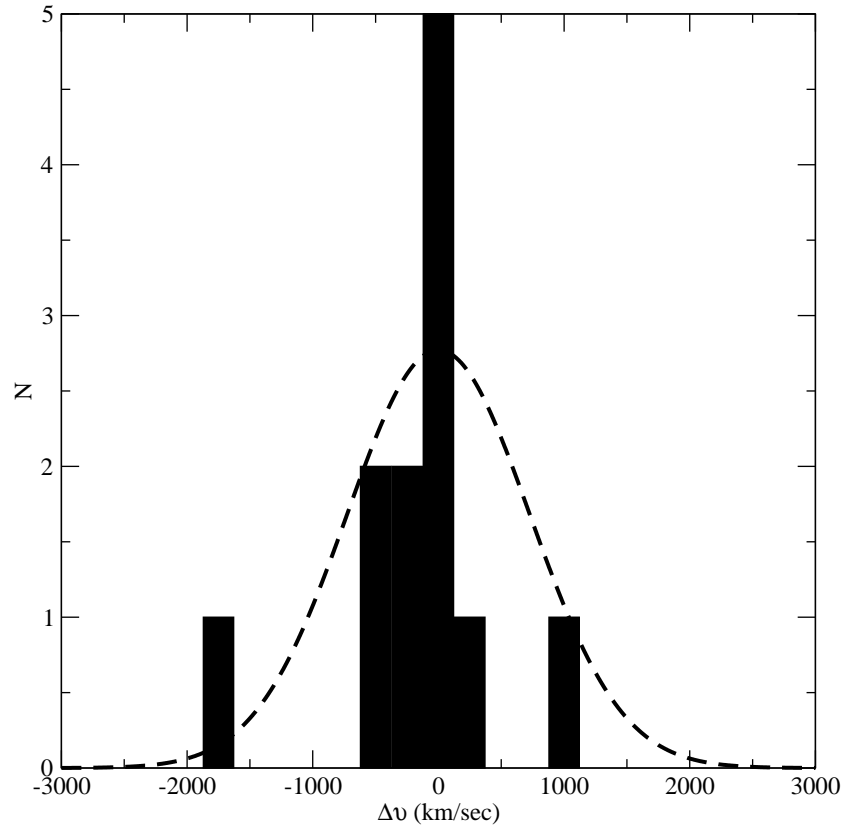


Fig. 4.4: Histograma de velocidades radiais dos membros do aglomerado em relação ao valor mediano.

$\Delta v = c(z - z_m)/(1 + z_m)$, onde z_m é o redshift *mediano*. Como mostra essa figura, as 12 galáxias apresentam velocidades relativas dentro de 3500 km s^{-1} , um valor usado com frequência como limite para objetos membros de aglomerados de galáxias (Postman, Lubin & Oke 1998). Estimamos a dispersão de velocidades desta distribuição mediante ajuste direto de um perfil gaussiano ao histograma e encontramos $\sigma = 727 \pm 185 \text{ km s}^{-1}$.

4.4 Massa dinâmica

Existem diversos métodos de determinação de massa através da cinemática, todos baseados em argumentos de virialização. Mesmo havendo evidências de que uma grande fração de aglomerados em $z \sim 1$ é dinamicamente jovem (Henry 2002), Small et al. (1998) mostraram que estimadores de massa baseados no teorema do virial dão resultados razoáveis mesmo para sistemas com algum desvio da condição de equilíbrio. Calculamos a massa projetada M_P do aglomerado, que é definida

ID	$R_P(\text{kpc})$
302	825
226	403
318	631
224	460
1481	123
236	87
157	282
244	72
175	388
182	709
273	590
241	100

Tab. 4.2: Distâncias projetadas ao centro do aglomerado para os doze membros confirmados.

por:

$$M_P = \frac{10.2}{G \times (N - 1.5)} \sum_i^N (\Delta v_i)^2 R_{P,i}, \quad (4.2)$$

onde G é a constante gravitacional, Δv_i é a velocidade radial relativa de cada galáxia em relação à média, N é o número de galáxias e $R_{P,i}$ é a distância projetada ao centro do aglomerado de cada galáxia (Bahcall & Tremaine 1981; Postman, Lubin & Oke 1998). A distância ao centro estimada para cada galáxia é dada na tabela 4.2. Seguindo as estimativas de incerteza em M_P de Heisler, Tremaine & Bahcall (1985), calculamos que a massa projetada de LCDCS-S001 é de $3.54_{-1.41}^{+2.33} \times 10^{14} M_\odot$. Os valores da massa dinâmica e da dispersão de velocidades são compatíveis com aglomerados com massa intermediária, como os aglomerados J1252.9-2927 (Demarco et al. 2007) e Abell 970 (Sodré et al. 2001).

4.5 Estrutura do aglomerado

A figura 4.5 mostra a distribuição bidimensional do parâmetro A para $\Delta r = 100$. Vemos que a distribuição é alongada, com eixo maior aproximadamente no sentido Norte-Sul, indicando que a geometria intrínseca do aglomerado deve seguir esse padrão. Podemos ver também alguns máximos locais de densidade, que são

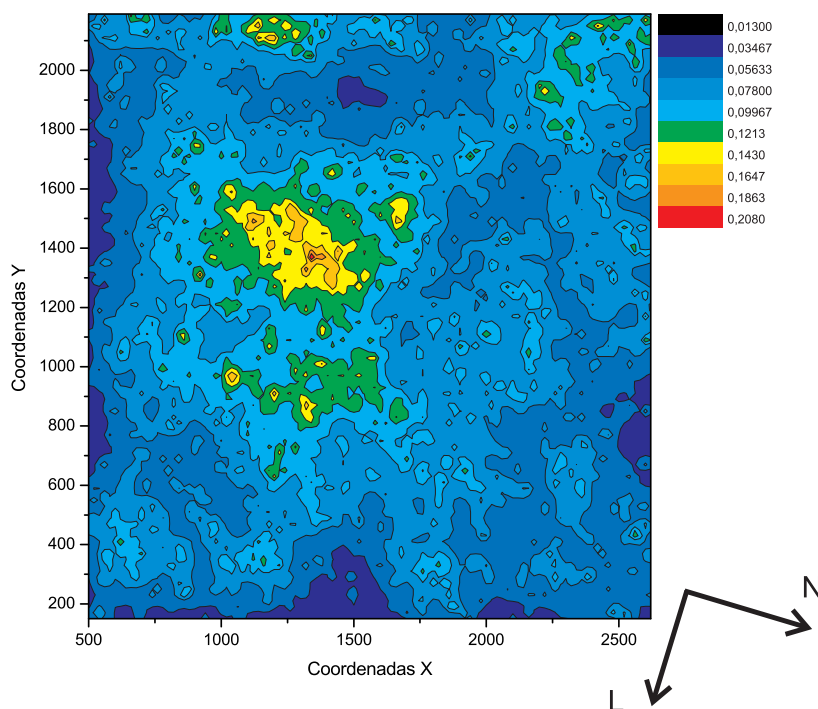


Fig. 4.5: Densidade projetada de galáxias no aglomerado, conforme medida pelo parâmetro A . A imagem cobre $5' \times 5'$.

facilmente visíveis a olho nu na imagem. A noroeste do centro do aglomerado, há uma pequena sobredensidade, que visualmente aparece bastante isolada e regular; a nordeste, há uma concentração mais plana e estendida. Infelizmente para nenhuma dessas últimas áreas foram selecionados objetos para espectroscopia, o que tornaria possível auferir a pertinência desses sistemas ao aglomerado com precisão.

Com base nas cores integradas r^i-i^i , construímos o diagrama cor-magnitude dos objetos da amostra. O diagrama cor-magnitude pode suprir parcialmente as informações espectroscópicas de que não dispomos para tentarmos analisar a estrutura projetada do aglomerado. O diagrama cor-magnitude define um envelope de objetos vermelhos correspondendo em grande parte aos esféroides. A localização da relação cor-magnitude no diagrama é diretamente ligada ao *redshift* do aglomerado. Portanto, podemos analisar o comportamento dos objetos no diagrama para identificar sua possível pertinência ao aglomerado. A figura 4.6(a)

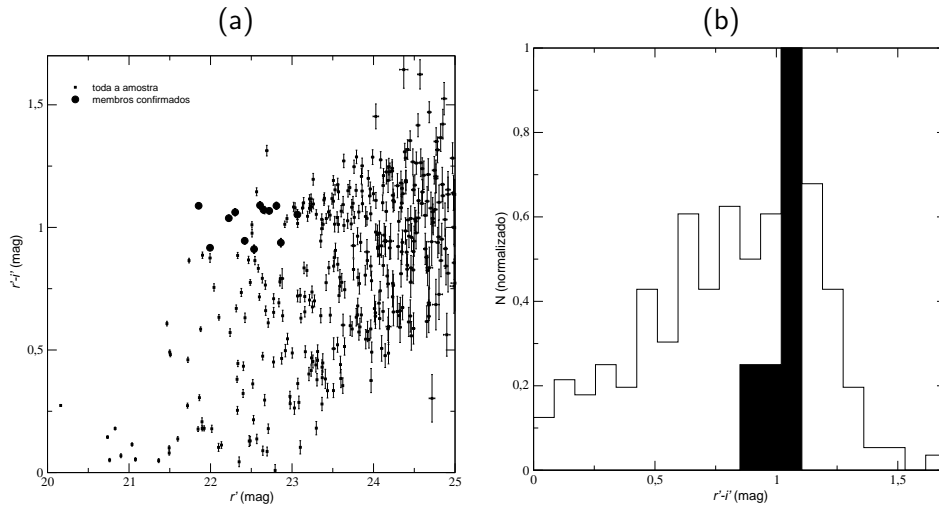


Fig. 4.6: (a) diagrama cor-magnitude mostrando todos os objetos com índice de estelaridade menor do que 0.4 e $i' < 25$ (quadrados pretos pequenos) e as doze galáxias confirmadas como membros do aglomerado (círculos preto); (b) histograma de cor $r'-i'$ para os mesmos objetos, mostrando os membros confirmados (barras pretas) e a amostra completa (barras sem preenchimento).

mostra o diagrama para todas as galáxias (objetos da amostra com índice de estelaridade menor do que 0.4) mais brilhantes do que $i' = 25$ mag, mostrando com ênfase os membros confirmados. Vemos que a relação cor-magnitude é bem definida e prossegue desde os membros confirmados (os mais brilhantes da amostra) até magnitudes mais fracas. É notória a presença do *envelope vermelho* em torno de $r'-i' \approx 1.0$, na forma de uma região linear com pouca inclinação. Podemos ver diversos objetos com cores mais vermelhas do que a definida pelo envelope vermelho, especialmente para magnitudes mais fracas, provavelmente tratando-se de objetos em maior *redshift*. A figura 4.6(b) mostra histograma de cor para os mesmos objetos da figura 4.6(a). Vemos que as galáxias se concentram em uma região bem delimitada em torno de $r'-i' = 1.0$, a cor definida pelo envelope vermelho.

As figuras 4.7 a 4.9 mostram a localização, o diagrama cor-magnitude, a imagem e o histograma de cor para a região central e para as sobredensidades locais a noroeste e a nordeste do centro. Nos diagramas cor-magnitude, as galáxias de cada região são indicadas por círculos pretos, e o raio de cada círculo é associado à razão B/T da galáxia. Podemos notar que a região central define bem a mesma relação cor-magnitude que os membros confirmados, uma vez que o envelope vermelho é facilmente identificável em $r'-i' = 1.0$; o pico no histograma de cor se situa

nessa mesma cor. Isso é natural, uma vez que estamos amostrando a região central do aglomerado. Os objetos que melhor definem o envelope vermelho são os que apresentam componente de bojo mais expressivo. Diversas galáxias apresentam cores mais azuis do que o envelope vermelho, podendo se tratar de galáxias mais jovens pertencentes ao aglomerado ou galáxias mais próximas; cabe ressaltar, no entanto, que tais objetos são dominados por discos, em contraste com os objetos típicos do envelope vermelho.

Para a região a noroeste, encontramos que cerca de metade dos objetos se situa no local esperado do diagrama cor-magnitude; da mesma forma, o histograma mostra um pico na cor do envelope vermelho definido pelos membros confirmados. Os objetos que ocupam essa região do diagrama apresentam componente de bojo expressivo; os objetos mais azuis são todos dominados por discos, de forma semelhante à região central. Isso mostra que esse máximo local de densidade provavelmente faz parte do aglomerado como um todo, situando-se no mesmo *redshift*. Dado o aparente isolamento desse sistema, pode tratar-se de um sistema físico independente, como um grupo ou um aglomerado pouco massivo, que está sendo absorvido dinamicamente pelo aglomerado principal.

Para a região a nordeste, embora o número de objetos seja grande, não encontramos uma associação com a relação cor-magnitude do aglomerado; a distribuição no histograma de cor é bastante estendida e não coincide com o pico esperado em $r'-i'=1.0$. Se essa sobredensidade local se situa no mesmo *redshift* do aglomerado, então as galáxias que a compõem devem apresentar, em média, populações estelares menos evoluídas (mais jovens) do que as presentes no aglomerado principal, além de uma grande dispersão nas populações estelares dos esferóides que os compõem. De fato, observa-se que a densidade local influencia na fração de galáxias que definem a relação cor-magnitude, no sentido que regiões menos densas apresentam maior contribuição de galáxias azuis (Kodama et al. 2001). No entanto, os objetos de diferentes razões B/T encontram-se espalhados no diagrama, em contraste com o comportamento da região central e da região a noroeste: existem várias galáxias de disco entre as mais vermelhas, e esferóides entre as mais azuis. Isso torna improvável que a região a nordeste se constitua em um sistema físico, sendo mais provavelmente uma flutuação de campo.

4.5.1 Redshifts fotométricos

Tendo em vista o pequeno número de membros do aglomerado observados espectroscopicamente, buscamos uma forma de estimar o *redshift* das demais galáxias

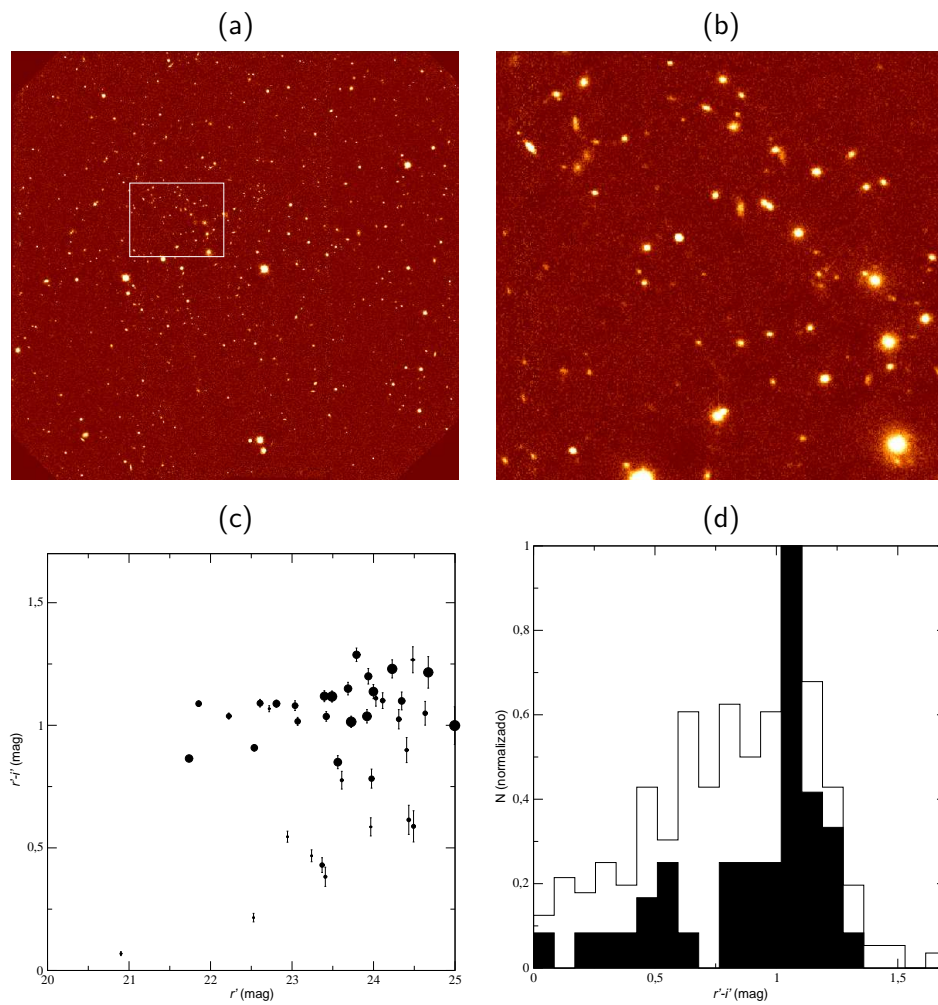


Fig. 4.7: Localização da região central do aglomerado (a), imagem ampliada dessa região (b), diagrama cor-magnitude (círculos pretos) das galáxias dessa região, onde o raio do círculo é associado à razão B/T de cada galáxia (c) e histograma de cor das mesmas, em preto, sobrepostas ao histograma da amostra completa (d).

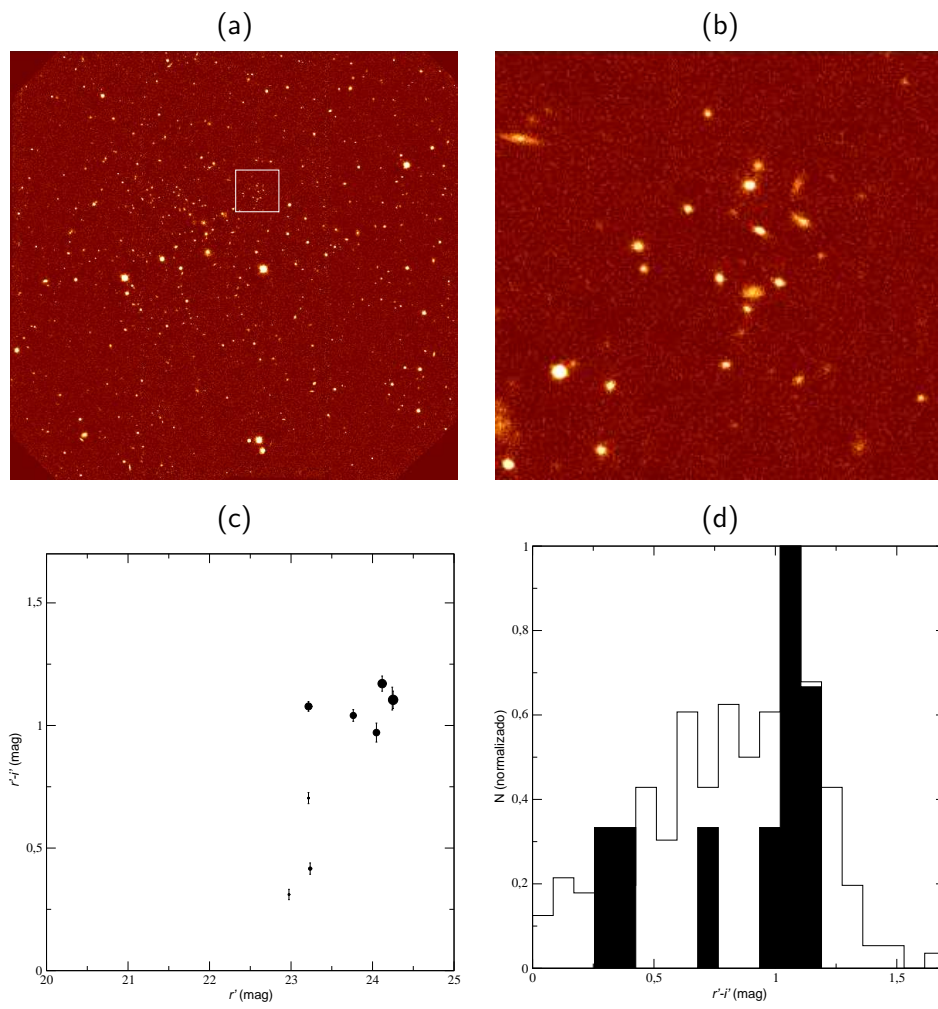


Fig. 4.8: O mesmo que a figura 4.7, para a sobredensidade a noroeste.

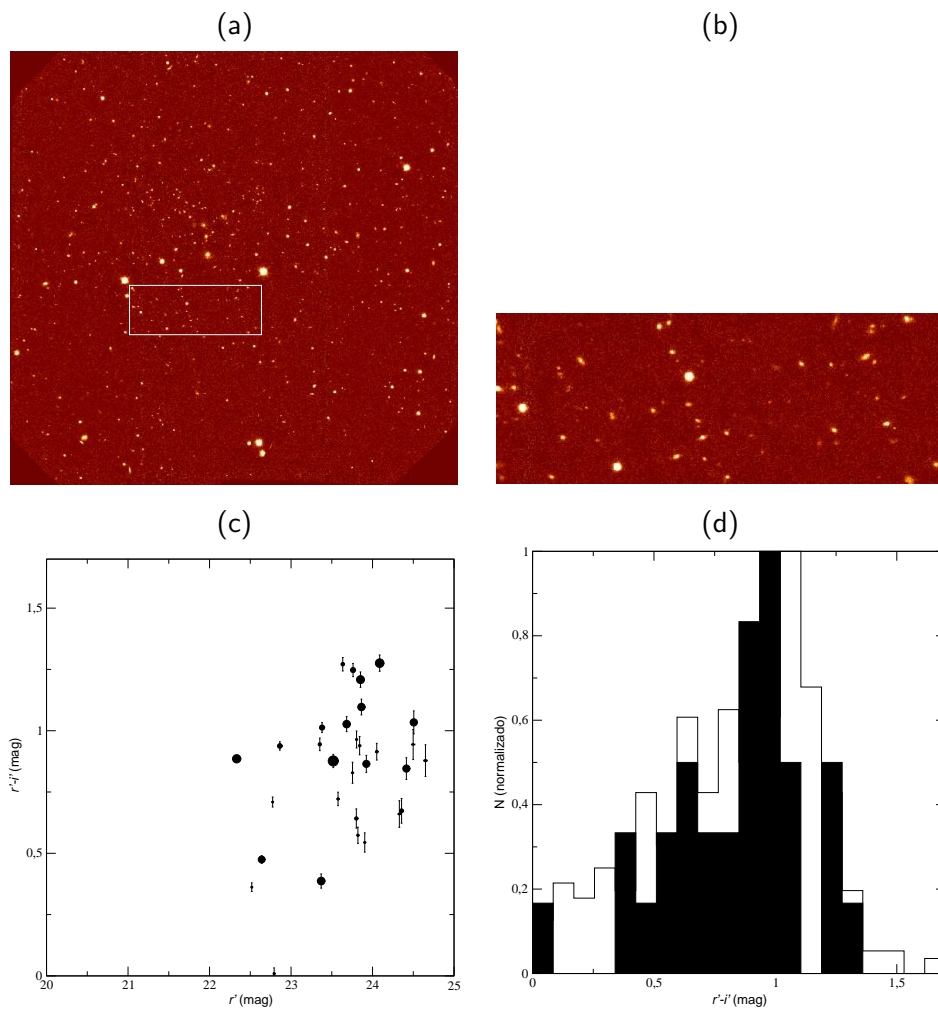


Fig. 4.9: O mesmo que a figura 4.7, para a sobredensidade a nordeste.

observadas a partir do imageamento. Khosroshahi et al. (2000) determinaram a existência de um plano no espaço de parâmetros estruturais que descrevem galáxias elípticas e bojos de galáxias espirais, o *Plano Fotométrico*. A equação geral que descreve essa correlação é da forma

$$\log n = a \log r_e + b \mu_0 + c, \quad (4.3)$$

onde n é o expoente de Sérsic, μ_0 é o brilho superficial médio dentro do raio efetivo e r_e é o raio efetivo (medido em unidades de comprimento físico e não angular). Diversos trabalhos usando diferentes bandas fotométricas indicam que os coeficientes angulares a e b não dependem do *redshift* nem da banda fotométrica utilizada, mas o parâmetro linear c evolui junto com a evolução espectral dos objetos (ou seja, depende do *redshift*). Khosroshahi et al. (2000) determinaram os coeficientes usando fotometria na banda K para uma amostra de galáxias elípticas e espirais do aglomerado de Coma e encontraram $a = 0.172$, $b = -0.069$ e $c = 1.18$. Além de gerar importantes vínculos dinâmicos sobre a formação dessas estruturas, o Plano Fotométrico pode ser usado como um indicador de distância. A dispersão dos pontos em torno do Plano Fotométrico gera uma incerteza de 50% na determinação da distância.

Utilizaremos a equação do Plano Fotométrico como indicador de distância para os objetos da amostra fotométrica. Porém, não existem determinações prévias dos parâmetros do Plano Fotométrico na banda fotométrica aqui utilizada (i'). Entretanto, podemos fazer inferências teóricas do comportamento dos coeficientes do plano fotométrico para a banda fotométrica em questão. Para isso, utilizamos os modelos evolutivos de Bruzual & Charlot (2003). Primeiro, escolhemos um espectro de uma população estelar que represente globalmente os bojos das espirais e as galáxias elípticas. Por simplicidade, escolhemos uma população com idade única, com redshift de formação $z_{form} = 6$ e com metalicidade solar (a escolha da metalicidade é justificada a partir do resultado da síntese de populações estelares no Capítulo 6). Utilizando os programas fornecidos por Bruzual & Charlot (2003), calculamos as magnitudes absolutas integradas K e i' , no referencial do observador, em função do *redshift* z . A figura 4.10 mostra a evolução das magnitudes absolutas nessas bandas. Vemos que, para $z = 0$, existe uma diferença de 2.15 magnitudes entre as bandas K e i' . Além disso, existe uma dependência da magnitude i' com z . Ajustamos funções de potência à curva da magnitude i' em função de z e verificamos que um bom ajuste é obtido com a expressão:

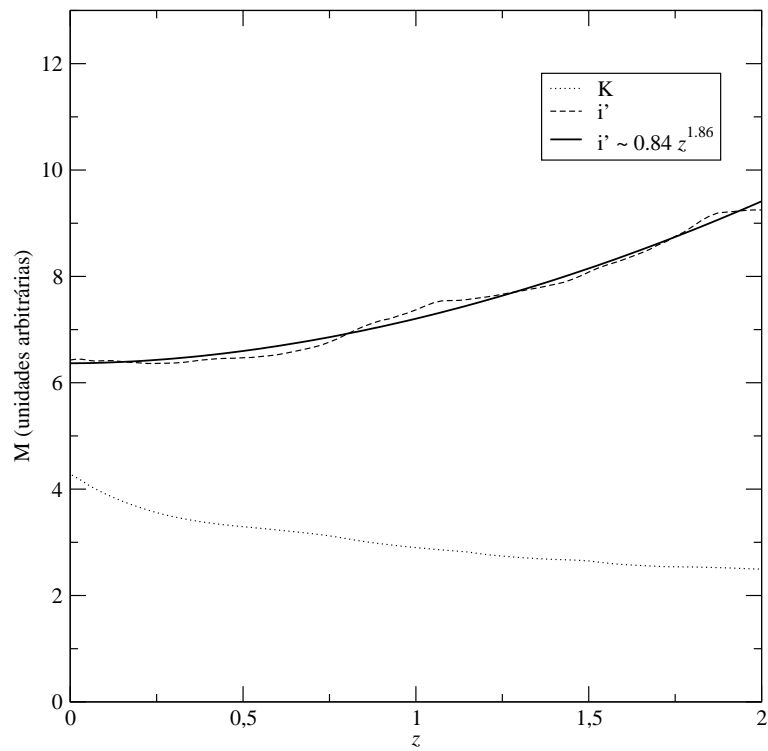


Fig. 4.10: Evolução da magnitude absoluta no referencial do observador nas bandas K e i' de uma galáxia elíptica de metalicidade solar e com redshift de formação 6.

$$i' \approx 0.84 z^{1.86}. \quad (4.4)$$

Podemos então reescrever a equação do Plano Fotométrico inserindo no brilho superficial medido na banda K os fatores de correção dos coeficientes para a banda i' acima calculados. Com isso, obtemos a expressão teórica para o Plano Fotométrico na banda i' :

$$\log n = 0.172 \log r_e - 0.069(\mu_0 - 2.15 - 0.84 z^{1.86}) + 1.18. \quad (4.5)$$

Na equação acima, duas grandezas são desconhecidas para os objetos da amostra: o raio efetivo físico r_e de seu componente de bojo e o *redshift* z . O raio efetivo físico está vinculado ao *redshift* e ao raio efetivo projetado (em segundos de arco). Esse vínculo pode ser explicitado através do conceito de distância de tamanho angular:

$$d_A = \frac{R}{\theta}, \quad (4.6)$$

que é a razão entre um tamanho físico R a *redshift* z e seu tamanho projetado θ . A distância de tamanho angular é uma função do *redshift* e varia de acordo com a cosmologia adotada. Para $H_0 = 0.71 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$, $\Omega_M = 0.27$ e $\Omega_{vac} = 0.73$, podemos expressar d_A em função de z aproximadamente por:

$$d_A = 1966.30 \log(z + 0.151) + 1611.62. \quad (4.7)$$

Assim, podemos expressar o raio efetivo físico r_e em função de um raio efetivo projetado medido em unidades angulares (r_e'') como:

$$r_e(\text{kpc}) = r_e'' [1966.30 \log(z + 0.151) + 1611.62]. \quad (4.8)$$

Se substituirmos essa expressão para o raio efetivo físico r_e na equação 4.5, obteremos uma equação transcendental e não será possível resolver diretamente para z para cada objeto da amostra. Utilizamos então um método de resolução numérico, baseado no seguinte algoritmo: primeiro, um valor arbitrário para z é sorteado e o raio efetivo físico da galáxia é calculado a partir da equação 4.8. A seguir, esse valor é substituído na equação 4.5, e o valor de z que satisfaz a igualdade é calculado. Esse novo valor de z é usado para calcular um novo valor de r_e e assim sucessivamente, até que se obtenha uma convergência para z . Esse valor de convergência, quando houver, é considerado o *redshift* fotométrico do objeto a partir do Plano Fotométrico.

Calculamos o valor do *redshift* fotométrico através do método acima para todos os objetos não estelares da amostra identificados pelo SExtractor. Nem sempre foi possível encontrar uma solução convergente. Para verificar se os valores do *redshift* fotométrico encontrados são razoáveis, confrontamos os *redshifts* espectroscópicos e fotométricos dos 20 objetos observados espectroscopicamente. A figura 4.11 mostra essa comparação. Vemos que para a maior parte dos objetos, o *redshift* fotométrico dá uma boa aproximação do *redshift* espectroscópico. Algumas galáxias apresentam diferenças marcantes nesses dois valores. No entanto, podemos definir que o *redshift* fotométrico dá o valor médio correto para o conjunto, com uma incerteza de ± 0.22 em *redshift*. Assim, podemos usar o valor do *redshift* fotométrico, com algumas reservas, para analisar a distribuição de uma amostra maior de objetos no aglomerado, ou em uma dada “fatia” em *redshift*.

4.5.2 Perfil de densidade

O perfil de densidade de objetos no aglomerado foi determinado mediante a contagem de galáxias em anéis concêntricos com 50 píxeis (51.7 kpc) de largura, a partir do centro estimado para o aglomerado. A figura 4.12 mostra o número de galáxias localizadas em cada anel, normalizado para a área do anel em kpc^2 . Podemos identificar no perfil dois picos locais de densidade, que correspondem às sobredensidades locais a noroeste e a nordeste do centro. Ajustamos sobre esse perfil duas leis de King, da forma

$$\rho(R) = \rho_{fundo} + \frac{\rho_0}{1 + (R/R_C)^2}, \quad (4.9)$$

onde ρ_{fundo} é a densidade de fundo (não associada ao aglomerado), ρ_0 é a densidade central do aglomerado e R_C é o raio do caroço. Um dos ajustes usou toda a distribuição radial (incluindo as contaminações locais) e a outra eliminando a região de contaminação com as sobredensidades locais. O segundo ajuste parece mais razoável, uma vez que atinge corretamente o nível aproximado de densidade de fundo, enquanto a primeira superestima esse valor. Para esse ajuste, $\rho_{fundo} = 5.23 \times 10^{-5} \text{ obj kpc}^{-2}$, $\rho_0 = 1.08 \times 10^{-3} \text{ obj kpc}^{-2}$ e $R_C = 91.4 \text{ kpc}$.

Com base no valor de ρ_{fundo} estimado para o campo, calculamos o número N_i de galáxias pertencentes ao aglomerado para cada anel i , utilizando:

$$N_i = A_i (\rho_i - \rho_{fundo}), \quad (4.10)$$

onde A_i é a área de cada anel. A figura 4.13 mostra o número de galáxias por anel para o modelo de King ajustado com exclusão dos máximos locais e para a

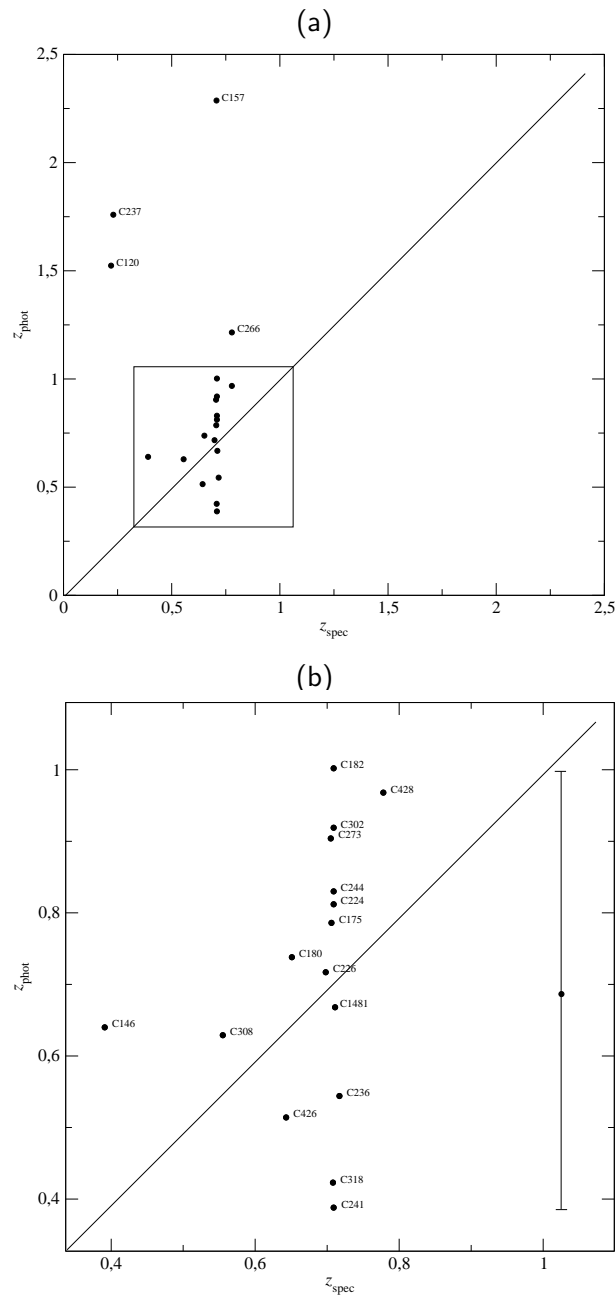


Fig. 4.11: (a) comparação dos redshifts fotométricos com os redshifts espectroscópicos para os 20 objetos observados espectroscopicamente; (b) ampliação mostrando os objetos dentro da região quadrada da figura (a).

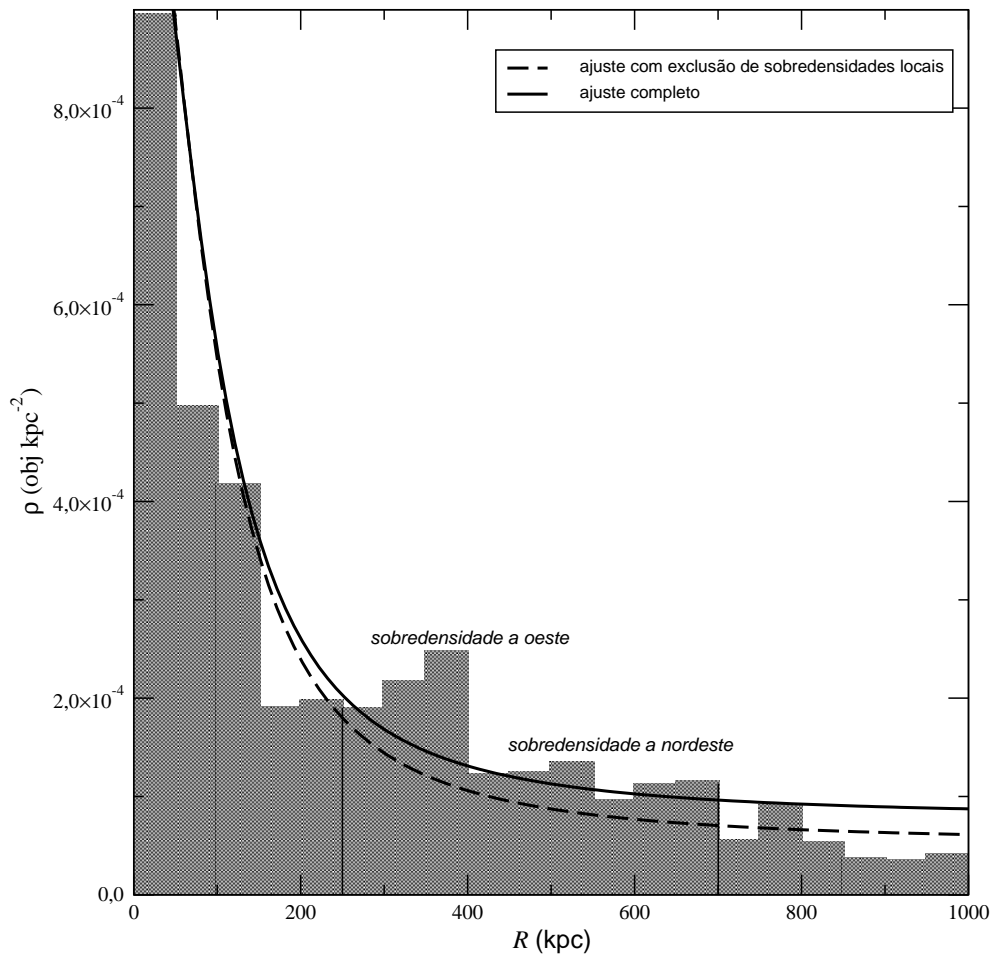


Fig. 4.12: Perfil de densidade de objetos no aglomerado.

medida direta; para o modelo de King ajustado, calculamos esses valores de duas formas, uma usando o valor de ρ_{fundo} ajustado e outra truncando da distribuição em 1 Mpc, enquanto para a medida direta, truncamos a distribuição em 1 Mpc. Podemos ver que os picos locais de densidade que surgem na medida direta contribuem com um número grande de objetos. O somatório do número de galáxias em cada anel até 1 Mpc resultou em 128 galáxias para o ajuste de King e 107 galáxias para o ajuste de King truncado (se adicionamos a distribuição associada à sobredensidade a noroeste, que sozinha contribui com cerca de 30 objetos, esse número de galáxias subiria para 137). De acordo com os testes de incompleta de amostra, podemos estimar que 25% de todas as galáxias com magnitude entre $i'=20$ e $i'=24$ não são detectadas; sendo assim, o número de objetos até a magnitude $i'=24$ pertencentes ao aglomerado subiria para 143 para o ajuste de King truncado, chegando a 183 se adicionarmos a sobredensidade a noroeste. Com base nessas determinações, podemos estimar um número de 150 objetos membros do aglomerado detectados na fotometria.

O perfil de densidade se estende com contagens visivelmente maiores do que a densidade de fundo até próximo de 900 kpc. Além disso, a distância máxima dos membros confirmados em relação ao centro é de aproximados 800 kpc. Assim, podemos estimar o diâmetro aproximado do aglomerado como sendo de 1.6 Mpc.

4.6 Função de luminosidade

Determinamos a função de luminosidade (na verdade, de magnitude aparente) para o aglomerado mediante a contagem dos objetos em *bins* de magnitude e correção por efeitos de incompleta e contaminação por objetos de campo. Primeiramente, as galáxias foram divididas em *bins* de 0.3 magnitudes, varrendo de $i'=19$ a $i'=25$. A seguir, o número de objetos por *bin* foi corrigido pela incompleta da amostra, de acordo com a subseção 3.1.1. Essa distribuição foi então dividida em uma amostra compreendendo os 1450×1450 minutos de arco centrais, que se espera compreenda a maior parte dos objetos do aglomerado, e uma amostra contendo os objetos fora dessa área, que é o campo de controle. Os histogramas dessas duas distribuições, normalizados a uma mesma área, estão mostrados na figura 4.14. A seguir, subtraímos a distribuição de controle da distribuição central e eliminamos da amostra os *bins* em magnitude com zero contagens. A distribuição assim obtida foi ajustada com uma função de luminosidade de Schechter (1976):

$$\phi(m) = \phi^* 10^{0.4(\alpha+1)(m^*-m)} e^{-10^{0.4(m^*-m)}}. \quad (4.11)$$

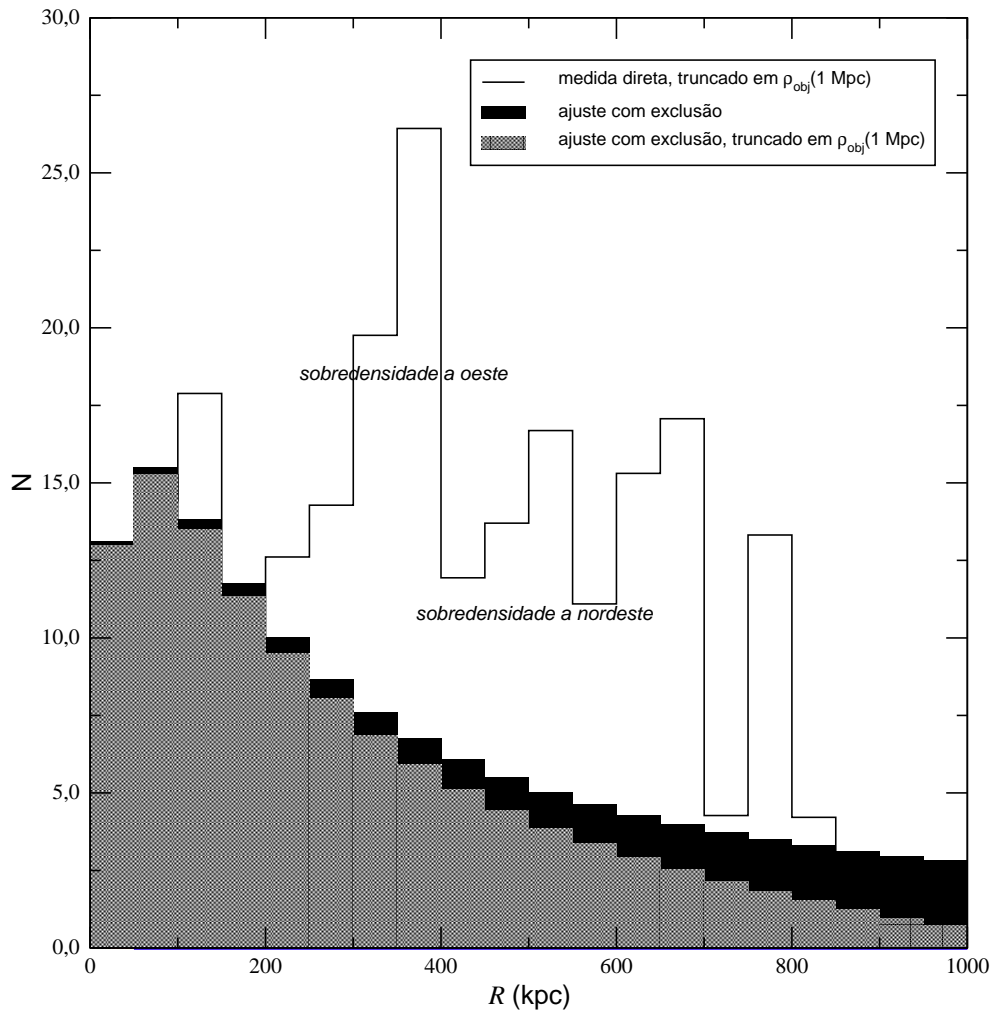


Fig. 4.13: Número de galáxias no aglomerado em cada anel de 51.7 kpc.

Mantivemos α fixo em -0.87 no ajuste. A figura 4.15 mostra a função de luminosidade do aglomerado e a função de Schechter de melhor ajuste. O ponto para $i'=24$ foi descartado do ajuste, pois desvia por vários desvios padrão do locus esperado. Foram obtidos $m^*=21.56$ e $\phi^*=27.01$. A título de controle, calculamos a integral dessa função até a magnitude limite $i'=24$ para encontrar o número total de galáxias no aglomerado, e encontramos o valor 149, compatível com as estimativas da Seção 4.5.2.

A função de luminosidade nos permite estimar a riqueza do aglomerado. O aglomerado se estende por aproximados 800 kpc de raio, inferior ao raio de Abell. Como não temos a informação de quais galáxias individualmente são membros do aglomerado, a identificação da terceira galáxia mais brilhante, e de sua magnitude, não pode ser realizada. No entanto, na distribuição de luminosidade medida no aglomerado, os dois *bins* com magnitude mais intensa somam 3 objetos. A magnitude do segundo *bin* é $i'=21.1$ mag. Podemos considerar esta magnitude como a do terceiro membro mais brilhante e integrar a função de luminosidade em $21.1 \leq i' \leq 23.1$. Realizando os cálculos, obtivemos um número de 82 galáxias obedecendo a esses critérios. Isso implica que o aglomerado LCDCS-S001 apresenta riqueza entre $R=2$ e $R=1$, correspondendo a um aglomerado intermediário, concordando com a determinação de sua massa. A título de comparação, o aglomerado de Virgo possui $R=1$ e o aglomerado de Coma possui $R=2$.

4.7 Parâmetros estruturais e morfologia das galáxias da amostra fotométrica

A morfologia das galáxias presentes no aglomerado pode ser inferida a partir dos parâmetros estruturais de suas distribuições de brilho. Os parâmetros estruturais dados pelo GIM2D serão usados para extrair informações da estrutura intrínseca dos objetos.

A razão B/T indica o quanto o bojo da galáxia é representativo da luminosidade total. Galáxias esferoidais apresentam razões B/T altas, uma vez que os discos (quando presentes) são secundários em termos de massa. Seguindo o trabalho de Saintonge et al (2005), definiremos as classes morfológicas das galáxias da amostra da seguinte forma: galáxias de disco (especialmente galáxias espirais tardias) apresentam $B/T \leq 0.4$; galáxias intermediárias (compreendendo particularmente as lenticulares) são aquelas com $0.4 < B/T < 0.8$, e as galáxias esferoidais (dominadas por uma componente de bojo) possuem $B/T > 0.8$. Calculamos o nú-

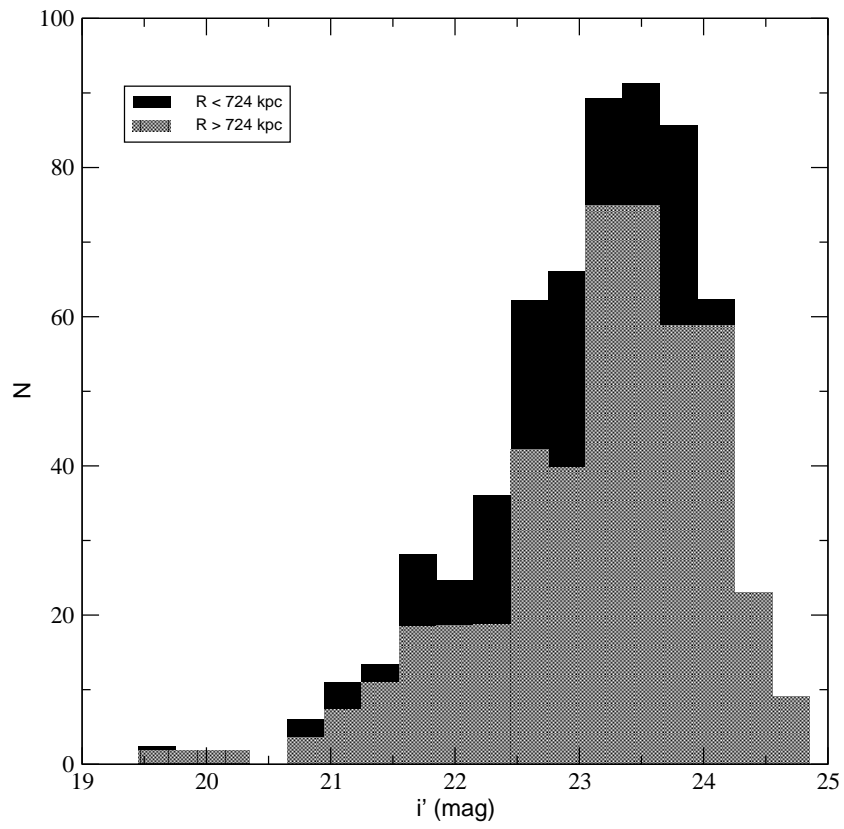


Fig. 4.14: Distribuição de magnitudes aparentes para a região central (1450×1450 minutos de arco) e para a região periférica.

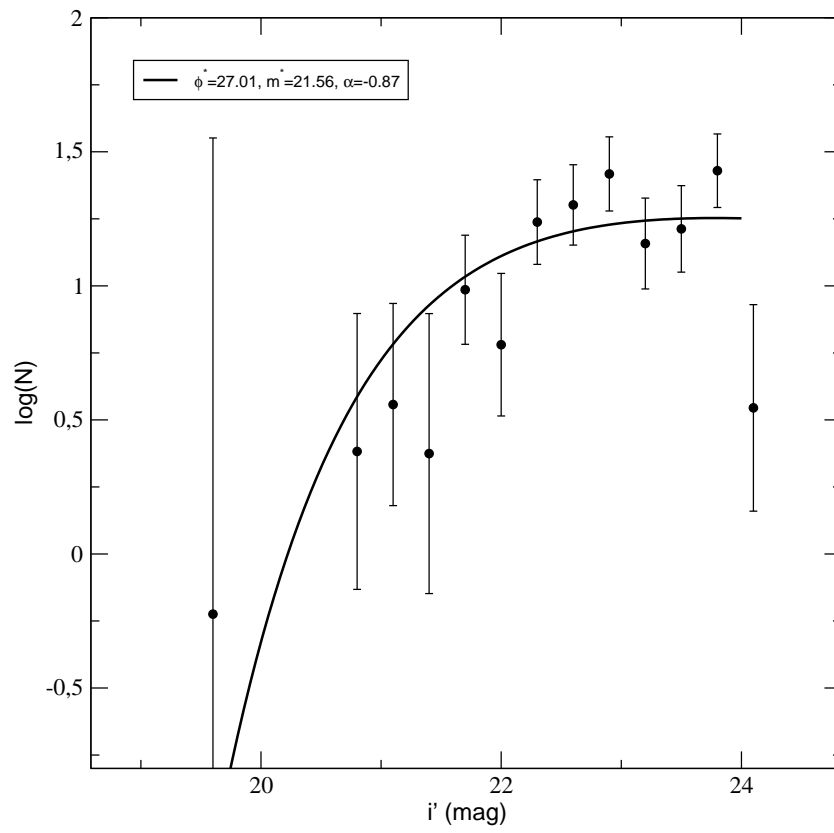


Fig. 4.15: Função de luminosidade do aglomerado na banda i' , e função de Schechter de melhor ajuste.

mero de objetos em cada faixa de B/T tanto em uma caixa de 723 kpc de lado centrada no aglomerado na região além dessa caixa, que serve como amostra de controle. A figura 4.16 mostra o histograma da distribuição relativa de razões B/T para as galáxias (a região central menos a amostra de controle) e para a amostra de controle. Vemos que a amostra de controle favorece objetos com baixa razão B/T. Já para a amostra de objetos do aglomerado, existe um pico pronunciado para galáxias intermediárias, com B/T entre 0.4 e 0.6. 40% das galáxias do aglomerado são dominadas por uma componente de disco, enquanto somente 9% das galáxias apresentam B/T compatível com galáxias elípticas. A figura 4.17 mostra o comportamento das galáxias com diferentes morfologias no diagrama cor-magnitude: nesta figura estão incluídas todas as galáxias identificadas na imagem i'; cada galáxia é representada por um círculo, cujo diâmetro é proporcional à sua razão B/T. Vemos nitidamente que o envelope vermelho é definido pelas galáxias com componente de bojo mais importante, enquanto que as galáxias de disco se apresentam mais azuis e dispersas ao longo do diagrama.

A figura 4.18 mostra a distribuição espacial de objetos com B/T maior e menor que 0.4 tanto para a amostra fotométrica completa como para a seleção de objetos com *redshift* fotométrico entre 0.49 e 0.96. Para a amostra completa, vemos que os objetos com B/T maior do que 0.4 definem um pico de densidade correspondendo ao centro do aglomerado, enquanto que os demais objetos espalham-se de forma bem mais regular em toda a imagem. A amostra selecionada em *redshift* mostra muito bem o centro e a distribuição de objetos no aglomerado através dos objetos com B/T maior do que 0.4, inclusive a forma alongada da região central. Já as galáxias com B/T menor do que 0.4 tendem visivelmente a evitar o centro da distribuição, acumulando-se nas partes periféricas. Em termos das sobredensidades locais, vemos que os esferóides definem bem a localização da sobredensidade a noroeste. Apesar de visível, a sobredensidade a nordeste é menos pronunciada na distribuição dos esferóides. Já as galáxias com $B/T < 0.4$ definem muito pouco a região a noroeste e não definem a região a nordeste. A fração de galáxias intermediárias e esferoidais ($B/T \geq 0.4$) na região central e na sobredensidade a noroeste é de 57% e 61% respectivamente, enquanto na sobredensidade a nordeste este valor é de 52%; nas regiões periféricas do aglomerado, este valor cai a 30%. Tais dados mostram que a sobredensidade a noroeste é formada por galáxias que compartilham características populacionais e morfológicas com a região central do aglomerado, enquanto a região a nordeste, caso esteja no mesmo *redshift*, apresenta galáxias sistematicamente mais azuis, com menor proporção de galáxias esferoidais, compatível com regiões de menor densidade.

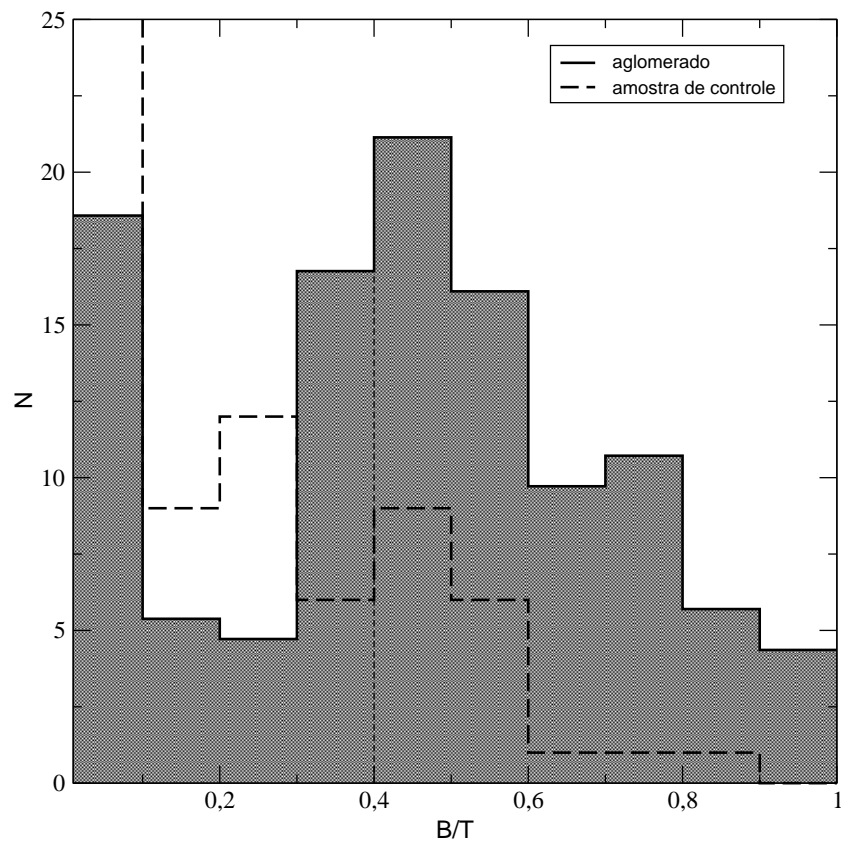


Fig. 4.16: Histograma das razões B/T dos objetos do aglomerado e da amostra de controle.

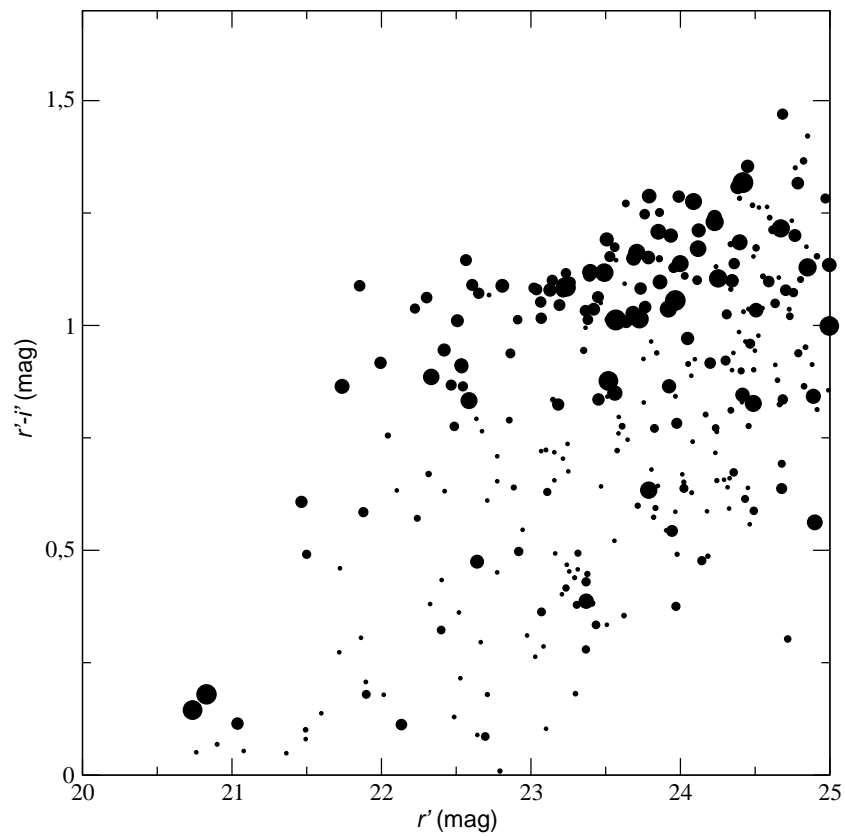


Fig. 4.17: Distribuição dos objetos com diferentes razões B/T no diagrama cor-magnitude; o diâmetro de cada círculo representando um objeto é associado à razão B/T .

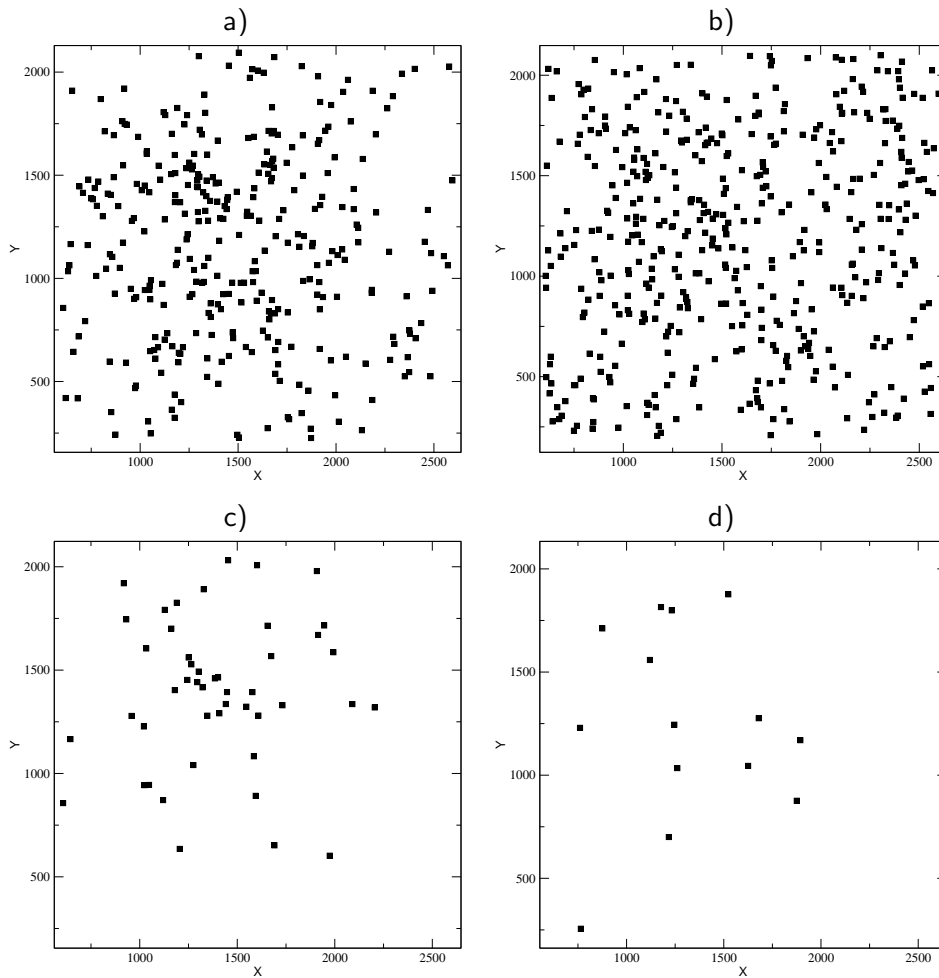


Fig. 4.18: Distribuição bidimensional das galáxias com diferentes razões B/T. a) galáxias com $B/T > 0.4$ na amostra completa; b) galáxias com $B/T < 0.4$ na amostra completa; c) e d) o mesmo que a) e b) mas somente para os objetos com redshift fotométrico entre 0.49 e 0.96.

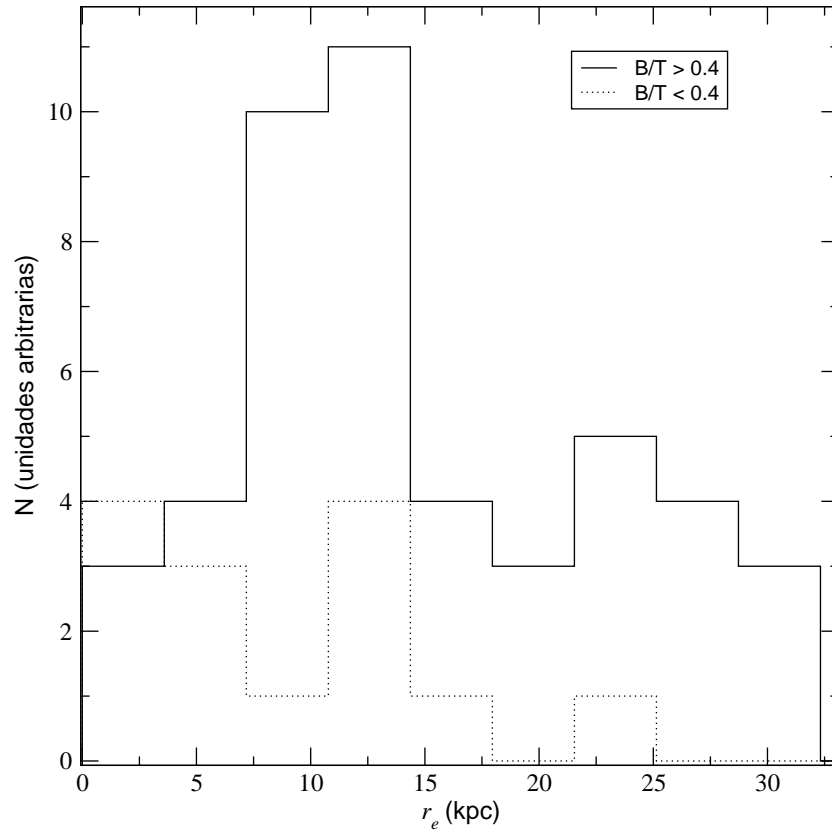


Fig. 4.19: Histograma dos raios efetivos (transformados em unidades físicas usando $z=0.709$) dos objetos com redshifts fotométricos entre 0.49 e 0.96.

O histograma de raios efetivos para os objetos com *redshifts* fotométricos entre 0.49 e 0.96 é mostrado na figura 4.19. Vemos que os esferóides e objetos intermediários apresentam raios efetivos se estendendo até ~ 30 kpc, com um pico entre 10 e 15 kpc, compatível com galáxias esferoidais massivas no universo local (Rembold 2001), o que é razoável uma vez que estamos observando preferencialmente os objetos mais massivos da galáxia. Vemos que os esferóides, como esperado, apresentam sistematicamente maior raio efetivo do que as galáxias com B/T menor que 0.4.

4.8 Discussão

A dispersão de velocidades e a massa estimadas para LCDCS-S001, bem como a riqueza $R=2-1$, são características de aglomerados de massa intermediária; aglomerados ricos apresentam massas acima de $10^{15} M_{\odot}$ e dispersões de velocidade da

ordem ou maiores que 1000 km s^{-1} (Postman, Lubin & Oke 1998). O número de galáxias pertencentes ao aglomerado com magnitudes mais brilhantes que $i'=24$ foi estimado em torno de 150, o que concorda com esse cenário. Levando-se em conta, ainda, a morfologia alongada do aglomerado, podemos classificá-lo como um aglomerado de tipo F-I de Rood-Sastry (Rood & Sastry 1971) e de tipo II-III de Bautz-Morgan (Bautz & Morgan 1970).

A morfologia alongada da região central do aglomerado e a aparente conexão do aglomerado com a sobredensidade compacta a noroeste do seu centro podem estar indicando que o aglomerado LCDCS-S001 não é um sistema relaxado e se encontra em um processo de interação dinâmica intensa com estruturas que ainda estão colapsando, possivelmente estando em colisão com um grupo em um mesmo *redshift*. Aglomerados alongados e com evidências de sub-estruturas, com massa semelhante à de LCDCS-S001, foram observados tanto em alto *redshift* como no universo local. Demarco et al. 2007 realizaram uma análise dinâmica do aglomerado J1252.9-2927 a $z=1.237$, aglomerado este que apresenta-se alongado no sentido Leste-Oeste, e observaram que a distribuição de velocidades relativas das galáxias é compatível com a existência de dois grupos de galáxias, com *redshifts* ligeiramente distintos, responsáveis pela aparência alongada do aglomerado, concluindo então que J1252.9-2927 não se encontra em estado de equilíbrio dinâmico. Sodré et al. (2001) analisaram o aglomerado Abell 970 e encontraram uma sub-estrutura a noroeste do centro; o pico de emissão em raios-X não coincidia com o centro do aglomerado, mas se encontrava deslocado na direção da sub-estrutura. Além disso, a dispersão de velocidades das galáxias na sub-estrutura a noroeste era bem menor do que a do aglomerado. Sodré et al. (2001) concluíram que a sub-estrutura observada em Abell 970 se tratava de um grupo que estava sendo absorvido pelo aglomerado.

É comum se observar eventos dinâmicos intensos em aglomerados em $z \sim 0.7$, inclusive a fusão de duas ou mesmo três sub-aglomerações (Jørgensen et al. 2004; Demarco et al. 2005). Aglomerados em processo de fusão tendem a apresentar fontes extensas em rádio (Venturi et al. 2002), incluindo halos, resultantes da interação de elétrons re-acelerados dinamicamente com os campos magnéticos do aglomerado. Buscamos na literatura informação sobre possível emissão rádio no aglomerado e encontramos medidas realizadas pelo VLA (Becker, White & Helfand 1994). A figura 4.20 mostra a emissão em rádio em 1.4 GHz sobreposta à imagem do aglomerado. Vemos que o centro da emissão em rádio coincide com o centro do aglomerado. Essa emissão fortalece a hipótese de que LCDCS-S001 esteja vivenciando fusão com um grupo de galáxias próximo.

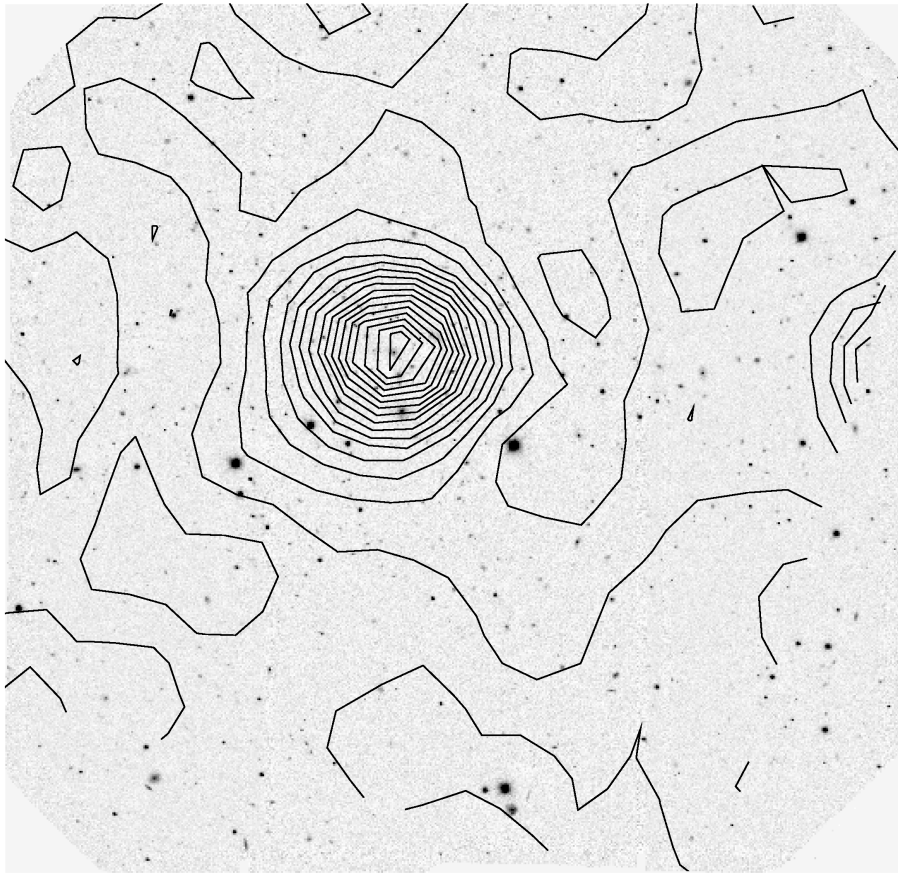


Fig. 4.20: Emissão em rádio 1.4 GHz medida pelo VLA sobreposta à imagem do aglomerado.

O fluxo monocromático em 1.4 GHz da fonte rádio associada ao aglomerado é de 14.7 ± 1.0 mJy (Becker, White & Helfand 1994). Podemos converter o fluxo monocromático em potência monocromática $P_{1.4}$. Para isso, multiplicamos o valor do fluxo monocromático por $4\pi D_L^2$, onde D_L é a distância de luminosidade do aglomerado (4326.5 Mpc para $z=0.709$, na cosmologia por nós adotada). Realizando esses cálculos e corrigindo pela atenuação cosmológica (um fator $(1+z)^2$ no fluxo integrado do objeto), obtivemos o valor $3.29 \times 10^{25} \pm 2.23 \times 10^{24}$ W Hz⁻¹. Essa potência monocromática se refere ao comprimento de onda em repouso em relação à fonte, ou seja, $1.4 \times (1+z)$ GHz (2.39 GHz para $z=0.709$). Para estimarmos a potência monocromática em 1.4 GHz, é preciso fazer alguma suposição sobre a distribuição espectral de energia em rádio da fonte. De forma geral, essa distribuição é descrita por $S_\nu \propto \nu^{-\alpha}$, onde α é o índice espectral (Feretti et al. 2004). Para aglomerados de galáxias, os valores podem variar de 0.2 até próximos de 2.0. Utilizando um valor típico $\alpha=1.0$, obtemos $P_{1.4}=5.62 \times 10^{25} \pm 3.81 \times 10^{24}$ W Hz⁻¹. Esse é um valor bastante alto em comparação com halos rádio de outros aglomerados (Feretti et al. 2004). Caso a fonte seja realmente o aglomerado e corresponda a um halo rádio, irá corresponder a um dos mais intensos halos rádio já identificados. Mesmo supondo $\alpha=0.2$, obtemos $P_{1.4}=3.66 \times 10^{25} \pm 2.48 \times 10^{24}$ W Hz⁻¹.

A figura 4.21 mostra a dependência da potência monocromática em 1.4 GHz do halo rádio com a massa gravitacional para uma amostra de aglomerados, do trabalho de Feretti (2003). Existe uma correlação forte entre a massa do aglomerado e a potência monocromática do halo rádio em 1.4 GHz: aglomerados mais massivos apresentam maior potência monocromática no halo rádio. Essa relação independe de distância até pelo menos $z=0.54$, o redshift do aglomerado CL0016+16 (que obedece a correlação). Vemos que aglomerados com uma potência monocromática tão alta quanto 5×10^{25} W Hz⁻¹ apresentam grande massa, da ordem de 4×10^{15} massas solares. Para a massa que estimamos para o aglomerado, $3.54_{-1.41}^{+2.33} \times 10^{14} M_\odot$, a potência monocromática em 1.4 GHz do halo rádio deveria ser inferior a 10^{24} W Hz⁻¹. É interessante que tenhamos encontrado uma potência em rádio tão alta para um aglomerado com massa intermediária. É altamente improvável que a massa do aglomerado tenha sido tão subestimada. Da mesma forma, inexistem na imagem i' objetos evidentes mais próximos do que o aglomerado na região de pico de emissão em rádio que pudessem justificar essa emissão intensa. Os dados podem indicar (a) que LCDCS-S001 apresenta um halo rádio que desvia fortemente da correlação mostrada por Feretti (2003), (b) que esta correlação não é válida para alguma família de aglomerados, (c) que a fonte de rádio na direção do aglomerado é na verdade uma relíquia (uma vez que relíquias

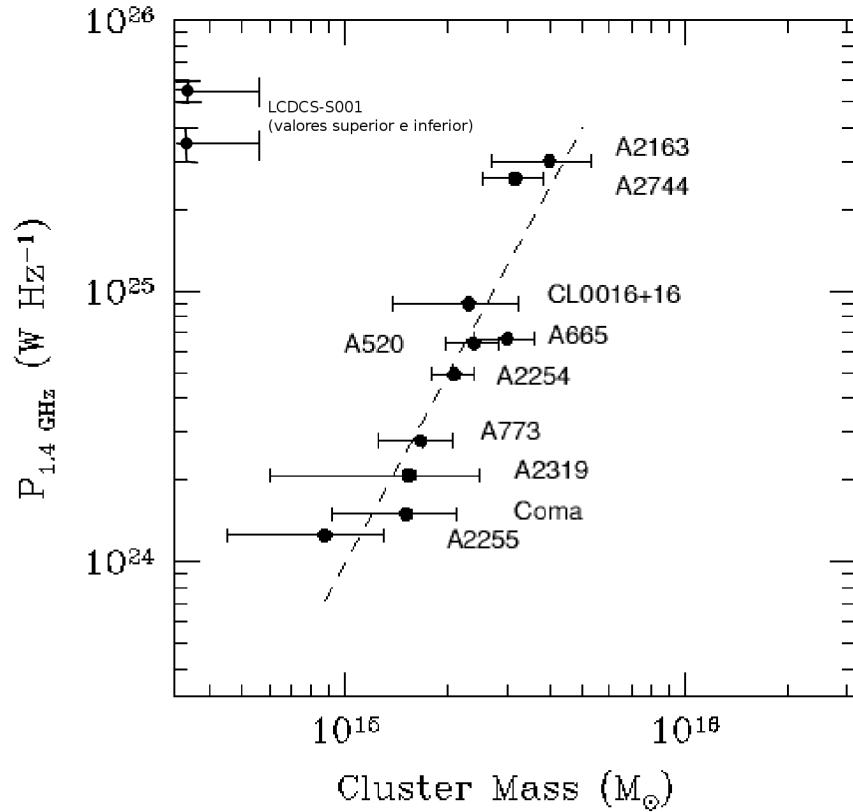


Fig. 4.21: Relação entre a potência monocromática em 1.4 GHz e a massa dos aglomerados de galáxias (Feretti 2003), mostrando a posição de LCDCS-S001 no diagrama.

apresentam com frequência potências monocromáticas mais intensas que os halos), ou podem ter implicações diversas das acima elencadas. As causas físicas desta discrepância ficarão como questões em aberto para trabalhos futuros. Ressaltamos que observações em raios-X na direção do aglomerado não foram encontradas.

Relativamente à morfologia das galáxias do aglomerado, a estimativa do número de galáxias de disco é semelhante à encontrada em aglomerados na sua faixa de redshift (Lubin, Oke & Postman 2002) e superior à encontrada em aglomerados a $z \sim 0.3$ (Balogh et al. 2002; Tran et al. 2003). O grande percentual de objetos de classe intermediária ($\sim 50\%$) demonstra a grande contribuição de galáxias lenticulares na amostra, superior à média encontrada para aglomerados em sua faixa de *redshifts* (Fasano et al. 2000).

A função de luminosidade calculada para o aglomerado é coerente com amostras de aglomerados em *redshift* similar. Andreon (2003) mostrou que, numa

amostra de aglomerados a diferentes *redshifts*, os valores de m^* encontrados, semelhantes aos nossos para $z \approx 0.7$, são sistematicamente mais brilhantes do que as esperadas para uma população de galáxias velha num cenário de colapso monolítico e subsequente evolução passiva, sendo necessária a ocorrência de eventos secundários de formação estelar em *redshifts* menores do que 5.

5. CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DOS MEMBROS CONFIRMADOS DE LCDCS-S001

O bom senso é a coisa mais bem distribuída do mundo: pois cada um pensa estar tão bem provido dele, que mesmo aqueles mais difíceis de se satisfazerem com qualquer outra coisa não costumam desejar mais bom senso do que têm.

René Descartes, *Discurso do Método*, 1637.

5.1 Linhas de absorção

O sistema de índices de Lick consta de um conjunto de características espectrais na região entre 400 e 640 nm. As características espectrais são constituídas de dois tipos principais: as linhas atômicas de absorção e as bandas moleculares. Para as linhas atômicas, os índices espectroscópicos são definidos em unidades de comprimento de onda (geralmente Å) e para as bandas moleculares são expressos em magnitudes. Cruciais na definição do sistema de Lick são as regiões onde deve ser medido o fluxo de uma determinada banda e duas outras regiões adjacentes a esta, necessárias na determinação de um pseudo-contínuo. A tabela 5.1 mostra a definição dos 21 índices espectroscópicos para as diferentes bandas segundo Worthey & Ottaviani (1997) e Trager et al. (1998).

Para cada característica (linha) espectral, são definidas três bandas, quais sejam, a região da linha em estudo propriamente dita e duas outras pertencentes ao pseudo-contínuo adjacente. A largura equivalente de uma linha do espectro é calculada determinando-se a fração de luz que é absorvida no intervalo de comprimentos de onda no qual a mesma é definida, utilizando-se, para o cálculo do contínuo, uma interpolação linear das regiões adjacentes à linha.

A figura 5.1 mostra um exemplo hipotético. $F(\lambda)$ designa a “função” de fluxo por pixel do espectro no comprimento de onda λ , P_1 e P_2 correspondem às janelas espectrais das regiões adjacentes à linha, e λ_i e λ_s são os limites em comprimento de onda da linha. As médias de fluxo nas regiões P_1 e P_2 definem uma reta, que é a reta de pseudocontínuo na região da linha, que chamaremos $C(\lambda)$. A área A_2 é simplesmente a integral do fluxo na região da linha, e portanto, naturalmente, a área A_1 é o fluxo absorvido nessa faixa de comprimentos de onda; assim, $A_1 + A_2$ corresponde à integral do fluxo do contínuo nessa faixa. Matematicamente,

$$A_2 = \int_{\lambda_i}^{\lambda_s} F(\lambda) d\lambda \quad (5.1)$$

Por definição, a *largura equivalente* EW da linha em questão (o índice de Lick para uma linha metálica) é a razão entre o fluxo absorvido pela linha e o fluxo do pseudo-contínuo nessa região, multiplicada pelo intervalo de comprimento de onda, em Å. Ou seja,

$$EW = \left(\frac{A_1}{A_1 + A_2} \right) \times (\lambda_s - \lambda_i). \quad (5.2)$$

Mas como a integral do fluxo do contínuo C vale

$$C = \int_{\lambda_i}^{\lambda_s} C(\lambda) d\lambda, \quad (5.3)$$

então

$$E = \left(\frac{C - A_2}{C} \right) \times (\lambda_s - \lambda_i). \quad (5.4)$$

O índice de Lick para bandas moleculares, E_M , é definido por

$$E_M = -2.5 \log \frac{A_2}{C}. \quad (5.5)$$

Associada à incerteza nos valores de fluxo pixel a pixel, existe uma incerteza nas determinações dos índices de Lick. Sendo $I_i(\lambda)$ o fluxo no píxel i dentro da janela onde a linha é definida, a área A_2 correspondendo ao fluxo recebido na região da linha é

$$A_2 = \sum_{i=1}^N I_i(\lambda) (\lambda_{i+1} - \lambda_i) \equiv \sum_{i=1}^N I_i(\lambda) \Delta\lambda_i. \quad (5.6)$$

A incerteza $\sigma(A_2)$ será dada por

$$\sigma(A_2)^2 = \sum_{i=1}^N \left[\left(\frac{\partial A_2}{\partial I_i} \right)^2 \sigma(I_i)^2 \right] \quad (5.7)$$

$$= \sum_{i=1}^N (\Delta \lambda_i)^2 \sigma(I_i)^2 \quad (5.8)$$

$$= \frac{N}{(N-1)^2} (\lambda_s - \lambda_i)^2 \sigma(I_i)^2 \quad (5.9)$$

O fluxo integrado do contínuo nessa faixa, C , vale

$$C = \bar{C}(\lambda_s - \lambda_i), \quad (5.10)$$

onde \bar{C} é o valor médio do pseudocontínuo definido pela reta ajustada usando as zonas adjacentes:

$$\bar{C} = a \left(\frac{\lambda_s + \lambda_i}{2} \right) + b, \quad (5.11)$$

λ_i e λ_s são os limites que definem a linha e a e b são os coeficientes angular e linear da reta ajustada:

$$a = \frac{y_s - y_i}{x_s - x_i} \quad (5.12)$$

$$b = y_s - x_s \frac{y_s - y_i}{x_s - x_i}, \quad (5.13)$$

com y_s e y_i correspondendo aos valores médios de y nas faixas superior e inferior do pseudocontínuo, e x_s e x_i seus valores de λ associados. Em termos de y_s e y_i , podemos expressar \bar{C} como

$$\bar{C} = \left(\frac{y_s - y_i}{x_s - x_i} \right) \times \left(\frac{\lambda_s + \lambda_i}{2} \right) + \left[y_s - x_s \left(\frac{y_s - y_i}{x_s - x_i} \right) \right]. \quad (5.14)$$

Por sua vez, como

$$y_{s,i} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N I_j, \quad (5.15)$$

então

$$\sigma_{y_{s,i}}^2 = \frac{1}{N^2} \sum_{j=1}^N \sigma^2(I_j) = \frac{\sigma^2(I)}{N}, \quad (5.16)$$

onde $\sigma^2(I)$ é a incerteza média estimada para o fluxo por pixel no espectro. Assim, a incerteza em \bar{C} é

$$\sigma_{\bar{C}}^2 = \left(\frac{\partial \bar{C}}{\partial y_s} \right)^2 \sigma_{y_s}^2 + \left(\frac{\partial \bar{C}}{\partial y_i} \right)^2 \sigma_{y_i}^2 \quad (5.17)$$

$$\sigma_{\bar{C}}^2 = \left[\left(\frac{\lambda_s + \lambda_i}{2} \right) \left(\frac{1}{x_s - x_i} \right) + 1 - \frac{x_s}{x_s - x_i} \right]^2 \sigma_{y_s}^2 + \left[\left(\frac{\lambda_s + \lambda_i}{2} \right) \left(\frac{-1}{x_s - x_i} \right) + \frac{x_s}{x_s - x_i} \right]^2 \sigma_{y_i}^2. \quad (5.18)$$

Finalmente, a incerteza na determinação da largura equivalente de Lick é

$$\sigma_E^2 = \left(\frac{\partial E}{\partial C} \right)^2 \sigma_C^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial A_2} \right)^2 \sigma_{A_2}^2 \quad (5.19)$$

$$\sigma_E^2 = \left[\left(\frac{A_2}{C^2} \right)^2 \sigma_C^2 + \left(\frac{-1}{C} \right)^2 \sigma_{A_2}^2 \right] (\lambda_s - \lambda_i)^2, \quad (5.20)$$

e para a magnitude,

$$\sigma_{E_M}^2 = \left(\frac{\partial E_M}{\partial C} \right)^2 \sigma_C^2 + \left(\frac{\partial E_M}{\partial A_2} \right)^2 \sigma_{A_2}^2 \quad (5.21)$$

$$\sigma_{E_M}^2 = \left(\frac{2.5}{C \ln(10)} \right)^2 \sigma_C^2 + \left(\frac{-2.5}{A_2 \ln(10)} \right)^2 \sigma_{A_2}^2. \quad (5.22)$$

Assim, o problema da determinação da incerteza em uma medida de um índice de Lick reside na determinação da incerteza no fluxo pixel a pixel, $\sigma(I)$.

As larguras equivalentes das linhas espectrais mais intensas foram medidas segundo as definições do sistema de Lick listadas na tabela 5.1. Antes das medidas dos índices e pseudo-contínuos, os espectros foram normalizados ao fluxo em 4200 Å.

Os índices de Lick para qualquer galáxia devem, a rigor, ser corrigidas pelo alargamento das linhas devido à dispersão de velocidades, que tende a aumentar a largura equivalente de uma dada linha, especialmente as atômicas (Longhetti et al. 1998). Nossos dados não foram corrigidos por dispersão de velocidades uma vez que nossos espectros não apresentam sinal suficiente para isso e não foram observadas estrelas padrões de rotação.

Medimos um total de 10 índices de Lick e seus respectivos pseudo-contínuos, assim como o índice $D_n(4000)$, mediante um *software* desenvolvido pelo autor

Índice	Linha/Banda	$\lambda(BP_I)$	$\lambda(BP_S)$	$\lambda(CAE_I)$	$\lambda(CAE_S)$	$\lambda(CAD_I)$	$\lambda(CAD_S)$
CN ₁ *	CN	4143.375	4178.375	4081.375	4118.875	4245.375	4285.375
CN ₂ *	CN	4143.375	4178.375	4085.125	4097.625	4245.375	4285.375
Ca λ 4227	Ca I	4223.500	4236.000	4212.250	4221.000	4242.250	4252.250
G λ 4300	CH	4282.625	4317.625	4267.625	4283.875	4320.125	4336.375
Fe λ 4383	Fe I	4370.375	4421.625	4360.375	4371.625	4444.125	4456.625
Ca λ 4455	Ca I	4453.375	4475.875	4447.125	4455.875	4478.375	4493.375
Fe λ 4531	Fe I	4515.500	4560.500	4505.500	4515.500	4561.750	4580.500
Fe λ 4668	Fe I	4635.250	4721.500	4612.750	4631.500	4744.000	4892.625
H $_{\beta}$ λ 4861	H $_{\beta}$	4848.875	4877.625	4828.875	4848.875	4877.625	4892.625
H $_{\beta G}$ λ 4861	H $_{\beta}$	4851.320	4871.320	4815.000	4845.000	4880.000	4930.000
Fe λ 5015	Fe I	4979.000	5055.250	4947.750	4979.000	5055.250	5066.500
Mg ₁ *	Mg ₁	5070.375	5135.375	4896.375	4958.875	5302.375	5367.375
Mg ₂ *	MgH+Mgb	5155.375	5197.875	4896.375	4958.875	5302.375	5367.375
Mgb λ 5177	Mgb	5161.375	5193.875	5143.875	5162.625	5192.625	5207.625
Fe λ 5270	Fe I	5247.375	5287.375	5234.875	5249.875	5287.375	5319.875
Fe λ 5335	Fe I	5314.125	5354.125	5306.625	5317.875	5355.375	5365.375
Fe λ 5406	Fe I	5390.250	5417.750	5379.000	5390.250	5417.750	5738.375
Fe λ 5709	Fe I	5698.375	5722.125	5674.625	5698.375	5724.625	5738.375
Fe λ 5782	Fe I	5778.625	5798.375	5767.125	5777.125	5799.625	5813.375
Na λ 5895	Na D	5878.625	5911.125	5862.375	5877.375	5923.875	5949.875
TiO*	TiO I	5938.375	5995.875	5818.375	5850.875	6040.375	6105.375
TiO*	TiO II	6191.375	6273.875	6068.375	6143.375	6374.375	6416.875

Tab. 5.1: Definições dos índices espectroscópicos de Lick. (*) - Índices medidos em magnitudes.

deste trabalho, seguindo as definições do sistema de Lick e suas incertezas conforme acima explicitado. As medidas estão na tabela 5.2. A figura 5.2 mostra as principais linhas de absorção e os espectros das doze galáxias da amostra com *redshifts* entre 0.69 e 0.72, já transformados para $z=0$.

5.2 Linhas de emissão

Nos espectros dos membros confirmados do aglomerado, a única linha de emissão evidente era a de [OII] λ 3727, encontrada em quatro objetos (para os objetos ID302 e ID241 esta linha não é detectável devido a contaminação por uma linha telúrica). As demais galáxias não apresentam linhas detectáveis em emissão. A largura equivalente da linha [OII] λ 3727 para as galáxias observadas foi medida através dos pacotes do IRAF/NOAO, através de um ajuste gaussiano; os limites da linha foram estimados visualmente. Os resultados estão listados na tabela 5.2.

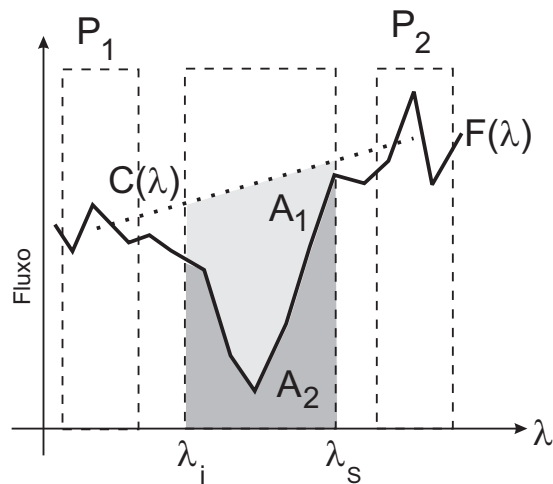


Fig. 5.1: Exemplo hipotético para ilustrar a determinação dos índices de Lick.

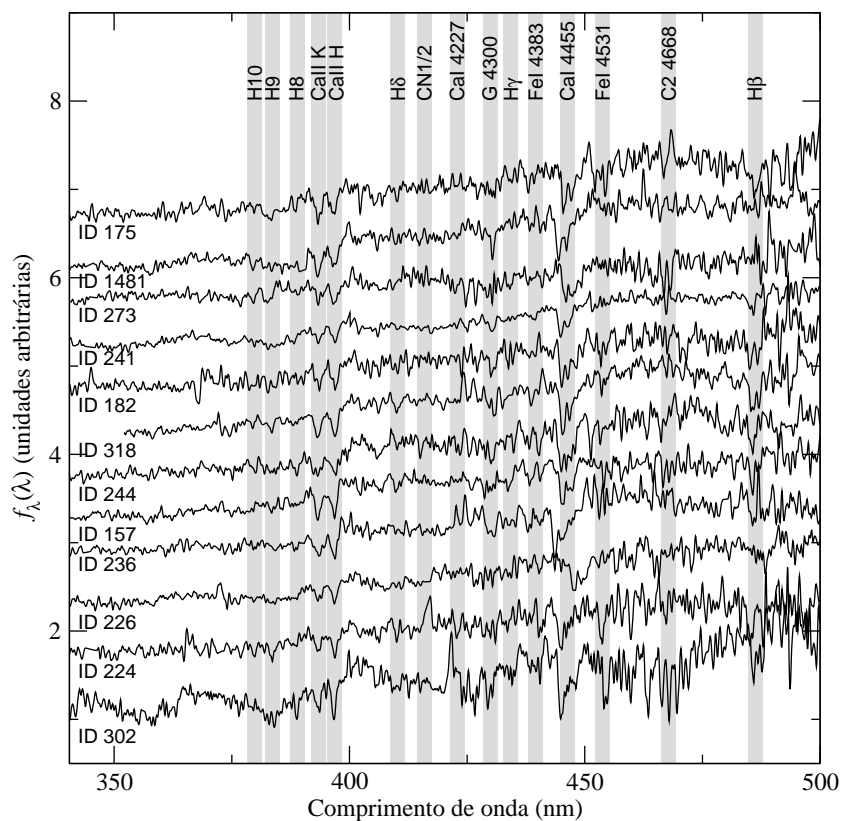


Fig. 5.2: Espectros (mapeados para $z=0$) das doze galáxias da amostra com redshifts entre 0.69 e 0.72 e principais linhas de absorção observadas.

ID	H δ_a	CN ₁	CN ₂	CaI	G	H γ_a	Fel	C ₂	H β	D _n	[OII]
302	3.01±1.03	-0.06±0.03	-0.08±0.04	–	3.67±1.10	-3.03±1.04	6.96±1.08	–	7.61±0.50	1.76±0.01	–(*)
226	-0.03±2.15	0.00±0.06	0.03±0.07	0.51±0.93	0.09±1.83	1.10±1.49	–	10.24±1.95	-0.23±0.99	1.62±0.01	-10.6±1.4
318	0.23±1.19	0.03±0.03	0.08±0.04	–	2.16±1.19	-0.14±1.13	–	0.81±1.56	8.27±0.69	1.58±0.01	–
224	-1.89±1.76	–	–	3.32±0.73	7.27±1.39	-6.12±1.64	7.03±1.39	4.46±2.02	2.63±1.15	1.44±0.01	–
1481	0.04±1.27	0.10±0.04	0.13±0.04	1.29±0.67	5.85±1.08	-5.10±1.21	–	9.30±1.46	2.00±0.65	1.95±0.01	–
236	-1.57±1.32	0.16±0.04	0.21±0.04	–	6.53±1.01	-1.88±1.21	–	3.43±1.66	–	1.50±0.01	–
157	-0.30±1.32	-0.01±0.04	0.02±0.04	1.05±0.72	4.29±1.31	-1.45±1.33	–	4.92±2.03	7.02±0.70	1.66±0.01	-4.0±0.8
244	–	0.04±0.04	0.11±0.04	2.75±0.66	5.66±1.38	-7.31±1.56	–	–	5.66±1.38	1.87±0.01	–
175	-3.17±2.01	0.00±0.05	0.02±0.06	0.63±0.93	4.81±1.53	-7.09±1.65	–	–	8.33±0.89	1.53±0.01	-6.3±1.1
182	-0.28±1.64	-0.04±0.04	-0.04±0.05	–	5.88±1.34	-4.30±1.53	–	–	8.86±0.78	1.50±0.01	-6.3±0.9
273	-1.75±1.59	-0.15±0.04	-0.23±0.06	-0.09±1.17	3.65±1.82	-3.29±1.77	–	6.03±2.41	0.95±0.90	1.22±0.01	–
241	-2.20±1.40	0.15±0.04	0.19±0.05	–	3.31±1.20	-0.26±1.17	–	4.30±1.67	2.41±0.79	1.46±0.01	–(*)

Tab. 5.2: Índices espectroscópicos medidos para os doze membros confirmados do aglomerado. (*) [OII] λ 3727 não medido por coincidir com linha telúrica.

6. PROPRIEDADES POPULACIONAIS E ESTRUTURAS DOS MEMBROS CONFIRMADOS DE LCDCS-S001

Amigos gastam um bom tempo com pilhérias nas quais ninguém sai magoado; de fato, uma noite que passamos rindo com os amigos é um dos maiores prazeres da vida.

Steven Pinker, *Como a mente funciona*, 1997.

6.1 Síntese de populações

Os índices e pseudo-contínuos medidos nos espectros foram usados para estudar as propriedades da população estelar das galáxias do aglomerado. Nosso principal objetivo nesta Seção é descrever a distribuição de idades da população estelar nestas galáxias. Devido ao baixo sinal-ruído nos espectros e ao limitado número de linhas de absorção medidas, vamos nos limitar a fazer inferências sobre a distribuição de idades e algumas pistas sobre sua metalicidade. Existem vários modelos evolutivos como os de Bruzual & Charlot (2003) e de Maraston (2005). Neste trabalho, usaremos os modelos de síntese de Bruzual & Charlot (2003); dada a qualidade de nossos dados, o uso de modelos mais sofisticados e atuais não deve resultar em resultados muito diferentes. Os modelos de Bruzual & Charlot (2003) são baseados em uma biblioteca com alta resolução de espectros estelares que torna possível derivar uma evolução espectral detalhada de populações estelares simples (SSPs) com resolução de 3 \AA entre 3200 \AA e 9500 \AA , em uma ampla faixa de metalicidades. Existem diversos parâmetros livres nos modelos, como a função de massa inicial (IMF), a extinção pela poeira interestelar e a prescrição de evolução estelar. Para limitarmos o número de variáveis livres em nossa análise, fixamos a IMF como a de Salpeter (1955). Além disso, usamos os *tracks* evolutivos de Padova 1994, como recomendado por Bruzual & Charlot (2003).

Para o modelo cosmológico que estamos utilizando ($H_0 = 71$, $\Omega_M = 0.27$ e $\Omega_V = 0.73$), a idade do universo em um *redshift* $z = 0.7$ é de aproximadamente 7 Gyrs; portanto, extraímos um conjunto de 8 espectros dos modelos de Bruzual & Charlot, com idades de 0.1, 1.0, 3.0 e 7.0 Gyrs e metalicidades $Z = 0.02$ (solar) e $Z = 0.004$.

Uma vez que os índices espectroscópicos por nós determinados não estão corrigidos por dispersão de velocidades, convoluímos os espectros dos modelos com uma dispersão de velocidade de 150 km s^{-1} . Mesmo sendo uma correção um tanto grosseira, que tende a superestimar os índices sintéticos para galáxias de baixa massa, não esperamos grandes erros, tendo em vista que a dependência dos índices com a dispersão de velocidades não é forte nesta faixa de dispersões de velocidade.

O método de síntese que utilizamos consiste em obter, para cada espectro observado, a combinação linear dos espectros de base (sintéticos) que minimiza a seguinte relação entre seus índices medidos (*MEA*) e sintéticos (*TOT*):

$$\chi = \sum_{i=1}^N \left| \frac{I_{TOT,i} - I_{MEA_i}}{K_i} \right| + \sum_{i=1}^{N-1} \left| \frac{P_{TOT,i} - P_{MEA_i}}{P_{MEA,i}} \right| \quad (6.1)$$

onde I_i são os índices espectroscópicos, P_i são os pseudo-contínuos e K_i são fatores de normalização (necessários para a compatibilidade entre os índices com diferentes valores típicos). Para os índices de Lick, K_i são as diferenças absolutas entre o máximo e o mínimo valor possível para cada índice nos espectros de base, e para $D_n(4000)$ é o valor observado para este índice. Cabe ressaltar que a forma funcional da função de minimização é linear e foi escolhida por facilitar a estimativa posterior na dispersão típica entre os valores observados para os índices e os respectivos valores sintéticos. Para cada espectro observado, rodamos a síntese variando as contribuições dos diferentes espectros de base com um passo de 1%, em duas rodadas distintas: a primeira somente com espectros de base com metalicidade solar, e a segunda somente com os espectros de base com metalicidade sub-solar. As figuras 6.3 a 6.14 mostram os espectros observados e a solução de melhor ajuste. A tabela 6.1 mostra os resultados da síntese como a contribuição percentual de cada espectro de base para o espectro total em 4200 \AA . A contribuição em massa $M(\%)$ de cada espectro de base na solução, calculada levando-se em conta que os modelos de Bruzual & Charlot (2003) são normalizados para $1 M_\odot$, também é apresentada na tabela 6.1.

É interessante notar que todas as 12 galáxias de nossa amostra são melhor ajustadas pelo conjunto de espectros de base com metalicidade solar: as soluções com metalicidade solar são melhores que as soluções com metalicidade sub-solar

ID	% fluxo			
	% massa			
	7.0 Gyrs	3.0 Gyrs	1.0 Gyrs	0.1 Gyrs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
302	42.6	1.6	49.2	6.6
	88.4	1.4	10.0	0.1
226	67.6	0.0	24.3	8.1
	96.5	0.0	3.4	0.1
318	0.0	75.0	25.0	0.0
	0.0	92.9	7.1	0.0
224	47.6	52.4	0.0	0.0
	90.3	9.7	0.0	0.0
1481	100.0	0.0	0.0	0.0
	100.0	0.0	0.0	0.0
236	74.5	25.5	0.0	0.0
	87.2	12.8	0.0	0.0
157	76.0	6.0	8.0	10.0
	95.6	3.3	1.0	0.1
244	100.0	0.0	0.0	0.0
	100.0	0.0	0.0	0.0
175	0.0	92.3	0.0	7.7
	0.0	99.8	0.0	0.2
182	0.0	88.4	0.0	11.6
	0.0	99.7	0.0	0.3
273	65.0	10.0	0.0	25.0
	93.4	6.2	0.0	0.4
241	15.4	84.6	0.0	0.0
	29.8	70.2	0.0	0.0

Tab. 6.1: Resultados da síntese para cada objeto; (1): identificação da galáxia; (2) a (5): percentual da contribuição em fluxo em 4200 Å de cada espectro de base na solução.

por 2%-80% em χ (1% a 34% em diferença média entre os índices medidos e os sintéticos). A dispersão média das quantidades observadas (larguras equivalentes, fluxos do pseudo-contínuo e o índice $D_n(4000)$) em relação com os sintéticos na solução de melhor ajuste é de cerca de 5%. Nossos resultados mostram que a maior parte das estrelas que compõem as galáxias do aglomerado são evoluídas ($t \geq 3$ Gyr). Três galáxias da amostra apresentam significativa (>20%) contribuição em fluxo de estrelas com idade de 1.0 Gyr. Em seis objetos, detectamos uma contribuição de populações estelares jovens ($t \sim 0.1$ Gyr), possivelmente associadas com formação estelar ativa. A contribuição percentual média em massa de cada espectro de base é de 65.1%, 33.7%, 1.1% and 0.1% para os espectros de base com $t = 7.0$ Gyrs, $t = 3.0$ Gyrs, $t = 1.0$ Gyrs e $t = 0.1$ Gyrs, respectivamente.

Com o objetivo de analisar o comportamento radial das propriedades da população estelar no aglomerado, definimos um parâmetro Q que unifica a informação sobre a idade e quantifica a fração de estrelas “velhas” e “jovens” presentes em cada galáxia. Nós definimos Q como:

$$Q = \sum_{i=1}^4 \frac{M(\%)}{100 \times t_i^2}, \quad (6.2)$$

onde t_i é a idade do espectro de base i em Gyrs. Para uma galáxia com 100% de população com 7.0 Gyrs, $Q \approx 0$, e para uma galáxia com 100% de estrelas com 0.1 Gyrs, $Q = 100$. A figura 6.1 mostra a dependência radial do parâmetro Q ; as galáxias são mostradas como círculos cujo raio é proporcional à massa luminosa (ver Seção 6.4). É evidente desta figura que as galáxias cuja população estelar é quase exclusivamente formada de estrelas velhas ocupam a região central do aglomerado, enquanto nas regiões periféricas estão objetos cuja formação estelar é mais dispersa ao longo do tempo, e portanto apresentam maior contribuição de estrelas jovens.

6.2 Emissão [OII]

Magris, Binette & Bruzual (2003). computaram um conjunto de modelos de síntese de populações estelares que contém as larguras equivalentes e as intensidades das linhas [OII] λ 3727, H β , [OIII] λ 5007, H α e [NII] λ 6584 como função da idade do surto de formação estelar. Eles foram calculados assumindo metalicidades de $Z = 0.004$ a $Z = 0.03$, uma IMF de Salpeter, taxas de formação estelar tanto contínuas como exponencialmente decrescentes (neste último caso com diferentes tempos característicos τ), e cujas estrelas cobrem uma faixa de massas com uma massa

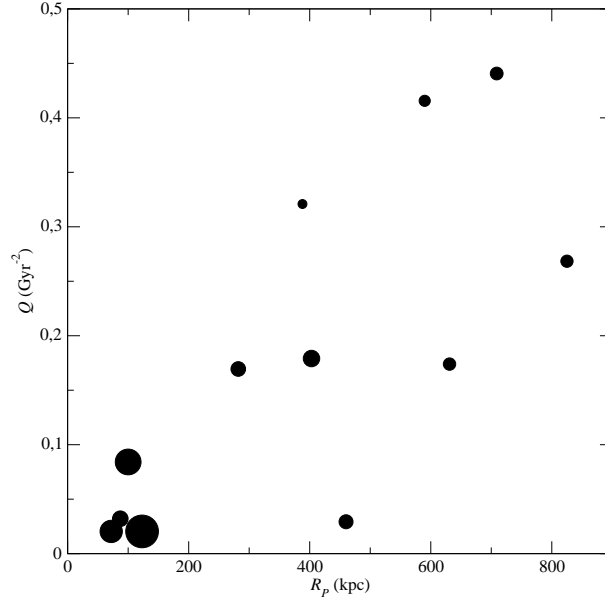


Fig. 6.1: Dependência radial do parâmetro Q .

inferior fixa de $M_{low} = 0.09M_{\odot}$ e massas superiores de $40M_{\odot} \leq M \leq 120M_{\odot}$. Comparamos nossas medidas de $EW[\text{OII}]$ com aqueles de Magris, Binette & Bruzual (2003) com metalicidade solar. Para cada galáxia, calculamos o valor teórico $EW[\text{OII}]_{modelo}$ usando a contribuição em massa de cada template $M(\%)_i$ conforme dado na tabela 6.1, usando a expressão:

$$EW[\text{OII}]_{modelo} = \frac{\sum_{i=1}^4 F_{L,i} M(\%)_i}{\sum_{i=1}^4 F_{L,i} M(\%)_i / EW[\text{OII}]_i}, \quad (6.3)$$

onde $F_{L,i}$ é o fluxo de linha teórico. A figura 6.2 mostra esta comparação. Notamos primeiramente que as previsões teóricas variam fortemente dependendo dos parâmetros do modelo. De qualquer forma, os valores observados podem ser bem ajustados com modelos com $60 M_{\odot} < M_{up} < 120 M_{\odot}$ e com tempos característicos de formação estelar $1.0 < \tau < 3.0$ Gyrs. A largura equivalente da galáxia ID226 ajusta bem um modelo com $\tau = 1.0$ Gyrs e $M_{up} = 120 M_{\odot}$, enquanto para as galáxias ID175 e ID182 as larguras equivalentes observadas são ajustadas por valores intermediários dessas variáveis. Em suas simulações de N corpos, Diaferio et al. (2001) encontraram que o gás de galáxias recém-acretadas pelo aglomerado não resfria mais para formar estrelas e portanto suas taxas de formação estelar decaem em escalas de tempo de $1.0 < \tau < 2.0$ Gyrs, concordando com nossos resultados.

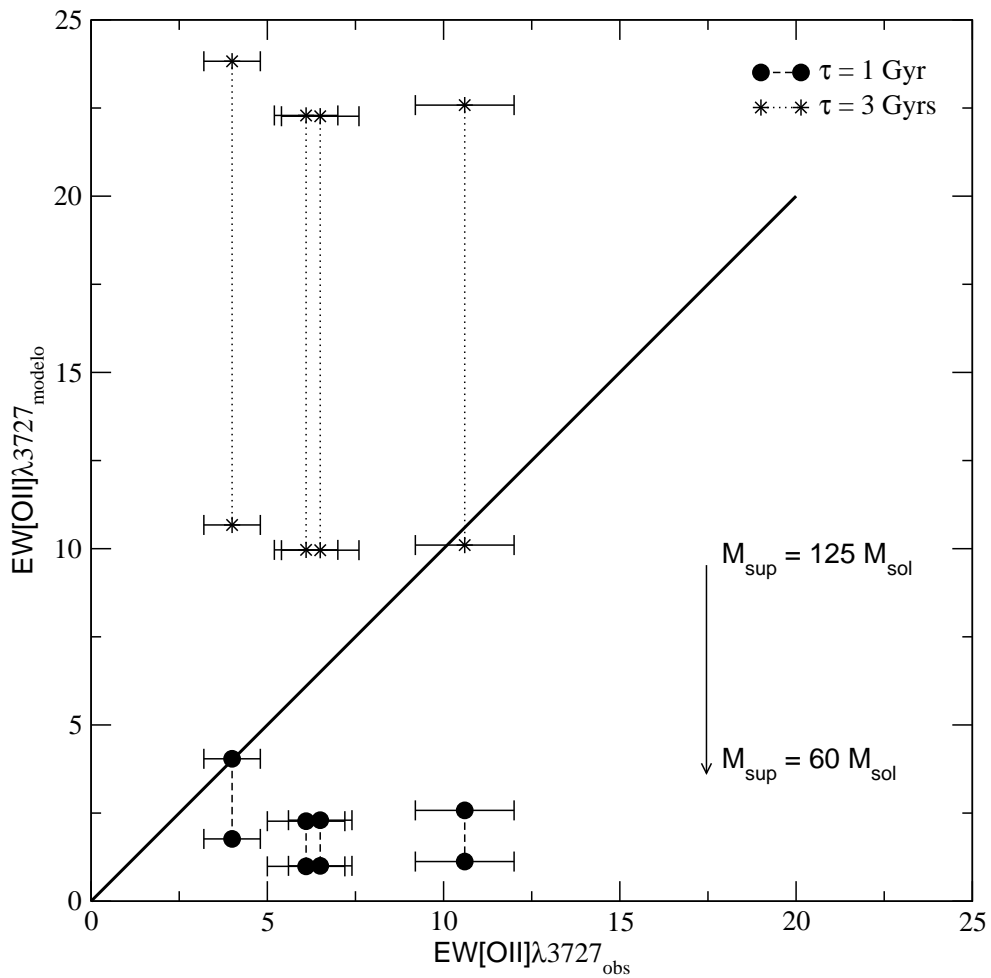


Fig. 6.2: Comparação das larguras equivalentes do $[OII]\lambda 3727$ com as previsões teóricas de Magris, Binette & Bruzual (2003). A linha espessa corresponde a uma ajuste perfeito entre o modelo e as observações. A linha fina dá uma estimativa das incertezas nas medidas de $EW[OII]$.

ID	$M_{AB,i'}$	$\frac{M_{LUM}}{10^{11}M_{\odot}}$
(1)	(2)	(3)
302	-23.27	3.9
226	-23.38	5.3
318	-23.74	4.0
224	-23.09	4.5
1481	-23.98	10.5
236	-23.31	5.1
157	-23.36	4.7
244	-23.57	7.2
175	-23.30	2.9
182	-23.71	4.1
273	-22.93	3.6
241	-24.27	8.3

Tab. 6.2: Magnitudes absolutas e massas luminosas para os doze membros confirmados.

6.3 Magnitudes absolutas

As magnitudes absolutas $M_{AB,i'}$ foram calculadas usando os espectros sintéticos. Primeiro, transformamos os espectros sintéticos para o *redshift* da galáxia correspondente e os calibramos usando as magnitudes i'_{AB} . Note que os filtros do GMOS são definidos no sistema AB , portanto:

$$i'_{AB} = -2.5 \log_{10} f_{\nu}(\text{ergs s}^{-1} \text{cm}^{-2} \text{Hz}^{-1}) - 48.60. \quad (6.4)$$

Nós então transformamos os espectros novamente para o referencial em repouso, aplicamos a correção $(1+z)^2$ para compensar a atenuação cosmológica, recalculamos a magnitude i' da fonte e adicionamos o módulo de distância, calculado para o redshift da galáxia. As magnitudes absolutas estão dadas na coluna 2 da tabela 6.2. As 12 galáxias observadas são luminosas; a faixa de luminosidades é de $-24.27 < M_{AB,i'} < -22.93$. A título de controle, comparamos essas magnitudes absolutas com as magnitudes na banda I para galáxias de redshift $z \sim 0.9$ de Postan, Lubin & Oke (2001) e encontramos que, mesmo se tratando de bandas fotométricas diferentes, os valores típicos são semelhantes para as galáxias mais brilhantes.

6.4 Massas luminosas

Estimamos as massas luminosas das galáxias como segue. Cada espectro de base de Bruzual & Charlot (2003) é dado em unidades de $L_{\odot} \text{ \AA}^{-1}$ e é normalizado para uma massa total de $1M_{\odot}$. Podemos então comparar diretamente a densidade de fluxo desses espectros de base com a densidade de fluxo dos espectros sintéticos calibrados, e portanto calcular tanto a massa luminosa total associada com o espectro calibrado quanto a fração de massa de cada espectro de base com respeito à massa total, com a expressão:

$$M_{LUM} = 4\pi \frac{f_{\lambda}(4200) (3.0857 \times 10^{24} D_L)^2}{L_{\odot} \times L_{1M_{\odot}}(4200)}, \quad (6.5)$$

onde D_L é a distância de luminosidade da galáxia em Mpc (calculada a partir do seu redshift usando a cosmologia escolhida), $f_{\lambda}(4200)$ é o fluxo calibrado da galáxia (em $\text{ergs sec}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ \AA}^{-1}$) em 4200 \AA e $L_{1M_{\odot}}(4200)$ é a luminosidade por massa solar da solução da síntese. A massa luminosa total para cada galáxia é dada na tabela 6.2. Encontramos que nossas galáxias varrem uma faixa moderada em massas luminosas ($2.9 \times 10^{11} M_{\odot} < M < 10.5 \times 10^{11} M_{\odot}$). A incerteza experimental da massa luminosa é de cerca de 30%; este valor foi estimado a partir da incerteza no fluxo em 4200 \AA , uma vez que M_P depende principalmente desse valor.

6.5 Caracterização dos membros confirmados e discussão

As figuras 6.3 a 6.14 mostram o espectro sobreposto à solução de melhor ajuste na síntese, o contorno sobreposto à imagem, o modelo de decomposição bojo+disco de melhor ajuste, os resíduos do modelo na imagem e os parâmetros estruturais de melhor ajuste das doze galáxias confirmadas como membros do aglomerado LCDCS-S001.

As galáxias confirmadas como membros do aglomerado são compostas principalmente por populações estelares evoluídas, com idades acima de 3 Gyrs. Quatro dessas doze galáxias (ID226, ID157, ID175 e ID182) apresentam linhas de emissão e populações estelares jovens, embora o percentual em massa dessas populações seja pequeno. As galáxias mais centrais são as que apresentam menor contribuição percentual de populações estelares jovens. Em termos morfológicos, a galáxia ID157 é composta por um disco, sem contribuição de componente de bojo, o que indica que se trata de uma galáxia espiral; as demais galáxias são morfológica-mente intermediárias, possuindo componentes de bojo e de disco contribuindo de

forma semelhante, inclusive as galáxias sem sinais de formação estelar mais recente do que 3×10^6 anos (ID224, ID1481, ID236, ID244 e ID241). Não há na amostra espectroscópica galáxias elípticas propriamente ditas, com $B/T > 0.8$. Este é um resultado interessante, que evidencia que as classes morfológicas vistas tão distintamente no universo local se tornam menos definidas a alto *redshift*. As galáxias elípticas, em geral esferóides puros e formados por população velha, não apresentam contrapartida clara nas galáxias da amostra espectroscópica do aglomerado LCDCS-S001. Podemos especular que sistemas como NGC 720, um objeto com sinais claros de eventos de fusão e com propriedades fotométricas e dinâmicas mistas entre elípticas e espirais (Rembold & Pastoriza 2005), são mais comuns em alto *redshift*, uma vez que a probabilidade de encontros entre galáxias é maior nesse *redshift*.

Essas propriedades do aglomerado demonstram que as regiões de alta densidade são pouco propícias para formação estelar estendida. As galáxias mais periféricas apresentam resíduos de formação estelar. Na faixa de *redshifts* em torno de 0.7, o percentual de galáxias com linhas de emissão é da ordem de 70%, porém nossa amostra não é completa, sendo enviesada para os objetos mais massivos e brilhantes. É possível que haja nas regiões periféricas de LCDCS-S001 uma população de galáxias pouco massivas que apresentem formação estelar recente. Essa possibilidade requer uma investigação mais profunda desse objeto.

As massas luminosas das galáxias da amostra são altas, e se levarmos em conta que a maior parte da massa da galáxia está em forma não-estelar, vemos que há dezenas de galáxias em LCDCS-S001 mais massivas do que 10^{12} massas solares. As três galáxias mais massivas da amostra espectroscópica se encontram próximas do centro do aglomerado, evidenciando a segregação de massa típica desse tipo de sistema.

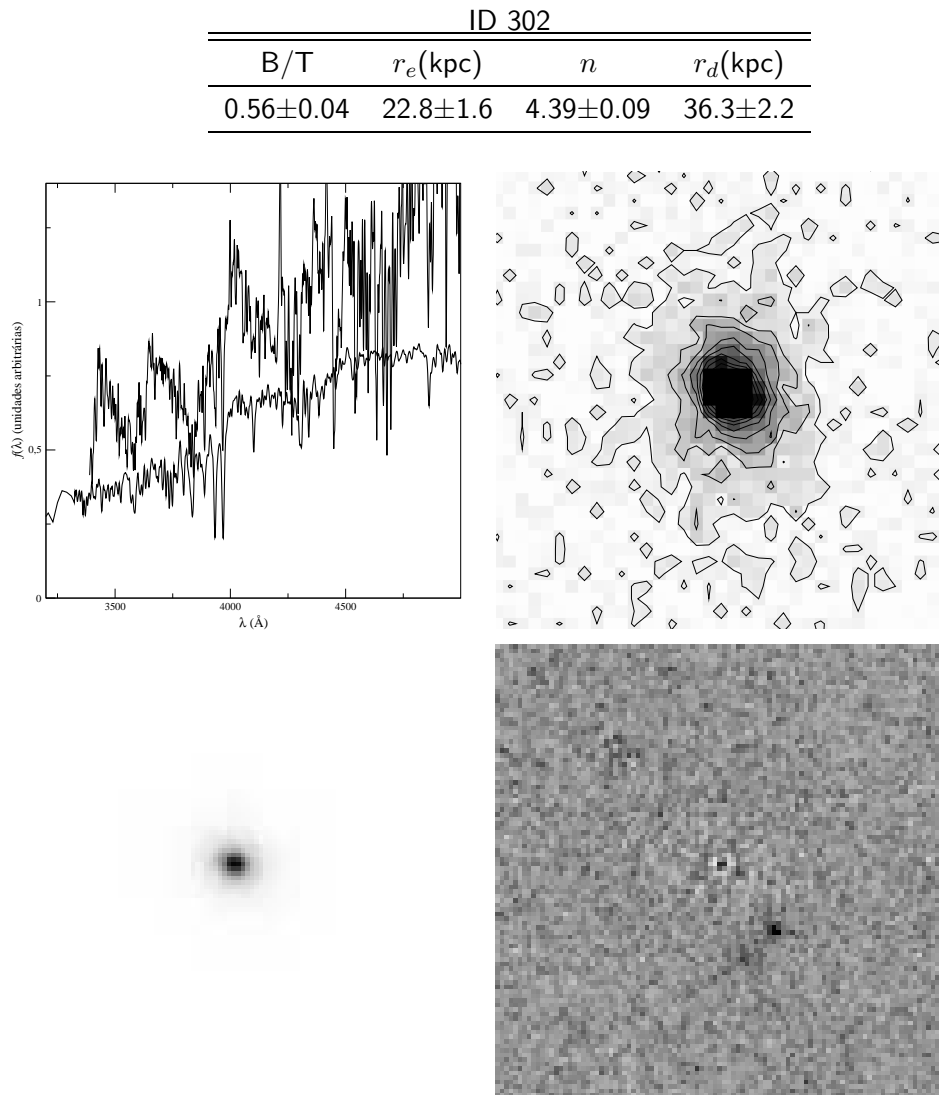


Fig. 6.3: Espectro, imagem na banda i' com contornos de intensidade, modelo de melhor ajuste para a decomposição bojo+disco e parâmetros estruturais da galáxia ID302.

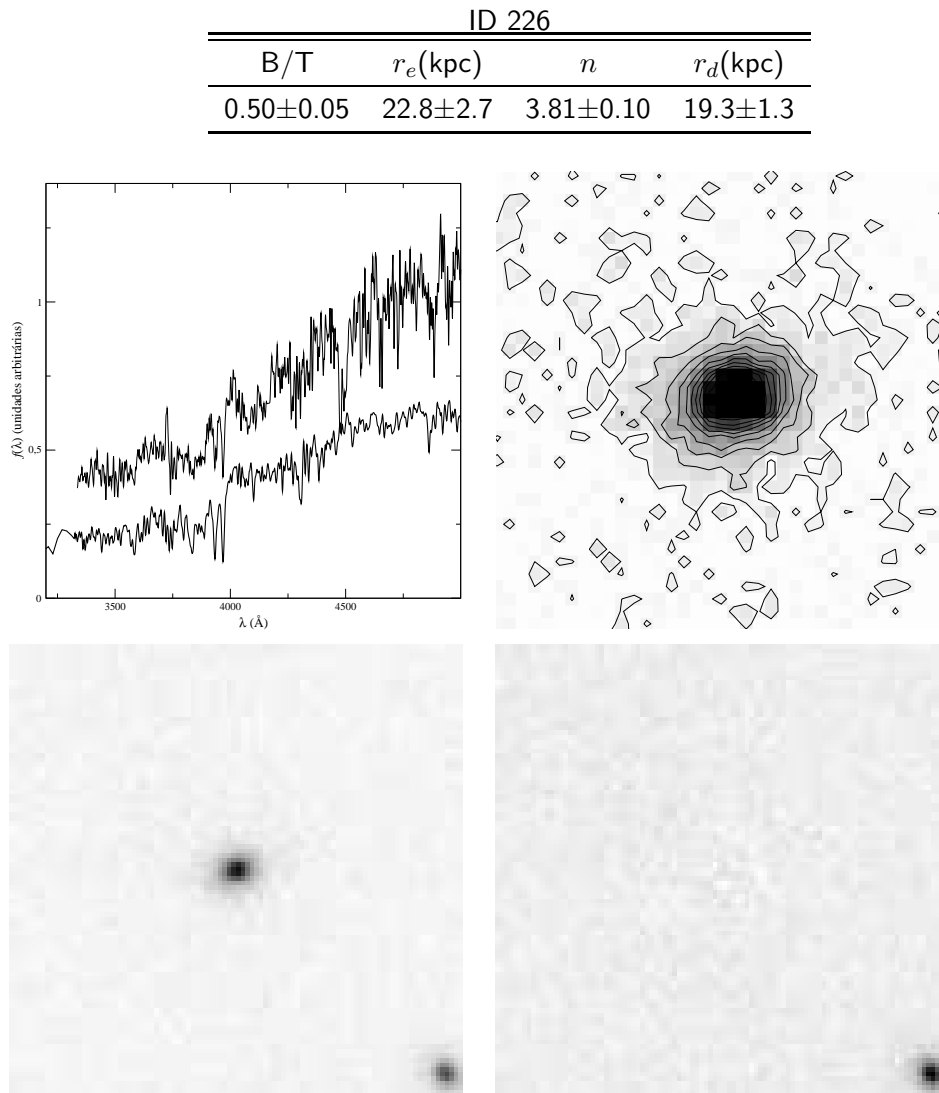


Fig. 6.4: O mesmo que a figura 6.3, para a galáxia ID226.

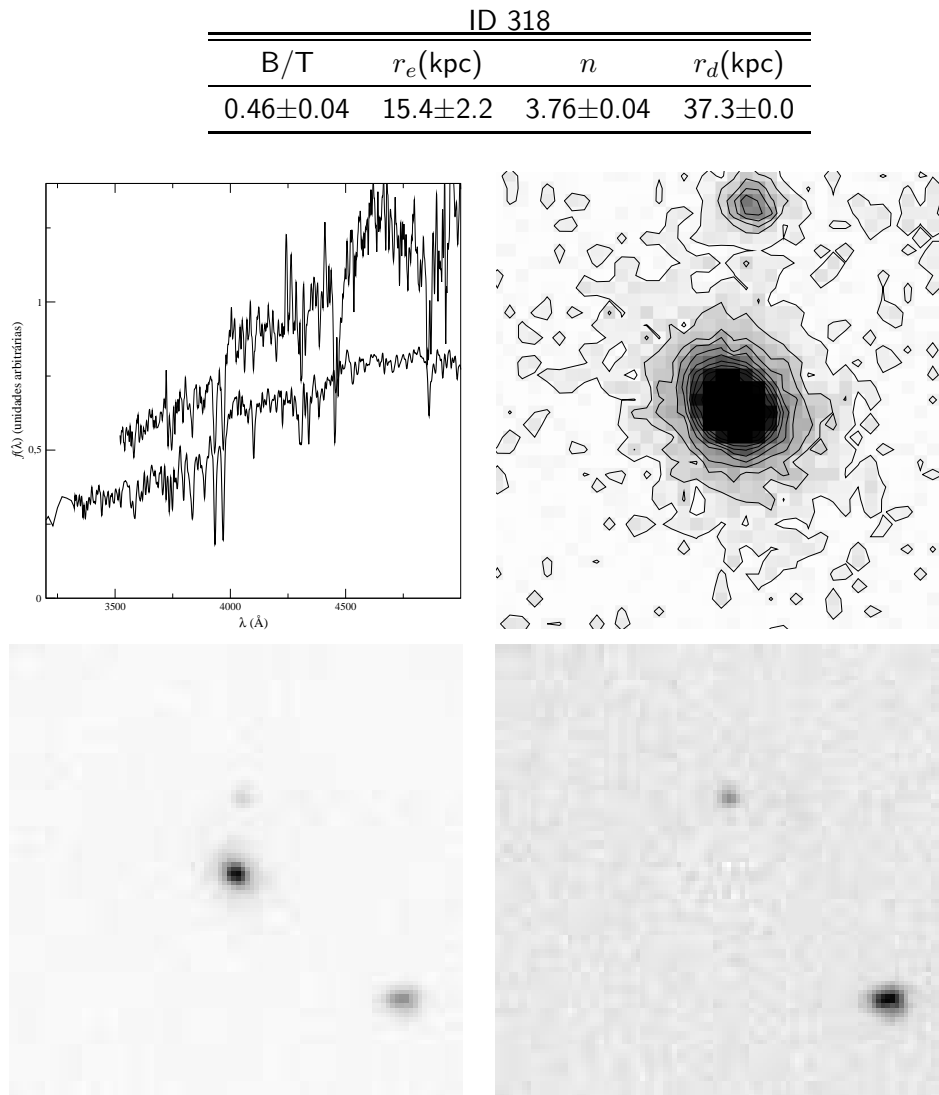


Fig. 6.5: O mesmo que a figura 6.3, para a galáxia ID318.

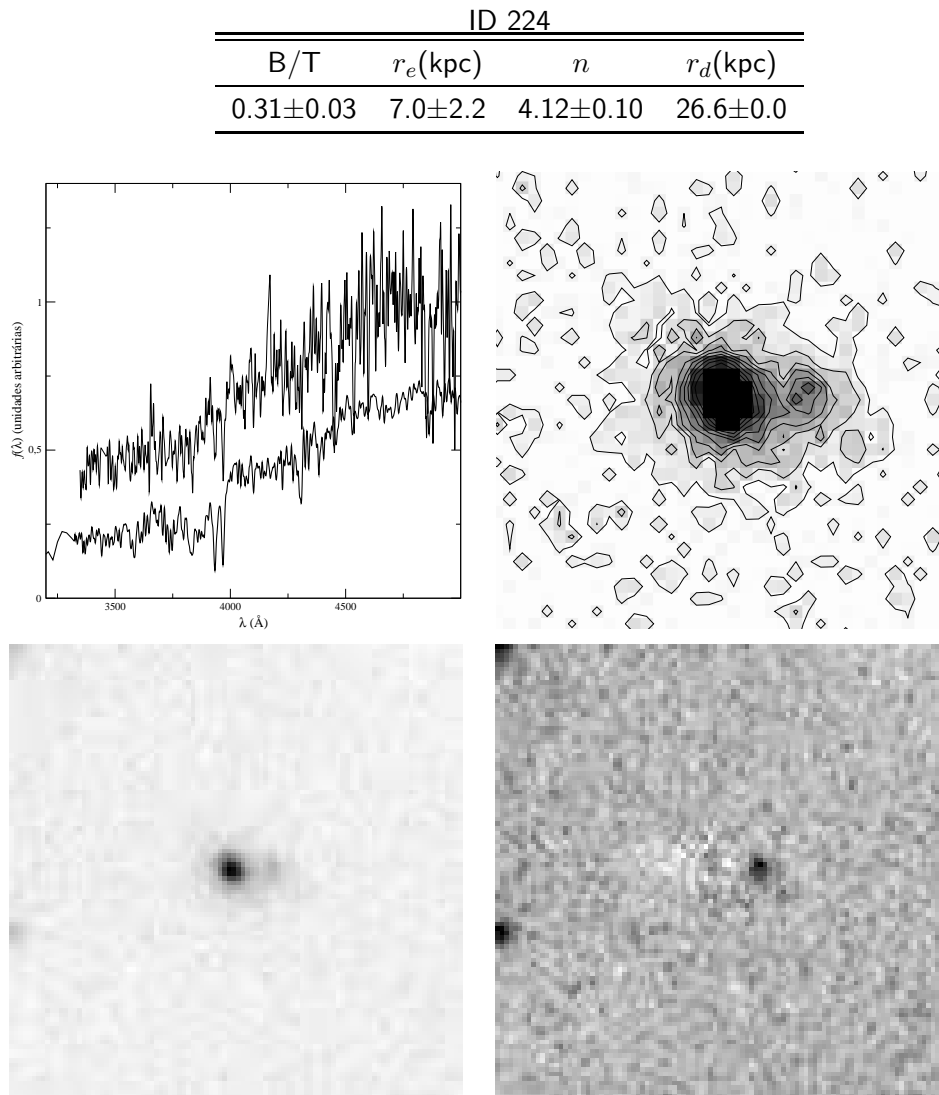


Fig. 6.6: O mesmo que a figura 6.3, para a galáxia ID224.

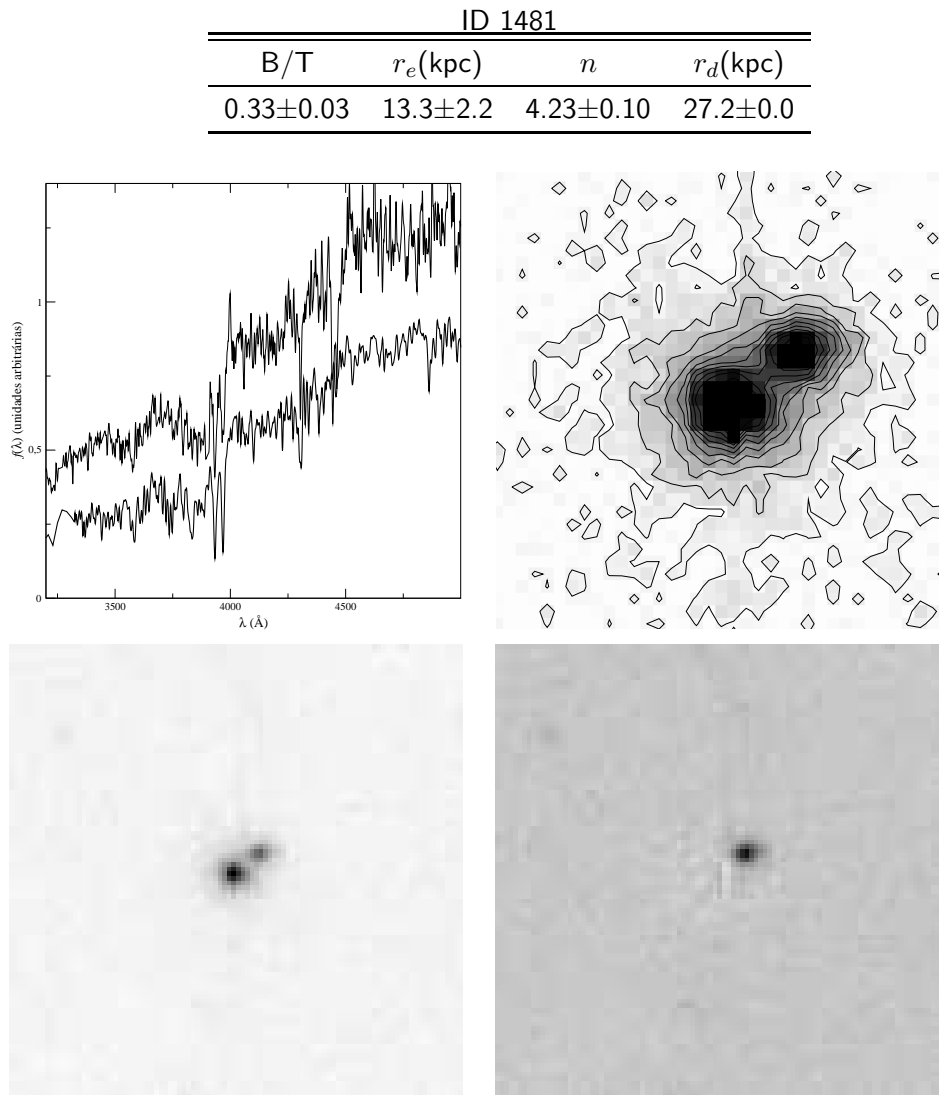


Fig. 6.7: O mesmo que a figura 6.3, para a galáxia ID1481.

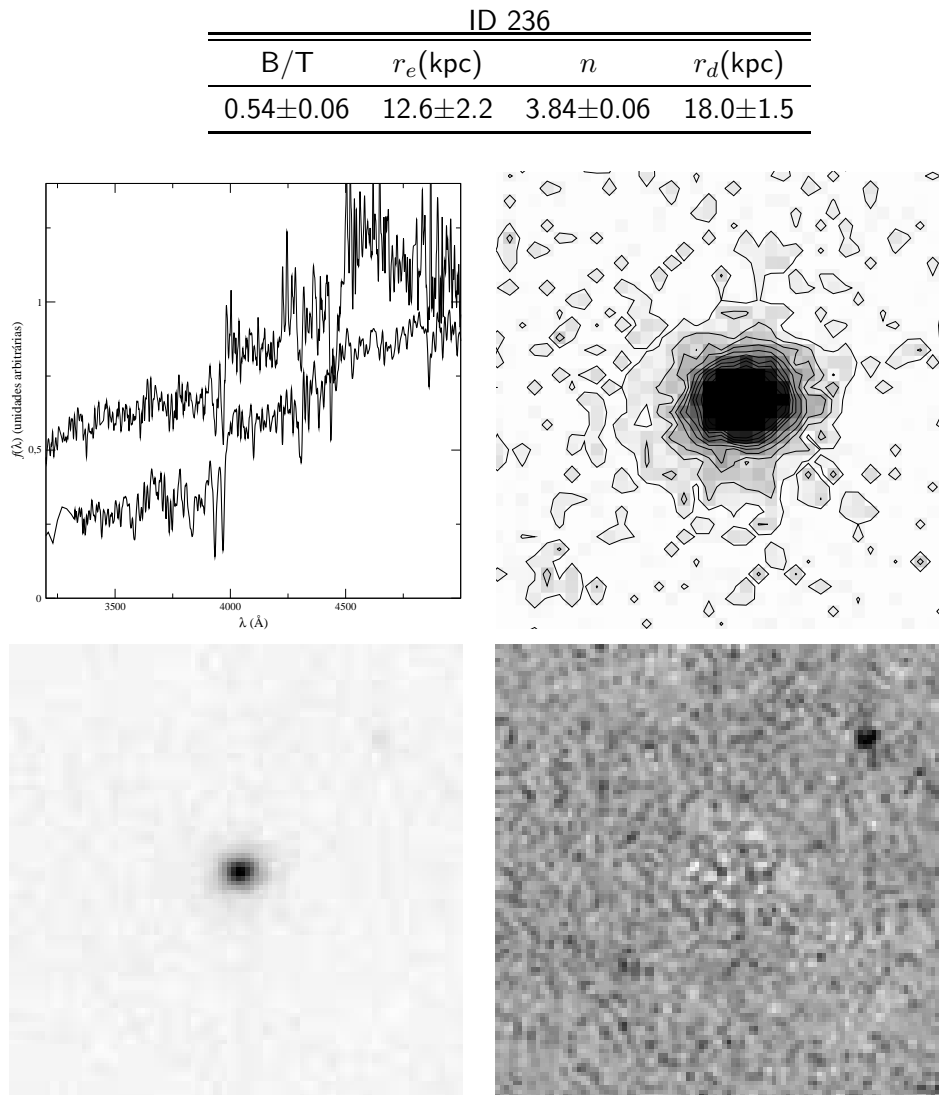


Fig. 6.8: O mesmo que a figura 6.3, para a galáxia ID236.

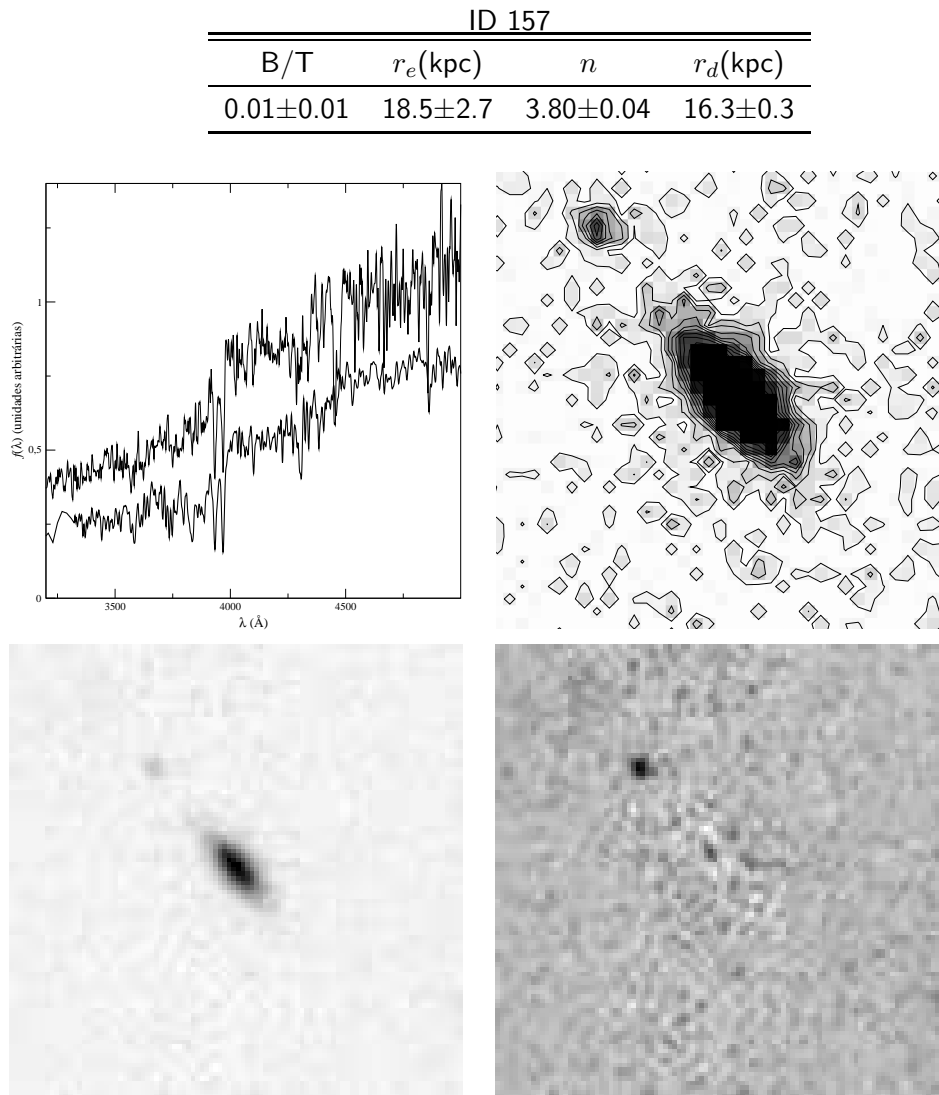


Fig. 6.9: O mesmo que a figura 6.3, para a galáxia ID157.

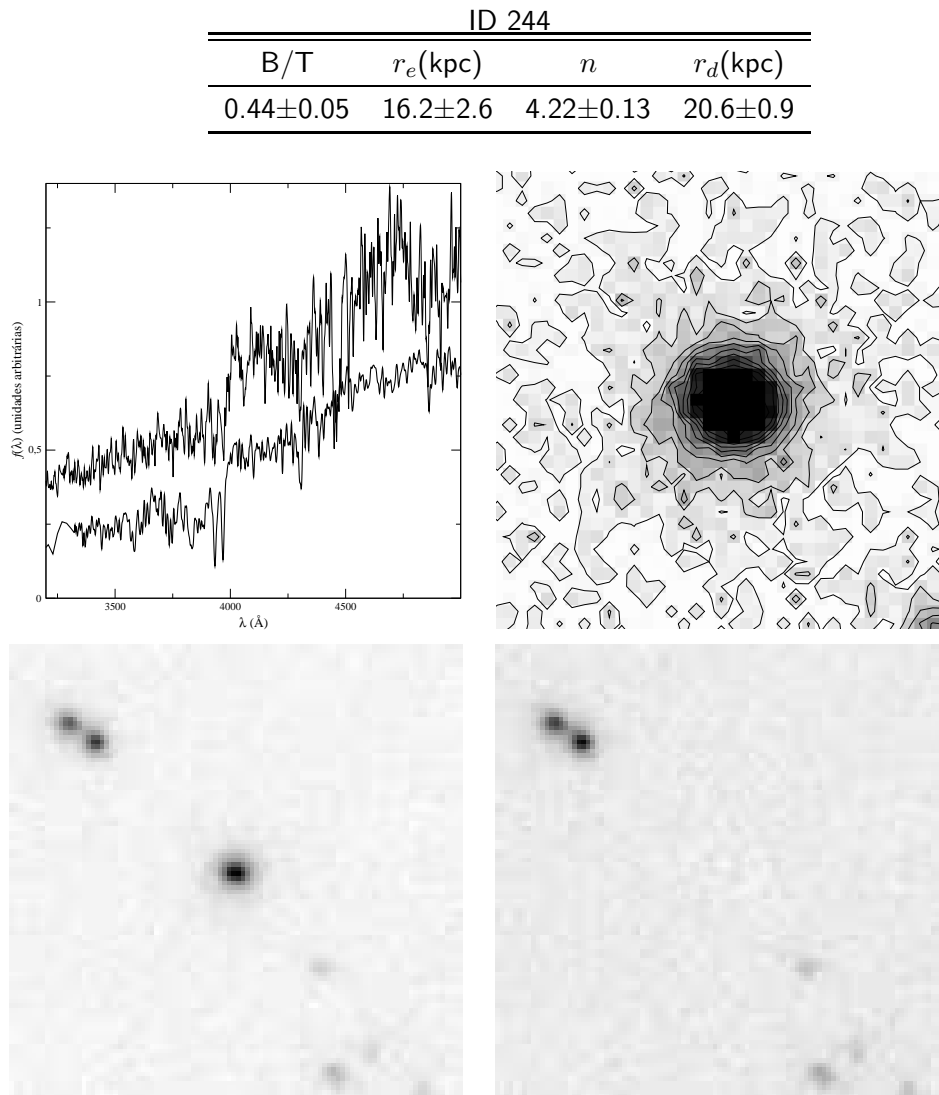


Fig. 6.10: O mesmo que a figura 6.3, para a galáxia ID244.

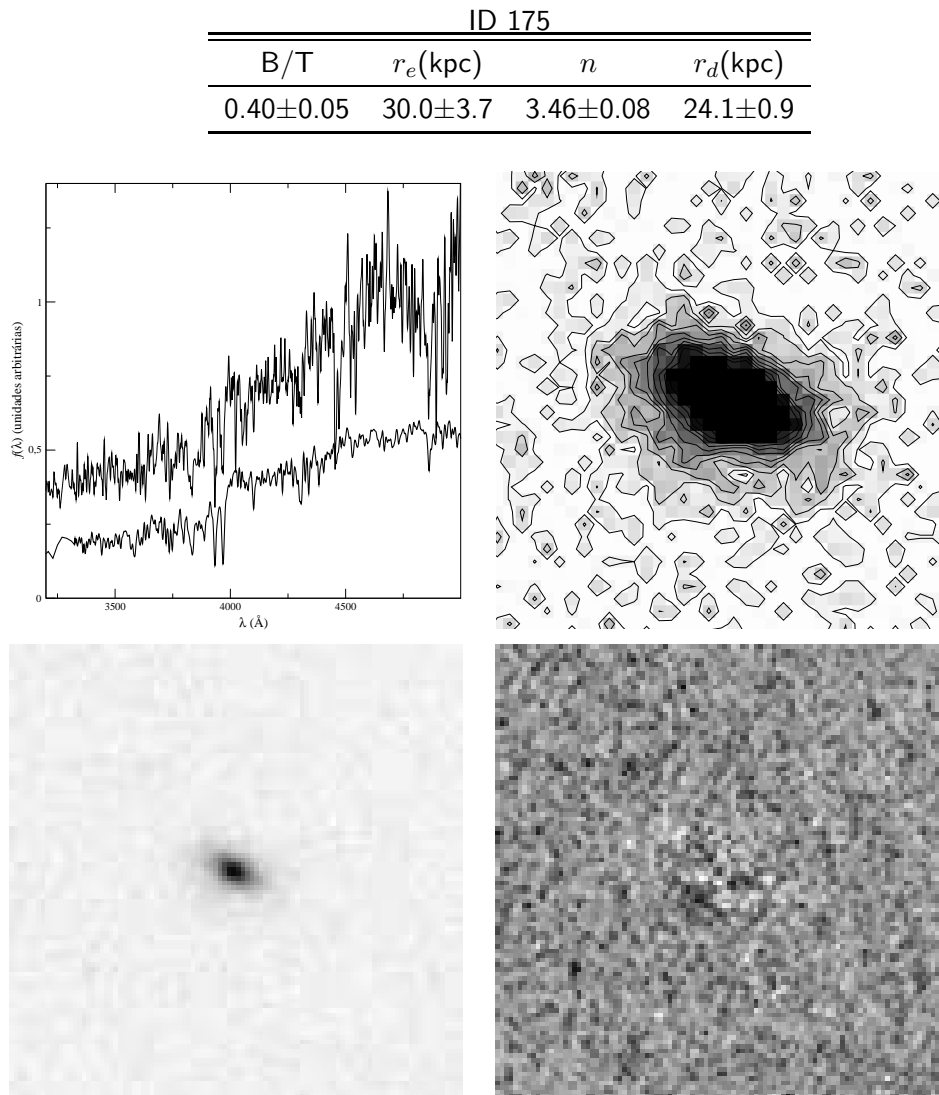


Fig. 6.11: O mesmo que a figura 6.3, para a galáxia ID175.

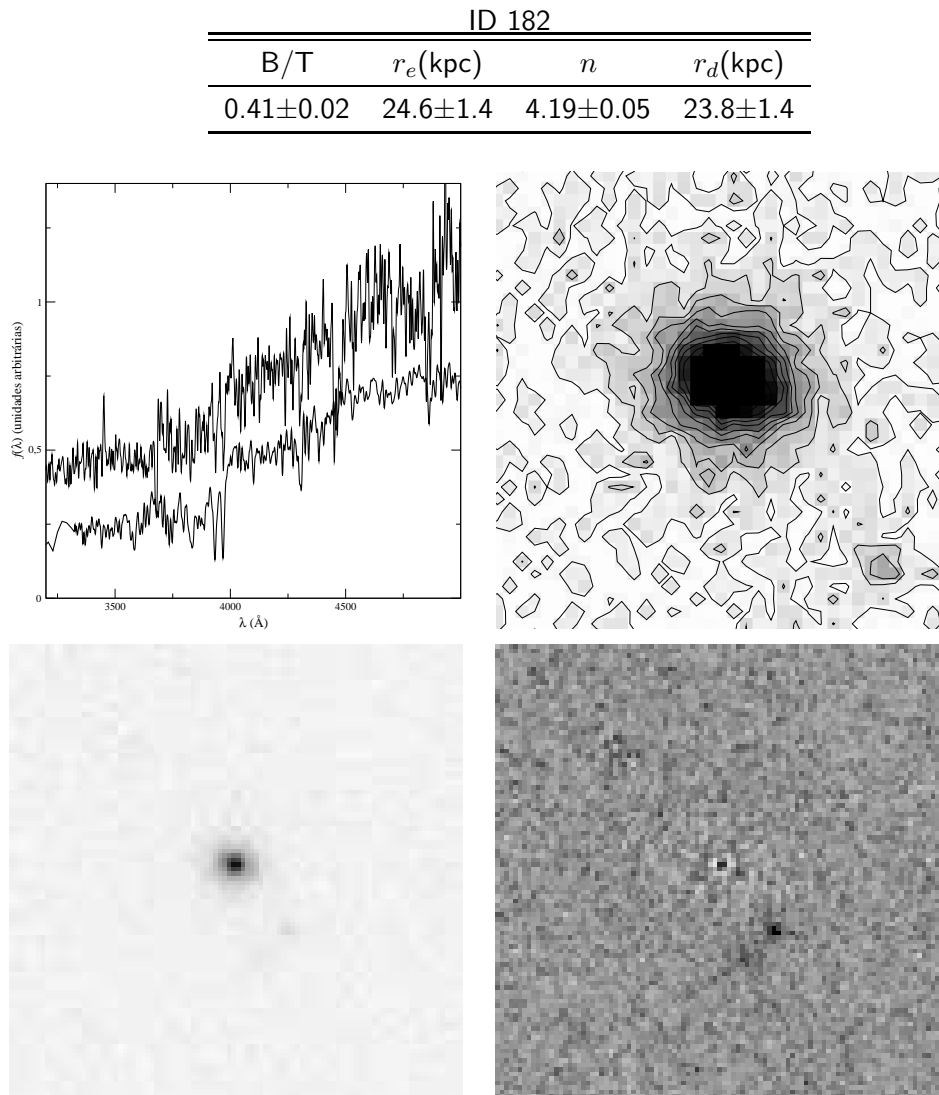


Fig. 6.12: O mesmo que a figura 6.3, para a galáxia ID182.

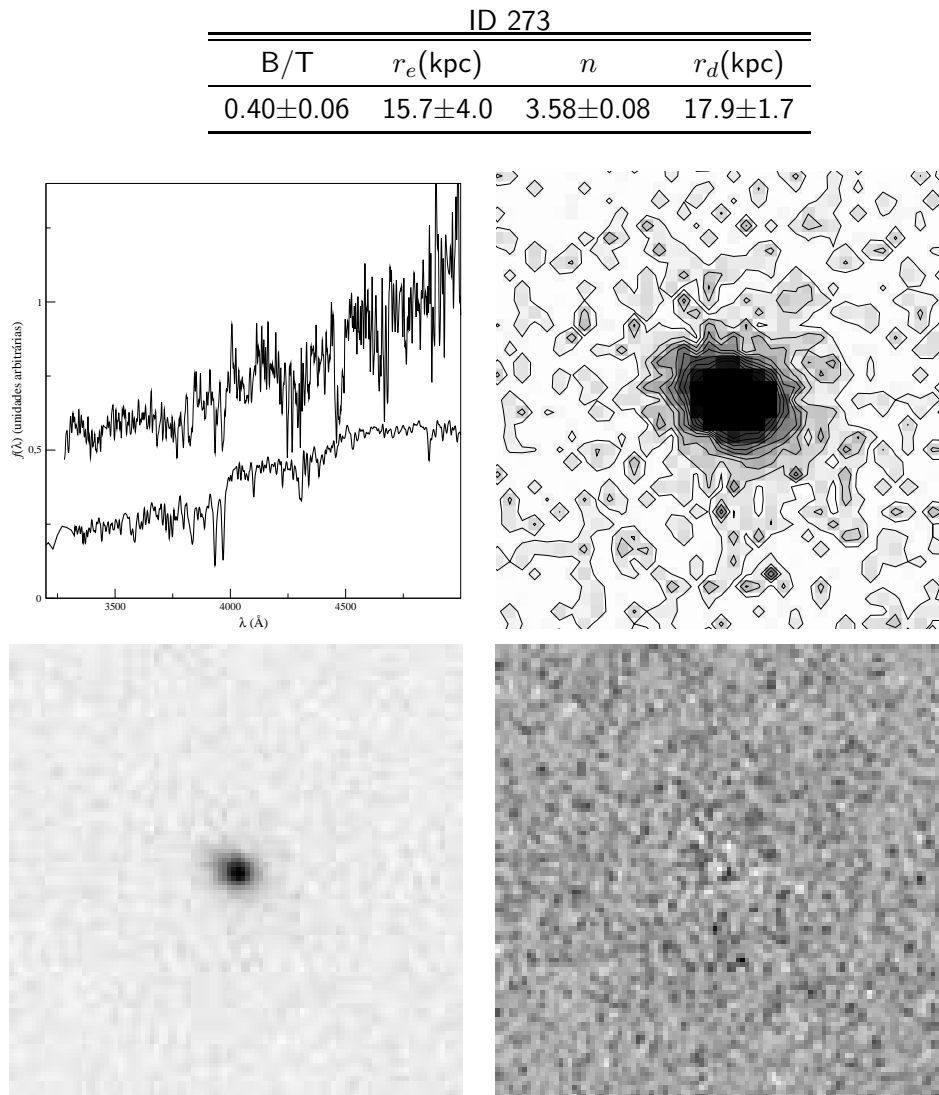


Fig. 6.13: O mesmo que a figura 6.3, para a galáxia ID273.

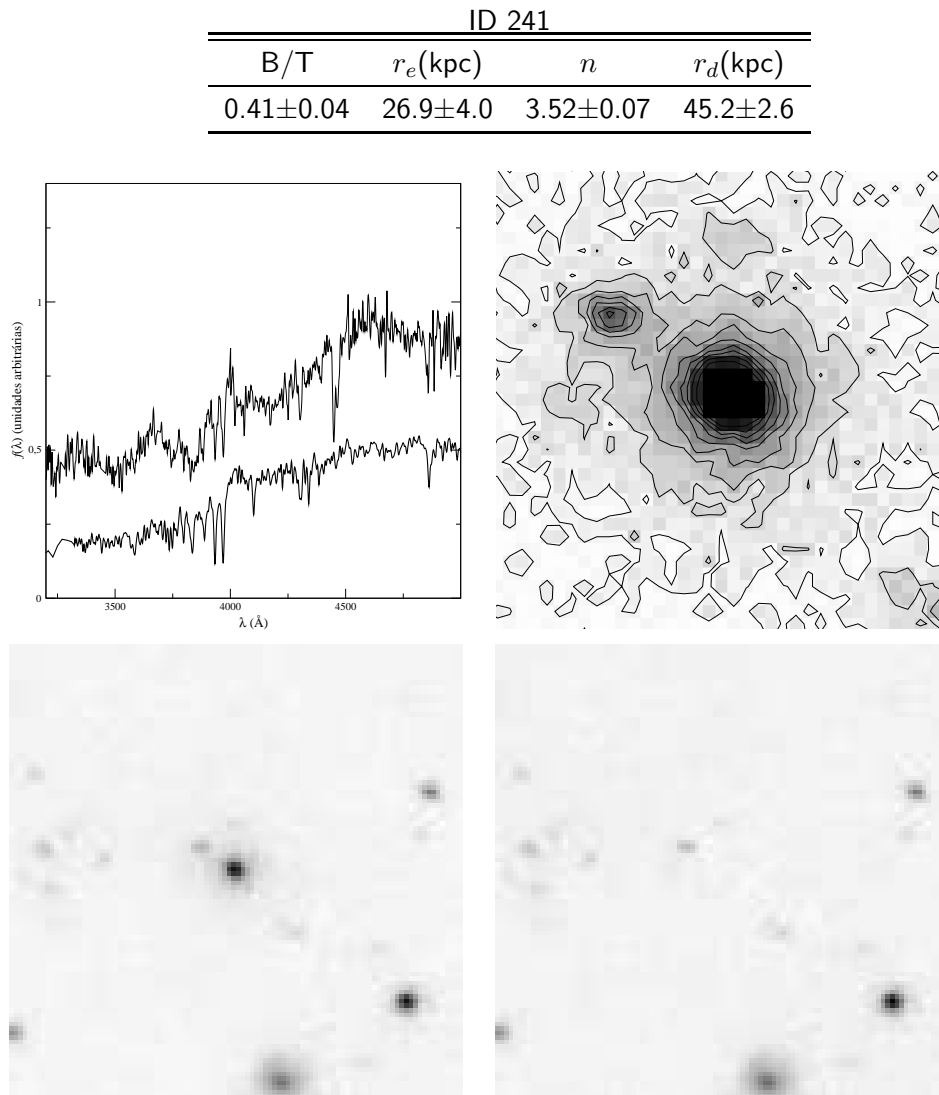


Fig. 6.14: O mesmo que a figura 6.3, para a galáxia ID241.

7. CONCLUSÃO

Tell them of my love and tell them of my pain and tell them
of my hope, which still lives. For this is all I have and all I
am and all I ask.

Stephen King, *The Dark Tower*, 2004.

Neste trabalho, realizamos um estudo espectroscópico e fotométrico do aglomerado de galáxias LCDCS-S001, com o intuito de obter informações sobre suas propriedades dinâmicas e sua estrutura intrínseca, bem como analisar as características das galáxias que o compõem, como sua população estelar e sua morfologia. Foi utilizado o instrumento GMOS do observatório Gemini Sul, em modo imageamento e espectroscopia de multi-objetos, com o qual foram obtidas imagens nas bandas r' e i' do aglomerado e espectros de 40 galáxias identificadas na região do aglomerado, centrados em 764 nm. Foi abordado o processo de redução de dados espectroscópicos, particularmente desafiador para objetos distantes e com magnitudes aparentes fracas.

A detecção e a fotometria dos objetos identificados nas imagens foi realizada através do programa SExtractor; as fontes não estelares foram selecionadas a partir do seu índice de estelaridade. Foram realizados testes de completeza da amostra, com o qual concluímos que a amostra fotométrica é 50% completa até a magnitude $i'=24$. Os parâmetros morfológicos e estruturais dos objetos foram determinados pelo programa GIM2D. Foram obtidas a fotometria nas bandas r' e i' , bem como as melhores decomposições bojo+disco dos objetos na banda i' .

A partir destes dados, as propriedades dinâmicas do aglomerado LCDCS-S001, a sua função de luminosidade e as propriedades morfológicas das suas galáxias foram determinados. Doze galáxias foram confirmadas como membros do aglomerado, e a partir dos seus espectros determinamos um redshift preciso de $z=0.709$ para o aglomerado, melhorando drasticamente a estimativa anterior de $z=0.47$ (Gonzales et al. 2001). A partir da distância projetada máxima entre membros confirmados e do perfil de densidade, determinamos que a extensão do aglomerado

é de aproximadamente 1.6 Mpc. A dispersão de velocidades e a massa projetada do aglomerado foram estimadas, respectivamente, em $\sigma = 727 \pm 185 \text{ km sec}^{-1}$ e $3.54_{-1.41}^{+2.33} \times 10^{14} M_{\odot}$, caracterizando LCDCS-S001 como um aglomerado de massa intermediária. O número estimado de galáxias do aglomerado entre as magnitudes $i'=20$ e $i'=23$ é de 150 membros, concordando com as estimativas de massa e de dispersão de velocidades. A riqueza do aglomerado foi estimada a partir do perfil de luminosidade e obtivemos que LCDCS-S001 apresenta riqueza entre $R=2$ e $R=1$, constituindo um aglomerado de riqueza intermediária entre Virgo ($R=1$) e Coma ($R=2$).

Foi observado que a estrutura bidimensional do aglomerado é alongada no sentido Norte-Sul, permitindo classificar LCDCS-S001 como os tipos F-I de Rood-Sastry e II-III de Bautz-Morgan. Além disso, encontramos uma provável subestrutura, situada a oeste do centro e apresentando galáxias com propriedades morfológicas e fotométricas semelhantes às do aglomerado. Levantamos a hipótese de que LCDCS-S001 não esteja em equilíbrio dinâmico e que esteja interagindo com um grupo de galáxias próximo. Buscando informações na literatura, encontramos que na direção do aglomerado existe uma fonte rádio, com fluxo monocromático de 14.7 mJy em 1.4 GHz. A coincidência entre a posição da fonte no centro do aglomerado e a aparente ausência de objetos à frente do aglomerado ao qual essa fonte pudesse estar associada indicaram que essa fonte está associada ao próprio aglomerado, se tratando possivelmente de um halo rádio devido a sua localização centralizada. O fluxo monocromático em rádio localizado na direção do aglomerado foi usado para estimar a potência monocromática, onde encontramos um valor bastante alto de $P_{1.4} = 1.93 \times 10^{25} \pm 1.30 \times 10^{24} \text{ W Hz}^{-1}$, concordando com a hipótese de eventos dinâmicos intensos no aglomerado vinculados à ocorrência de sub-estruturas encontradas no mesmo. Não encontramos na literatura observações em raios-X na direção do aglomerado.

Foi constatado que a morfologia das galáxias do aglomerado é dominada por galáxias de disco e intermediárias, com fração de galáxias elípticas abaixo de 10%. As galáxias com bojo mais proeminente mapeiam as regiões de maior densidade com mais eficiência, conforme observado no universo local. A fração encontrada de objetos na faixa de razões bojo-disco $0.4 < B/T < 0.8$ pertencentes ao aglomerado é da ordem de 50%; como essa população compreende principalmente galáxias lenticulares, seu número parece ser mais alto em LCDCS-S001 do que o tipicamente encontrado para $z=0.7$, que fica em torno dos 20% (Fasano et al. 2000).

Dentre os doze membros confirmados, observamos emissão $[\text{OII}]\lambda 3727$ em quatro objetos (ID226, ID157, ID175 e ID182). Foi medida a largura equivalente

dessa linha e os valores comparados com os modelos de Magris, Binette & Bruzual (2003) para regiões III. Encontramos boa concordância entre nossos valores e os valores teóricos para escalas de tempo de formação estelar entre 1.0 e 3.0 Gyrs. Foram medidos 10 índices espectroscópicos dos doze membros confirmados e um método de síntese de populações estelares a partir dos modelos de Bruzual & Charlot (2003) foi utilizado para determinar as propriedades populacionais desses objetos. Os resultados da síntese mostraram que as galáxias confirmadas como membros do aglomerado são compostas principalmente por populações estelares evoluídas, com idades acima de 3 Gyrs. As galáxias ID226, ID157, ID175 e ID182 apresentam contribuição de populações estelares jovens associada à emissão [OII], embora o percentual em massa dessas populações seja pequeno, menor do que 0.3%. Em termos morfológicos, a galáxia ID157 é composta por um disco, sem contribuição de componente de bojo, o que indica que a mesma se trata de uma galáxia espiral; as demais galáxias são morfológicamente intermediárias, possuindo componentes de bojo e de disco contribuindo com contribuição semelhante, inclusive as galáxias sem sinais de formação estelar mais recente do que 3×10^6 anos (ID224, ID1481, ID236, ID244 e ID241). Galáxias elípticas propriamente ditas, semelhantes estruturalmente e em termos de populações estelares às elípticas do universo local, inexistem na amostra espectroscópica. Este resultado evidencia que as distintas classes morfológicas do universo local se tornam menos definidas a alto *redshift*, dando lugar a galáxias com propriedades morfológicas e populacionais mistas, como as encontradas em algumas galáxias do universo local (Rembold, Pastoriza & Bruzual 2005).

Encontramos uma dependência da extensão da formação estelar com a distância ao centro do aglomerado, sendo que galáxias mais centrais são as que apresentam menor contribuição percentual de populações estelares jovens. Essas propriedades do aglomerado demonstram que as regiões de alta densidade são pouco propícias para formação estelar estendida.

A partir do resultado da síntese de populações estelares, calculamos as magnitudes absolutas e as massas luminosas dos doze membros confirmados. Mostramos que as magnitudes absolutas $M_{AB,i'}$ encontradas se situam entre -22.9 e -24.27, valores semelhantes aos encontrados em galáxias massivas em aglomerados a *redshifts* semelhantes. Também observamos uma segregação em massa das galáxias do aglomerado, estando as três galáxias mais massivas (ID1481, ID241 e ID244) na sua região central.

Diversas questões foram levantadas por este trabalho. As propriedades populacionais e dinâmicas da sub-estrutura observada no aglomerado são incógnitas,

e sua determinação seria importante para entender o processo de fusão de sub-estruturas em si e o seu efeito na indução de formação estelar nas galáxias. Embora não tenha sido o foco deste trabalho, a identificação de uma fonte de rádio intensa no centro do aglomerado levanta questões a respeito da influência dessas fusões no meio intra-aglomerado. Quanto à população estelar e morfologia das galáxias, resta a questão se os objetos menos brilhantes apresentam ou não as características mostradas pelas galáxias mais massivas, estudadas em detalhe neste trabalho. Em vista dessas questões, delineando o futuro deste trabalho, é de enorme importância realizar a espectroscopia de uma amostra maior de objetos, de forma a tornar mais preciso o valor da dispersão de velocidades e da massa do aglomerado, bem como identificar as sub-estruturas a partir da distribuição de velocidades. Observações fotométricas em bandas distintas das aqui obtidas seriam de grande valor para permitir a determinação de *redshifts* fotométricos e com isso identificar com precisão a estrutura física do aglomerado e de suas sub-estruturas, bem como analisar as propriedades da população estelar dos objetos menos brilhantes. Além disso, observações em rádio com maior resolução seriam de grande relevância, permitindo identificar o tipo de fonte rádio que existe no aglomerado e estudar suas propriedades em relação às demais características de LCDCS-S001. A observação de outros aglomerados de galáxias mediante espectroscopia e fotometria nos permitirá estudar as características da população estelar das galáxias em ambientes diversos.

REFERÊNCIAS

- ABELL, G. O. The distribution of rich clusters of galaxies. *Astrophysical Journal Supplement Series*, Chicago, v. 3, n. 1, p. 211-288, May 1958.
- ANDREON, S. Homogeneity of early-type galaxies across clusters.. *Astronomy and Astrophysics*, Berlin, v. 409, n. 1, p. 37-52, 2003.
- BAHCALL, J. N.; TREMAINE, S. Methods for determining the masses of spherical systems. I - Test particles around a point mass. *Astrophysical Journal*, Chicago, v. 244, n. 1, p. 805-819, Mar 1981.
- BALOGH, M.; BOWER, R. G.; SMAIL, I.; ZIEGLER, B. L.; DAVIES, R. L.; GAZTELU, A.; FRITZ, A. Galaxy properties in low X-ray luminosity clusters at $z=0.25$. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Oxford, v. 337, n. 1, p. 256-274, Nov 2002.
- BAUTZ, L. P.; MORGAN, W. W. On the classification of the forms of clusters of galaxies.. *Astrophysical Journal*, Chicago, v. 162, n. 1, p. 149-153, Dec 1970.
- BECKER, R. H.; WHITE, R. L.; HELFAND, D. J. The VLA's FIRST Survey In: *Astronomical Data Analysis Software and Systems III*. San Francisco: Dennis R. Crabtree, R.J. Hanisch, and Jeannette Barnes, ASP Conference Series, 1994. p. 165-174.
- BERTIN, E.; ARNOUITS, S. SExtractor: Software for source extraction.. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, Les Ulis, v. 117, n. 1, p. 393-404, Jun 1996.
- BOWER, R. G.; LUCEY, J. R.; ELLIS, R. S. Precision photometry of early-type galaxies in the Coma and Virgo clusters: A test of the universality of the colour-magnitude relation. II. Analysis. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Oxford, v. 254, n. 1, p. 601-613, Feb 1992.

- BRUZUAL, G.; CHARLOT, S. Stellar population synthesis at the resolution of 2003.. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Oxford, v. 344, n. 4, p. 1000-1028, Oct 2003.
- BURKERT, A.; BRODIE, J.; LARSEN, S. Faint fuzzies and the formation of lenticular galaxies. *Astrophysical Journal*, Chicago, v. 628, n. 1, p. 231-235, Jul 2005.
- BUTCHER, H.; OEMLER, A., Jr. The evolution of galaxies in clusters. I - ISIT photometry of C1 0024+1654 and 3C 295. *Astrophysical Journal*, Chicago, v. 219, n. 1, p. 18-30, Jan 1978.
- de LUCIA, G.; SPRINGEL, V.; WHITE, D. M.; CROTON, D.; KAUFFMANN, G. The formation history of elliptical galaxies. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Oxford, v. 366, n. 2, p. 499-509, Feb 2006.
- de VAUCOULEURS, G. Integrated colors of bright galaxies in the u, b, V system.. *Astrophysical Journal Supplement Series*, Chicago, v. 5, n. 1, p. 233-289, Jan 1961.
- DEMARCO, R.; ROSATI, P.; LIDMAN, C.; GIRARDI, M.; NONINO, M.; RETTURA, A.; STRAZZULLO, V.; van der WEL, A.; FORD, H. C.; MAINIERI, V.; HOLDEN, B. P.; STANFORD, S. A.; BLAKESLEE, J. P.; GOBAT, R.; POSTMAN, M.; TOZZI, P.; OVERZIER, R. A.; ZIRM, A. W.; BENITEZ, N.; HOMEIER, N. L.; ILLINGWORTH, G. D.; INFANTE, L.; JEE, M. J.; MEI, S.; MENANTEAU, F.; MOTTA, V.; ZHENG, W.; CLAMPIN, M.; HARTIG, G. VLT and ACS observations of RDCS J1252.9-2927: dynamical structure and galaxy populations in a massive cluster at $z=1.237$. *Astrophysical Journal*, Chicago, v. , n. , p. , 2007 accepted.
- DEMARCO, R.; ROSATI, P.; LIDMAN, C.; HOMEIER, N. L.; SCANNAPIECO, E.; BENÍTEZ, N.; MAINIERI, V.; NONINO, M.; GIRARDI, M.; STANFORD, S. A.; TOZZI, P.; BORGANI, S.; SILK, J.; SQUIRES, G.; BROADHURST, T. J. A VLT spectroscopic survey of RX J0152.7-1357, a forming cluster of galaxies at $z=0.837$. *Astronomy and Astrophysics*, Berlin, v. 432, n. 2, p. 381-394, Mar 2005.
- DIAFERIO, A.; KAUFFMANN, G.; BALOGH, M. L.; WHITE, S. D. M.; SCHADE, D.; ELLINGSON, E. The spatial and kinematic distributions of cluster galaxies in a Λ CDM universe: comparison with observations. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Oxford, v. 323, n. 4, p. 999-1015, May 2001.

- DRESSLER, A. Galaxy morphology in rich clusters - Implications for the formation and evolution of galaxies. *Astrophysical Journal*, Chicago, v. 236, n. 1, p. 351-365, Mar 1980.
- FABIAN, A. C.; NULSEN, P. E.; CANIZARES, C. R. Cooling flows in clusters of galaxies. *Nature*, London, v. 310, n. 1, p. 733-740, Aug 1984.
- FASANO, G.; POGGIANTI, B.; COUCH, W.; BETTONI, D.; KJÆRGAARD, P.; MOLES, M. Evolution of galaxy morphologies in clusters. *Astrophysics and Space Science Supplement*, Dordrecht, v. 277, n. 1, p. 417-420, Jan 2001.
- FERETTI, L. Clusters of galaxies in radio, in: Matter and energy in clusters of galaxies.. S, a, v. n, n. F, p. r, a. ncisco: S. Bowyer, and C.-Y. Hwang, ASP Conference Series, 2003. p. 143-157
- FERETTI, L.; BURIGANA, C.; ENSSLIN, T. A. Diffuse radio emission from the intracluster medium. *New Astronomy Reviews*, Amsterdam, v. 48, n. 11-12, p. 1137-1144, Dec 2004.
- FERETTI, L.; ORRÙ, E.; BRUNETTI, G.; GIOVANNINI, G.; KASSIM, N.; SETTI, G. Spectral index maps of the radio halos in Abell 665 and Abell 2163. *Astronomy and Astrophysics*, Berlin, v. 423, n. 1, p. 111-119, Aug 2004.
- de FILIPPIS, E.; SERENO, M.; BAUTZ, M. W.; LONGO, G. Measuring the three-dimensional structure of galaxy clusters. I. Application to a sample of 25 clusters. *Astrophysical Journal*, Chicago, v. 625, n. 1, p. 108-120, May 2005.
- FLIN, P.; KRYWULT, J. Substructures in Abell clusters of galaxies. *Astronomy and Astrophysics*, Berlin, v. 450, n. 1, p. 9-14, Apr 2006.
- GONZALES, A. H.; ZARITSKY, D.; DALCANTON, J. J.; NELSON, A. The Las Campanas Distant Cluster Survey: the catalog.. *Astrophysical Journal Supplement Series*, Chicago, v. 137, n. 1, p. 117-138, Nov 2001.
- GOVERNATO, F.; MAYER, L.; WADSLEY, J.; GARDNER, J. P.; WILLMAN, B.; HAYASHI, E.; QUINN, T.; STADEL, J.; LAKE, G. The formation of a realistic disk galaxy in Λ -dominated cosmologies. *Astrophysical Journal*, Chicago, v. 607, n. 2, p. 688-696, Jun 2004.
- HASHIMOTO, Y.; HENRY, J. P.; HASINGER, G.; SZOKOLY, G.; SCHMIDT, M. Galaxy populations of double cluster RX J1053.7+5735 at $z = 1.13$. *Astronomy and Astrophysics*, Berlin, v. 439, n. 1, p. 29-33, Aug 2005.

HEISLER, J.; TREMAINE, S.; BAHCALL, J. N. Estimating the masses of galaxy groups - Alternatives to the virial theorem. *Astrophysical Journal*, Chicago, v. 298, n. 1, p. 8-17, Nov 1985.

HENRY, J. P. X-ray properties of high redshift clusters. In: *AMiBA 2001: High-z Clusters, Missing Barions, and CMB Polarization*. San Francisco: Lin-Wen Chen, Chung-Pei Ma, Kin-Wang Ng, and Ue-Li Pen, ASP Conference Proceedings, 2002. p. 151-164.

JØRGENSEN, I.; BERGMANN, M.; DAVIES, R.; BARR, J.; TAKAMIYA, M.; CRAMPTON, D. RX J0152.7-1357: Stellar populations in an X-ray luminous galaxy cluster at $z = 0.83$. *Astronomical Journal*, Chicago, v. 129, n. 3, p. 1249-1286, Mar 2005.

KAY, S. T.; THOMAS, P. A.; JENKINS, A.; PEARCE, F. R. Cosmological simulations of the intracluster medium. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Oxford, v. 355, n. 4, p. 1091-1104, Dec 2004.

KHOSROSHAHI, H. G.; WADADEKAR, Y.; KEMBHAVI, A.; MOBASHER, B. A near-infrared photometric plane for elliptical galaxies and bulges of spiral galaxies.. *Astrophysical Journal*, Chicago, v. 531, n. 2, p. 103-106, Mar 2000.

KING, I. The structure of star clusters. I. an empirical density law. *Astronomical Journal*, Chicago, v. 67, n. 8, p. 471-485, Oct 1962.

KODAMA, T.; ARIMOTO, N.; BARGER, A. J.; ARAGÓN-SALAMANCA, A. Evolution of the colour-magnitude relation of early-type galaxies in distant clusters. *Astronomy and Astrophysics*, Berlin, v. 334, n. 1, p. 99-109, Jun 1998.

KODAMA, T.; SMAIL, I.; NAKATA, F.; OKAMURA, S.; BOWER, R. G. The transformation of galaxies within the large-scale structure around a $z=0.41$ cluster. *Astrophysical Journal*, Chicago, v. 562, n. 1, p. 9-13, Nov 2001.

KRABBE, A. C.; REMBOLD, S. B.; PASTORIZA, M. G. Field galaxies at intermediate redshift ($0.2 < z < 0.8$) in the direction of the galaxy cluster LCDCS-S001. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Oxford, v. 378, n. 2, p. 569-575, Jun 2007.

LA BARBERA, F.; MERLUZZI, P.; IOVINO, A.; MASSAROTTI, M.; BUSARELLO, G. Photometric properties of galaxy population in the cluster EIS 0048-2942 at $z \sim 0.64$. *Astronomy and Astrophysics*, Berlin, v. 399, n. 1, p. 899-911, Mar 2003.

LONGHETTI, M.; RAMPAZZO, R.; BRESSAN, A.; CHIOSI, C. Star formation history of early-type galaxies in low density environments. I. Nuclear line-strength indices.. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, Les Ulis, v. 130, n. 1, p. 251-265, Jun 1998.

LUBIN, L. M.; OKE, J. B.; POSTMAN, M. Evidence for cluster evolution from an improved measurement of the velocity dispersion and morphological fraction of cluster 1324+3011 at $z=0.76$. *Astronomical Journal*, Chicago, v. 124, n. 4, p. 1905-1917, Oct 2002.

MAGRIS, C.; BINETTE, L.; BRUZUAL, G. ADEMIS: A library of evolutionary models for emission-line galaxies. I. Dust-free models.. *Astrophysical Journal Supplement Series*, Chicago, v. 149, n. 2, p. 313-326, Dec 2003.

MARASTON, C. Evolutionary population synthesis: models, analysis of the ingredients and application to high- z galaxies.. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Oxford, v. 362, n. 3, p. 799-825, Sep 2005.

MEZA, A.; NAVARRO, J. F.; STEINMETZ, M.; EKE, V. R. Simulations of galaxy formation in a Λ CDM universe. III. The dissipative formation of an elliptical galaxy. *Astrophysical Journal*, Chicago, v. 590, n. 2, p. 619-635, Jun 2003.

MOLENDI, S. The intra-cluster medium. *I*, n, v. :, n. *PLASMAS IN THE LABORATORY AND IN THE UNIVERSE: New Insights and New Challenges.*, p. , M. elville: G. Bertin, D. Farina, R. Pozzoli, ASP Conference Proceedings, 2004. p. 345-354.

MORAN, S. M.; ELLIS, R. S.; TREU, T.; SALIM, S.; RICH, R. M.; SMITH, G. P.; KNEIB, J.-P. GALEX observations of "passive spirals" in the cluster Cl 0024+17: clues to the formation of S0 galaxies. *Astrophysical Journal*, Chicago, v. 641, n. 2, p. 97-100, Apr 2006.

POSTMAN, M.; LUBIN, L. M.; OKE, J. B. A study of nine high-redshift clusters of galaxies. II. Photometry, spectra, and ages of clusters 0023+0423 and 1604+4304.. *Astronomical Journal*, Chicago, v. 116, n. 2, p. 560-583, Aug 1998.

POSTMAN, M.; LUBIN, L. M.; OKE, J. B. A study of nine high-redshift clusters of galaxies. VI. Photometry and spectra of clusters 1324+3011 and 1604+4321. *Astronomical Journal*, Chicago, v. 122, n. 1, p. 1125-1150, Sept 2001.

REMBOLD, S. B.; PASTORIZA, M. G.; BRUZUAL, G. The elliptical galaxy NGC 720: An unequal-mass galaxy merger remnant. *Astronomy and Astrophysics*, Berlin, v. 436, n. 1, p. 57-65, Jun 2005.

REMBOLD, S. B.; PASTORIZA, M. G. The cluster of galaxies LCDCS-S001: basic spectroscopic data and stellar population. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Oxford, v. 374, n. 3, p. 1056-1066, Jan 2007.

REMBOLD, S. B. Fotometria JHKs de galáxias elípticas: parâmetros estruturais e gradientes de cor. Porto Alegre: Curso de Pós-Graduação em Física – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. Dissertação

ROBERTSON, B.; YOSHIDA, N.; SPRINGEL, V.; HERNQUIST, L. Disk galaxy formation in a Λ CDM universe. *Astrophysical Journal*, Chicago, v. 606, n. 1, p. 32-45, May 2004.

ROOD, H. J.; SASTRY, G. N. "Tuning Fork" classification of rich clusters of galaxies.. *Publications of the Astron. Society of Pacific*, Chicago, v. 83, n. 493, p. 313-319, Jun 1971.

SAINTONGE, A.; SCHADE, D.; ELLINGSON, E.; YEE, H. K. C.; CARLBERG, R. G. Catalog of galaxy morphology in four rich clusters: luminosity evolution of disk galaxies at $0.33 < z < 0.83$. *Astrophysical Journal Supplement Series*, Chicago, v. 157, n. 2, p. 228-250, Apr 2005.

SALPETER, E. E. The luminosity function and stellar evolution.. *Astrophysical Journal*, Chicago, v. 121, n. 1, p. 161, Jan 1955.

SCHECHTER, P. An analytic expression for the luminosity function for galaxies.. *Astrophysical Journal*, Chicago, v. 203, n. 1, p. 297-306, Jan 1976.

SIMARD, L. GIM2D: an IRAF package for the quantitative morphology analysis of distant galaxies. In: *Astronomical data analysis software and systems VII*. San Francisco: R. Albrecht, R.N. Hook and H.A. Bushouse, ASP Conference Series, 1998. p. 108-112.

SMALL, T. A.; MA, C.-P.; SARGENT, W. L. W.; HAMILTON, D. The norris survey of the corona borealis supercluster. III. Structure and mass of the supercluster.. *Astrophysical Journal*, Chicago, v. 492, n. 1, p. 45-57, Jan 1998.

SMITH, G. P.; TREU, T.; ELLIS, R. S.; MORAN, S. M.; DRESSLER, A. Evolution since $z = 1$ of the morphology-density relation for galaxies. *Astrophysical Journal*, Chicago, v. 620, n. 1, p. 78-87, Feb 2005.

SODRÉ, L., Jr.; PROUST, D.; CAPELATO, H. V.; LIMA NETO, G. B.; CUEVAS, H.; QUINTANA, H.; FOUQUÉ, P. The cluster of galaxies Abell 970. *Astronomy and Astrophysics*, Berlin, v. 377, n. 1, p. 428-441, Oct 2001.

SPERGEL, D. N.; VERDE, L.; PEIRIS, H. V.; KOMATSU, E.; NOLTA, M. R.; BENNETT, C. L.; HALPERN, M.; HINSHAW, G.; JAROSIK, N.; KOGUT, A.; LIMON, M.; MEYER, S. S.; PAGE, L.; TUCKER, G. S.; WEILAND, J. L.; WOLLAACK, E.; WRIGHT, E. L. First-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) observations: determination of cosmological parameters. *Astrophysical Journal Supplement Series*, Chicago, v. 148, n. 1, p. 175-194, Sep 2003.

STANFORD, S. A.; EISENHARDT, P. R.; DICKINSON, M. The evolution of early-type galaxies in distant clusters. *Astrophysical Journal*, Chicago, v. 492, n. 2, p. 461-479, Jan 1998.

TRAGER, S. C.; WORTHEY, G.; FABER, S. M.; BURSTEIN, D.; GONZALES, J. J. Old stellar populations. VI. Absorption-Line spectra of galaxy nuclei and globular clusters.. *Astrophysical Journal Supplement Series*, Chicago, v. 116, n. 1, p. 1-28, May 1998.

TRAN, K.-V. H.; SIMARD, L.; ILLINGWORTH, G.; FRANX, M. CI 1358+62: Characterizing the physical properties of cluster galaxies at $z = 0.33$.. *Astrophysical Journal*, Chicago, v. 590, n. 1, p. 238-255, Jun 2003.

van DOKKUM, P. G.; FRANX, M.; FABRICANT, D.; KELSON, D. D.; ILLINGWORTH, G. D. A high merger fraction in the rich cluster MS 1054-03 at $z=0.83$: direct evidence for hierarchical formation of massive galaxies. *Astrophysical Journal*, Chicago, v. 520, n. 2, p. 95-98, Aug 1999.

VENTURI, T.; BARDELLI, S.; ZAGARIA, M.; PRANDONI, I.; MORGANTI, R. Radio emission from the A3571 cluster complex: The final stage of a cluster merger?. *Astronomy and Astrophysics*, Berlin, v. 385, n. 1, p. 39-54, Apr 2002.

WORTHEY, G.; OTTAVIANI, D. L. H gamma and H delta absorption features in stars and stellar populations.. *Astrophysical Journal Supplement Series*, Chicago, v. 111, n. 1, p. 377-386, Aug 1997.

APÊNDICE

A. LISTA DE OBJETOS DETECTADOS NA IMAGEM I'

Os objetos listados a seguir são as 901 fontes não estelares (com índice de estelaridade abaixo de 0.8) até a magnitude limite $i'=25$ detectadas pelo SExtractor na imagem i' . O conteúdo das colunas é o seguinte:

- (01) – OBJ: uma numeração corrida dos objetos deste catálogo, na ordem de extração pelo SExtractor;
- (02) – ID: identificação dada ao objeto na criação do catálogo visual de fontes relevantes;
- (03)-(04) – α, δ : coordenadas do objeto;
- (05) – i' : magnitude aparente i' integrada do objeto;
- (06) – B/T: razão entre o fluxo integrado do bojo e o fluxo integrado total do objeto;
- (07) – r_e : raio efetivo do bojo em kpc;
- (08) – e_b : elipticidade do bojo;
- (09) – ϕ_b : ângulo de posição do bojo em graus;
- (10) – r_d : raio de escala do disco em kpc;
- (11) – i : inclinação do disco em relação à linha de visada em graus;
- (12) – ϕ_d : ângulo de posição do disco em graus;
- (13) – n : índice de Sérsic do bojo;
- (14) – $r'-i'$: índice de cor da galáxia;
- (15) – z_{phot} : redshift fotométrico do objeto (quando houver).

A. Lista de objetos detectados na imagem '1'

118	10:06:28.64	-12:57:70.1	24.02±0.37	0.32±0.54	2.10±3.73	184.98±153.54	18.69±17.71	59.67±23.51	341.60±18.40	4.19±0.85	...	1.52	
119	10:06:21.60	-12:58:38.9	23.06±0.06	0.08±0.06	17.27±4.33	-21.49±64.47	15.13±2.16	49.31±6.67	8.41±24.37	4.26±0.51	0.80±0.05	2.30	
120	10:06:26.68	-12:57:77.7	23.69±0.10	0.79±0.13	12.50±3.56	72.75±13.71	17.34±5.25	63.10±21.90	154.13±35.04	3.75±0.24	...	1.36	
121	10:06:26.24	-12:57:79.4	23.61±0.09	0.56±0.14	92.36±39.09	29.48±44.66	9.20±2.68	67.75±14.28	157.13±36.52	4.31±0.33	...	2.04	
122	10:06:18.70	-12:58:50.3	24.31±0.00	0.54±0.02	6.24±0.40	111.25±1.68	0.93±0.32	18.04±5.96	210.97±34.94	4.86±0.14	...	0.28	
123	10:06:22.11	-12:58:35.9	24.88±0.54	0.83±0.17	40.28±19.45	31.98±38.25	0.54±1.35	42.22±42.78	198.16±137.81	4.02±0.68	...	2.19	
124	10:06:17.24	-12:58:56.0	23.69±0.02	0.99±0.04	4.32±0.22	95.10±0.39	3.93±0.87	21.52±6.47	217.84±19.95	4.11±0.17	...	0.82	
125	10:06:17.53	-12:58:54.5	24.03±0.08	0.03±0.03	16.31±3.84	65.45±18.16	7.95±5.04	77.21±5.85	109.18±5.75	4.35±0.18	...	1.79	
126	10:06:19.26	-12:58:47.4	24.27±0.21	0.69±0.21	11.07±3.18	81.71±1.93	8.58±5.74	42.77±21.67	13.73±11.71	3.72±0.66	...	2.79	
127	115	-12:57:78.1	22.30±0.02	0.56±0.07	8.54±2.14	26.37±7.03	14.11±1.67	16.76±6.28	70.57±9.55	3.82±0.13	1.19±0.02	0.66	
128	10:06:23.46	-12:57:89.7	24.39±0.65	0.35±0.65	7.91±19.08	114.29±73.14	11.00±3.47	30.46±39.54	136.24±77.56	4.33±0.61	...	2.21	
129	10:06:20.12	-12:58:43.1	24.52±0.34	0.29±0.35	32.25±24.60	127.72±86.28	5.76±3.69	57.14±37.31	154.55±93.04	4.21±0.27	...	2.55	
130	10:06:28.50	-12:57:68.2	24.09±0.59	0.49±0.41	25.93±40.06	71.09±171.50	4.04±0.89	59.21±25.79	-191.41±49.96	4.35±0.59	...	2.30	
131	10:06:26.07	-12:57:77.5	23.92±0.14	0.46±0.12	16.96±5.29	114.42±36.94	1.73±1.03	73.82±8.43	99.77±92.77	4.05±0.28	...	1.92	
132	10:06:14.28	-12:58:66.0	23.01±0.06	0.04±0.04	26.29±6.25	171.56±24.84	22.44±2.61	64.67±5.66	164.51±7.12	3.90±0.26	0.65±0.05	2.59	
133	10:06:15.83	-12:58:59.5	23.24±0.20	0.14±0.23	21.71±5.57	176.83±150.00	21.26±6.71	62.88±16.74	89.68±16.49	5.04±0.26	1.10±0.07	2.49	
134	10:06:25.60	-12:57:78.9	24.16±0.22	0.30±0.30	3.76±9.76	321.75±60.82	11.66±3.29	61.15±32.19	91.33±52.80	2.22±0.50	...	0.63	
135	10:06:25.92	-12:57:77.4	24.11±0.29	0.96±0.56	17.39±4.31	11.79±36.42	11.81±1.81	36.85±20.77	1.20±55.98	2.91±0.46	...	1.96	
136	10:06:27.91	-12:57:68.6	24.31±0.27	0.28±0.34	10.98±3.03	8.49±150.16	14.40±6.88	82.37±2.63	167.88±16.45	3.48±0.25	...	1.30	
137	10:06:26.35	-12:57:74.7	23.39±0.24	0.07±0.07	12.05±6.58	198.80±36.84	21.96±7.43	66.57±9.26	128.73±11.11	5.30±0.18	0.95±0.06	2.46	
138	10:06:15.55	-12:58:59.2	24.22±0.24	1.00±0.24	31.66±22.36	121.12±36.93	1.37±0.48	57.04±27.14	282.48±77.52	4.50±1.12	...	1.96	
139	10:06:25.35	-12:57:78.6	23.05±0.06	0.00±0.00	8.01±16.31	86.07±40.20	23.37±2.93	44.25±14.22	116.15±19.31	4.03±0.11	1.04±0.06	...	1.58
140	10:06:25.42	-12:57:78.0	24.41±0.31	0.00±0.30	9.98±2.10	129.25±4.32	21.43±3.77	53.68±6.39	115.19±17.16	3.55±0.19	...	...
141	10:06:19.69	-12:58:41.8	23.60±0.08	0.69±0.33	22.47±7.47	122.08±22.11	8.25±2.88	39.03±34.03	131.59±35.94	4.94±0.39	...	...
142	10:06:15.03	-12:58:60.4	23.59±0.09	0.39±0.06	21.74±4.08	65.11±110.56	70.93±16.48	77.58±6.18	138.05±16.82	3.43±0.21	...	0.99	
143	10:06:17.56	-12:58:49.5	22.64±0.02	0.51±0.07	5.13±3.43	118.46±13.68	11.27±0.80	84.15±0.85	109.45±4.81	3.88±0.10	...	1.26	
144	10:06:20.87	-12:58:35.6	22.52±0.05	0.46±0.14	54.88±4.11	68.95±24.02	21.61±3.56	73.45±4.80	8.42±6.75	3.76±0.29	1.08±0.03	1.53	
145	10:06:15.08	-12:58:59.2	23.76±0.03	0.43±0.06	3.99±2.47	93.09±32.57	44.11±4.55	105.5±5.10	141.02±8.19	4.26±0.25	...	1.27	
146	10:06:25.04	-12:57:77.9	23.69±0.12	0.12±0.06	17.22±6.90	78.60±39.25	18.45±6.58	16.63±7.58	71.87±33.90	3.17±0.33	...	2.18	
147	10:06:20.61	-12:58:35.9	23.69±0.12	1.00±0.00	54.87±0.89	116.12±11.61	0.43±0.43	51.31±6.25	63.18±96.20	1.42±0.42	...	0.04	
148	10:06:18.32	-12:58:45.1	22.73±0.03	0.83±0.08	11.41±2.62	38.24±31.04	10.55±3.65	59.61±8.20	17.38±18.61	4.48±0.19	1.01±0.02	0.91	
149	10:06:20.31	-12:58:36.6	21.08±0.01	0.33±0.03	13.39±1.43	97.35±11.02	26.55±0.84	17.23±1.68	143.54±18.67	4.23±0.10	1.04±0.01	0.67	
150	10:06:27.34	-12:57:67.1	23.48±0.30	0.06±0.24	14.19±2.54	28.82±106.18	15.75±3.22	47.76±25.37	38.40±36.24	3.62±0.26	...	2.47	
151	10:06:20.25	-12:58:36.0	22.02±0.01	0.29±0.05	16.65±1.94	69.47±5.01	17.24±1.12	35.13±3.97	113.57±3.87	3.70±0.16	...	1.02	
152	10:06:17.26	-12:58:48.4	22.32±0.06	0.41±0.11	6.47±2.97	108.56±11.25	18.53±2.46	10.58±7.12	137.40±26.41	3.50±0.11	1.03±0.02	0.58	
153	10:06:23.49	-12:57:82.4	22.91±0.06	0.57±0.13	20.04±4.72	113.52±33.54	17.63±3.55	53.44±5.79	127.97±23.11	3.88±0.15	0.86±0.03	1.34	
154	10:06:21.72	-12:57:89.5	20.71±0.52	0.83±0.52	20.71±16.79	129.47±54.46	1.77±1.77	69.83±18.73	70.53±75.61	3.83±0.36	...	1.93	
155	10:06:19.41	-12:58:38.6	24.47±0.50	0.36±0.64	8.07±6.70	178.57±124.86	12.38±6.34	26.70±36.42	234.58±125.42	3.23±1.55	...	1.80	
156	10:06:22.28	-12:57:86.1	22.40±0.02	0.36±0.04	2.07±3.45	29.24±19.18	12.80±0.62	5.84±5.84	-16.47±10.61	4.29±0.07	1.01±0.02	0.54	
157	10:06:17.66	-12:58:45.2	22.24±0.05	0.00±0.00	50.35±3.73	100.22±5.90	17.22±0.73	40.23±4.80	84.37±6.78	4.04±0.09	0.22±0.02	...	

158	10:06:17.54	-12:58:45.2	23.90 \pm 0.11	0.47 \pm 0.11	0.45 \pm 0.90	115.45 \pm 41.26	19.92 \pm 6.10	63.46 \pm 12.30	141.36 \pm 28.99	4.61 \pm 0.39	...	0.67
159	10:06:18.37	-12:58:41.3	22.36 \pm 0.03	0.00 \pm 0.01	14.74 \pm 1.10	176.63 \pm 3.45	26.79 \pm 1.27	64.39 \pm 2.24	174.49 \pm 2.16	4.05 \pm 0.42	0.55 \pm 0.02	...
160	10:06:18.24	-12:58:58.4	22.72 \pm 0.06	0.00 \pm 0.03	20.09 \pm 3.45	26.85 \pm 19.95	0.43 \pm 0.07	35.53 \pm 8.04	3.22 \pm 95.88	3.88 \pm 0.05	0.75 \pm 0.03	...
161	10:06:23.23	-12:57:80.9	0.57 \pm 0.19	0.00 \pm 0.00	8.30 \pm 3.29	158.79 \pm 3.67	0.58 \pm 0.12	27.44 \pm 5.95	163.96 \pm 105.82	3.69 \pm 0.52	...	1.62
162	10:06:19.59	-12:58:36.2	22.91 \pm 0.05	0.19 \pm 0.29	16.88 \pm 8.58	294.62 \pm 48.75	0.15 \pm 0.08	42.80 \pm 7.47	107.50 \pm 11.05	3.65 \pm 0.26	1.11 \pm 0.03	1.65
163	10:06:17.35	-12:58:45.4	22.88 \pm 0.06	0.80 \pm 0.04	33.72 \pm 4.46	130.10 \pm 3.37	0.62 \pm 0.06	16.06 \pm 8.26	316.85 \pm 38.53	3.74 \pm 0.19	1.23 \pm 0.04	1.25
164	10:06:29.40	-12:57:55.3	23.91 \pm 0.17	0.37 \pm 0.37	11.56 \pm 7.64	183.76 \pm 3.82	0.13 \pm 0.13	52.98 \pm 12.15	109.40 \pm 37.29	3.71 \pm 0.13	...	1.83
165	10:06:22.51	-12:58:05.0	23.56 \pm 0.28	0.14 \pm 0.19	9.16 \pm 18.37	10.17 \pm 79.53	0.45 \pm 0.25	35.99 \pm 30.49	10.61 \pm 60.42	3.88 \pm 0.75	...	2.08
166	10:06:12.51	-12:57:84.4	22.55 \pm 0.06	0.60 \pm 0.14	11.39 \pm 5.11	58.32 \pm 19.01	0.46 \pm 0.07	72.30 \pm 6.99	36.80 \pm 14.07	3.59 \pm 0.19	1.10 \pm 0.03	0.96
167	10:06:16.79	-12:58:46.5	24.67 \pm 0.43	0.79 \pm 0.67	8.47 \pm 8.47	191.32 \pm 53.25	0.31 \pm 0.28	61.47 \pm 21.94	63.98 \pm 57.85	3.98 \pm 0.21	...	1.85
168	10:06:21.53	-12:57:86.3	21.79 \pm 0.04	0.00 \pm 0.04	33.24 \pm 5.29	53.17 \pm 34.14	0.20 \pm 0.15	67.97 \pm 1.70	21.32 \pm 1.60	4.35 \pm 0.05	0.43 \pm 0.02	3.40
169	10:06:22.59	-12:57:81.9	22.78 \pm 0.02	0.06 \pm 0.06	6.11 \pm 3.19	111.00 \pm 15.97	0.27 \pm 0.20	49.70 \pm 6.43	107.56 \pm 5.18	4.35 \pm 0.09	0.72 \pm 0.03	1.98
170	10:06:25.22	-12:57:70.4	24.11 \pm 0.31	0.26 \pm 0.37	21.51 \pm 9.80	98.40 \pm 62.31	0.35 \pm 0.35	60.13 \pm 13.91	75.64 \pm 43.95	3.44 \pm 0.28	...	2.12
171	10:06:16.69	-12:58:45.5	24.52 \pm 0.33	0.56 \pm 0.44	1.18 \pm 0.43	-12.63 \pm 63.42	0.45 \pm 0.25	43.40 \pm 24.97	17.66 \pm 93.32	3.27 \pm 0.62	...	1.12
172	10:06:25.08	-12:57:70.7	24.20 \pm 0.24	0.78 \pm 0.56	10.06 \pm 10.06	-69.08 \pm 53.03	0.51 \pm 0.19	57.8 \pm 5.78	22.99 \pm 79.70	5.84 \pm 0.34	...	1.97
173	10:06:24.03	-12:57:74.9	22.25 \pm 0.04	0.19 \pm 0.15	7.60 \pm 6.56	58.01 \pm 16.79	0.26 \pm 0.05	66.25 \pm 4.29	68.10 \pm 3.41	4.09 \pm 0.07	1.27 \pm 0.03	1.39
174	10:06:12.30	-12:58:03.5	24.31 \pm 0.31	0.77 \pm 0.33	13.84 \pm 7.81	76.47 \pm 80.60	0.24 \pm 0.22	26.80 \pm 18.66	-126.89 \pm 99.87	3.66 \pm 0.34	...	1.87
175	10:06:22.69	-12:57:80.4	24.14 \pm 0.26	0.68 \pm 0.34	27.82 \pm 11.21	278.79 \pm 124.42	0.06 \pm 0.06	10.96 \pm 10.96	-7.96 \pm 132.17	3.49 \pm 0.47	...	1.89
176	10:06:17.42	-12:58:42.1	24.19 \pm 0.23	0.85 \pm 0.35	22.06 \pm 14.69	154.75 \pm 40.16	0.57 \pm 0.33	64.21 \pm 20.79	201.93 \pm 67.99	4.34 \pm 0.28	...	1.92
177	10:06:18.26	-12:58:38.3	22.34 \pm 0.02	0.44 \pm 0.12	12.35 \pm 4.79	118.85 \pm 17.70	0.46 \pm 0.12	37.46 \pm 7.31	134.19 \pm 15.72	4.07 \pm 0.23	...	1.04
178	10:06:17.97	-12:58:39.2	24.40 \pm 0.21	0.68 \pm 0.32	6.39 \pm 4.33	-90.28 \pm 69.43	0.59 \pm 0.11	20.71 \pm 4.64	112.08 \pm 96.95	2.83 \pm 0.53	...	1.02
179	10:06:16.05	-12:58:47.1	23.76 \pm 0.11	0.38 \pm 0.29	16.76 \pm 16.76	312.52 \pm 65.35	0.23 \pm 0.10	68.17 \pm 22.38	108.94 \pm 24.06	3.93 \pm 0.13	0.64 \pm 0.07	1.79
180	10:06:19.43	-12:58:32.7	23.26 \pm 0.03	0.42 \pm 0.07	7.72 \pm 3.38	77.50 \pm 9.36	0.68 \pm 0.10	79.28 \pm 8.57	112.26 \pm 46.24	4.26 \pm 0.13	...	1.16
181	10:06:18.28	-12:58:37.5	22.37 \pm 0.03	0.42 \pm 0.03	11.10 \pm 3.10	-43.58 \pm 11.78	0.60 \pm 0.13	13.98 \pm 1.58	-12.26 \pm 15.32	4.10 \pm 0.19	...	0.93
182	10:06:17.67	-12:58:39.9	24.28 \pm 0.30	0.58 \pm 0.34	10.01 \pm 10.01	-1.99 \pm 39.28	0.34 \pm 0.15	26.75 \pm 9.69	6.18 \pm 95.62	4.29 \pm 0.42	...	1.80
183	10:06:16.14	-12:58:46.0	22.65 \pm 0.04	0.15 \pm 0.09	17.35 \pm 5.22	167.20 \pm 47.95	0.06 \pm 0.34	16.81 \pm 16.81	6.18 \pm 76.80	4.29 \pm 0.47	...	1.69
184	10:06:19.86	-12:58:30.5	23.79 \pm 0.08	0.53 \pm 0.26	10.88 \pm 3.26	154.44 \pm 20.68	0.67 \pm 0.21	33.60 \pm 11.43	64.37 \pm 18.13	3.67 \pm 0.38	0.49 \pm 0.03	1.68
185	10:06:12.18	-12:58:02.1	23.55 \pm 0.06	0.60 \pm 0.22	15.82 \pm 5.34	117.57 \pm 43.36	0.11 \pm 0.49	22.51 \pm 18.04	179.12 \pm 61.45	4.98 \pm 0.33	...	1.56
186	10:06:17.77	-12:58:38.4	21.87 \pm 0.12	0.42 \pm 0.03	20.25 \pm 2.93	79.26 \pm 4.92	0.70 \pm 0.27	4.79 \pm 8.99	104.82 \pm 11.32	3.80 \pm 0.68	...	0.99
187	10:06:14.66	-12:58:51.4	23.68 \pm 0.15	0.18 \pm 0.34	17.59 \pm 2.27	36.99 \pm 50.13	0.40 \pm 0.37	74.28 \pm 10.05	138.37 \pm 2.01	4.04 \pm 0.23	1.08 \pm 0.02	2.21
188	10:06:15.59	-12:58:47.2	24.49 \pm 0.38	0.44 \pm 0.38	11.89 \pm 11.46	105.64 \pm 53.25	0.19 \pm 0.25	77.03 \pm 7.97	132.52 \pm 22.64	4.79 \pm 0.68	...	2.20
189	10:06:23.26	-12:57:75.5	23.16 \pm 0.05	0.05 \pm 0.04	18.61 \pm 7.84	66.85 \pm 23.22	0.63 \pm 0.17	65.67 \pm 6.66	94.82 \pm 4.77	5.00 \pm 0.25	0.57 \pm 0.03	2.50
190	10:06:20.56	-12:57:85.1	24.03 \pm 0.43	0.25 \pm 0.75	14.56 \pm 4.32	145.39 \pm 144.12	0.32 \pm 0.38	62.38 \pm 22.62	93.29 \pm 28.87	2.50 \pm 0.60	...	1.52
191	10:06:15.78	-12:58:44.8	24.84 \pm 0.42	0.69 \pm 0.29	36.71 \pm 12.29	93.92 \pm 111.99	0.46 \pm 0.17	63.23 \pm 24.25	17.37 \pm 87.09	3.29 \pm 0.49	...	1.96
192	10:06:22.67	-12:57:76.0	23.99 \pm 0.00	0.45 \pm 0.01	12.72 \pm 1.81	83.01 \pm 1.88	0.36 \pm 0.06	45.92 \pm 1.94	63.42 \pm 5.90	3.73 \pm 0.07	...	0.09
193	10:06:27.61	-12:57:55.4	24.29 \pm 0.13	0.59 \pm 0.13	6.87 \pm 1.32	222.29 \pm 63.72	0.17 \pm 0.15	67.81 \pm 17.19	327.73 \pm 32.27	4.08 \pm 0.27	...	1.57
194	10:06:23.53	-12:57:72.2	24.51 \pm 0.16	0.37 \pm 0.18	3.66 \pm 3.66	85.07 \pm 66.13	0.44 \pm 0.44	5.00 \pm 5.00	143.91 \pm 69.11	2.41 \pm 0.62	...	0.45
195	10:06:23.45	-12:57:72.6	23.36 \pm 0.06	0.06 \pm 0.33	3.12 \pm 3.66	-74.07 \pm 70.83	0.65 \pm 0.05	77.70 \pm 6.60	116.08 \pm 4.03	3.10 \pm 0.37	...	1.54
196	10:06:14.93	-12:58:47.4	23.83 \pm 0.43	0.31 \pm 0.31	43.09 \pm 43.09	127.82 \pm 80.16	0.10 \pm 0.28	41.26 \pm 35.86	100.28 \pm 88.67	3.13 \pm 0.72	...	2.14
197	10:06:26.70	-12:57:58.7	24.40 \pm 0.36	0.76 \pm 0.24	14.59 \pm 11.49	56.29 \pm 151.85	0.13 \pm 0.13	58.29 \pm 58.29	134.85 \pm 46.75	3.97 \pm 0.54	...	2.00

198	10:06:18.45	-12:58:32.7	21.48±0.03	0.44±0.07	16.22±3.20	104.58±6.18	20.58±1.14	8.02±5.72	-12.32±21.23	4.22±0.13	1.09±0.02	0.83
199	10:06:15.94	-12:58:43.0	23.88±0.12	0.00±0.13	2.70±2.01	24.94±33.70	26.07±4.31	69.69±8.96	81.60±13.94	3.97±0.23	...	...
200	10:06:19.34	-12:57:88.7	24.87±0.09	0.15±0.15	1.16±5.48	254.7±30.80	26.07±4.31	17.41±29.68	75.57±84.73	3.67±0.35	...	1.43
201	10:06:23.67	-12:57:70.6	22.48±0.02	0.35±0.07	9.26±1.16	125.20±103.55	22.16±1.71	75.43±17.41	69.36±2.71	3.65±0.09	1.25±0.03	1.00
202	10:06:22.60	-12:57:75.1	24.77±0.44	0.38±0.08	14.91±7.34	125.71±56.46	4.32±4.32	22.41±19.16	239.39±98.97	4.08±0.41	...	1.81
203	10:06:20.29	-12:57:84.5	23.42±0.09	0.29±0.18	9.05±8.59	43.77±46.23	15.30±2.97	60.01±7.41	102.37±18.69	3.92±0.20	1.05±0.05	1.61
204	10:06:23.96	-12:57:69.0	23.77±0.06	0.15±0.22	4.72±2.11	123.78±36.50	6.45±1.32	59.83±0.11	142.93±15.97	4.26±0.36	...	1.88
205	10:06:21.85	-12:57:77.7	24.41±0.23	0.57±0.07	20.39±1.90	73.72±41.90	12.75±8.32	66.85±19.45	89.26±37.54	4.23±0.37	...	2.20
206	10:06:18.19	-12:58:50.7	22.55±0.02	0.58±0.04	10.58±0.90	96.44±0.01	18.82±1.26	17.75±6.76	205.41±27.63	4.44±0.40	...	0.99
207	10:06:12.34	-12:58:56.7	24.37±0.03	0.00±0.03	16.13±12.59	102.95±20.42	182.92±24.24	84.62±2.87	102.37±6.61	3.82±0.13	...	...
208	10:06:14.72	-12:58:46.5	24.07±0.07	0.94±0.06	8.00±4.39	108.52±30.91	7.47±1.16	39.04±11.57	108.03±47.18	3.84±0.50	...	1.35
209	10:06:19.28	-12:57:87.6	22.87±0.06	0.06±0.25	3.20±3.20	108.41±18.61	60.12±7.45	53.53±8.67	173.09±9.48	3.04±0.30	...	1.15
210	10:06:12.29	-12:58:56.4	24.42±0.16	0.74±0.16	18.69±2.98	56.72±15.83	10.33±2.92	13.47±13.47	54.26±27.88	4.25±0.27	1.04±0.03	1.15
211	10:06:18.58	-12:57:89.6	23.25±0.08	0.00±0.14	79.28±14.60	126.3±18.15	47.74±9.91	75.44±5.25	107.42±6.86	4.68±0.10	...	4.42
212	10:06:17.85	-12:58:32.5	22.07±0.02	0.88±0.12	38.55±15.61	115.08±13.85	2.70±8.56	76.20±8.80	250.18±79.47	4.21±0.26	...	1.79
213	10:06:18.77	-12:57:88.4	23.00±0.04	0.40±0.08	19.18±2.62	86.52±13.31	12.85±1.33	47.67±4.96	93.53±6.48	4.67±0.11	1.02±0.02	1.23
214	10:06:18.87	-12:57:87.9	22.51±0.04	0.38±0.14	17.40±13.35	124.53±18.75	48.70±18.04	32.93±9.95	144.78±78.50	4.55±0.15	0.78±0.04	1.51
215	10:06:16.64	-12:57:87.6	22.41±0.09	0.13±0.03	17.31±6.13	108.41±18.61	8.57±1.11	53.53±8.67	173.09±9.48	3.04±0.30	0.38±0.04	1.38
216	10:06:12.31	-12:58:55.1	23.74±0.15	0.79±0.21	9.68±7.42	119.23±35.17	2.84±21.77	48.59±43.28	155.47±74.91	4.13±0.33	...	1.59
217	10:06:26.97	-12:57:54.3	23.83±0.22	0.02±0.21	64.65±49.12	151.99±58.30	46.30±13.89	74.39±5.24	108.13±8.30	3.69±0.13	0.91±0.08	2.90
218	10:06:26.11	-12:57:57.7	23.97±0.33	0.71±0.44	21.23±5.24	166.76±59.72	15.77±11.50	65.73±19.27	127.06±74.09	3.69±0.27	...	1.92
219	10:06:19.70	-12:57:83.8	21.77±0.23	0.80±0.20	5.49±7.46	78.29±73.28	18.21±16.23	55.17±26.83	137.17±97.07	4.64±0.33	...	1.64
220	10:06:18.71	-12:57:76.4	22.84±0.11	0.54±0.35	12.61±1.86	85.94±10.84	17.93±1.52	32.05±6.66	29.97±13.14	3.84±0.26	1.09±0.01	0.54
221	10:06:23.98	-12:57:65.6	24.12±0.29	0.47±0.53	8.18±6.39	128.15±83.14	11.36±5.78	43.81±41.03	111.40±115.47	4.44±0.49	...	1.96
222	10:06:27.49	-12:57:50.4	22.66±0.13	0.20±0.07	4.84±7.15	12.48±53.80	36.90±3.50	16.77±3.55	29.09±61.52	3.96±0.98	0.61±0.06	1.53
223	10:06:18.75	-12:57:65.6	24.07±0.13	0.70±0.30	9.13±5.62	99.55±92.70	8.56±8.56	75.20±16.79	130.03±43.12	3.85±0.44	...	1.83
224	10:06:27.24	-12:57:86.1	22.34±0.21	0.18±0.13	25.17±15.55	110.57±46.73	13.28±2.25	40.66±9.38	152.79±28.09	3.48±0.35	0.77±0.05	2.02
225	10:06:24.13	-12:57:63.3	22.95±0.08	0.80±0.14	4.48±3.85	256.9±43.89	0.30±3.29	41.82±11.30	128.70±49.61	2.96±0.40	1.22±0.06	1.30
226	10:06:23.50	-12:57:65.9	23.13±0.06	0.80±0.14	17.61±3.58	98.61±7.10	43.31±2.13	47.00±3.19	137.48±3.25	3.42±0.47	0.76±0.01	1.23
227	10:06:15.55	-12:58:38.3	24.92±0.28	0.38±0.62	6.43±2.08	106.59±21.09	25.78±5.60	71.36±5.25	34.21±8.69	4.28±0.20	0.39±0.03	1.18
228	10:06:16.56	-12:58:33.9	23.45±0.03	0.00±0.00	1.44±1.44	121.90±18.36	1.04±1.74	43.96±7.79	135.73±26.29	3.60±0.20	...	1.13
229	10:06:24.96	-12:57:59.2	24.14±0.45	0.72±0.28	14.22±7.41	150.83±54.46	9.94±0.94	40.44±4.85	114.24±113.32	4.34±0.63	...	2.13
230	10:06:22.19	-12:57:70.3	23.79±0.20	0.33±0.33	5.57±3.42	268.72±135.72	8.62±4.05	43.89±4.69	79.93±91.96	3.45±0.04	...	...
231	10:06:26.69	-12:57:51.5	23.15±0.14	0.00±0.14	5.9±16.73	23.29±73.75	16.97±1.85	57.47±5.99	73.65±6.88	3.63±0.07	0.96±0.05	...
232	10:06:17.61	-12:57:88.6	22.67±0.06	0.57±0.13	13.20±4.55	26.32±18.04	22.07±2.02	68.45±6.53	51.96±4.25	4.24±0.11	1.20±0.03	1.18
233	10:06:15.42	-12:58:36.1	21.48±0.01	0.00±0.04	18.71±0.99	41.09±3.87	16.76±0.40	35.83±1.87	42.41±4.67	3.55±0.02	0.14±0.01	2.45
234	10:06:28.53	-12:57:41.4	22.88±0.17	0.04±0.04	22.30±13.18	105.24±50.26	15.49±2.15	39.33±7.67	41.88±19.76	3.94±0.33	1.08±0.05	...
235	10:06:22.14	-12:57:67.8	24.46±0.33	0.12±0.12	28.49±11.54	241.31±131.56	2.72±2.72	72.00±19.90	124.52±67.50	3.96±0.74	...	2.78
237	10:06:18.65	-12:57:82.3	22.73±0.10	0.30±0.07	13.01±5.01	98.02±12.90	32.03±4.08	3.99±3.59	149.43±83.65	2.57±0.53	1.10±0.03	0.36

238	10:06:17.86	-12:57:85.4	22.52±0.02	0.61±0.17	7.26±4.82	0.34±0.03	80.57±12.50	26.57±4.44	59.11±23.94	3.87±0.13	1.15±0.03	0.67
239	10:06:19.59	-12:57:77.9	23.43±0.07	0.00±0.08	10.89±7.77	0.27±0.12	14.89±8.42	17.00±2.42	12.03±5.80	3.47±0.09	0.59±0.04	...
240	10:06:22.13	-12:57:66.5	24.10±0.16	0.88±0.38	17.08±7.30	0.57±0.13	129.28±26.57	26.12±7.54	187.30±54.67	3.73±0.30	...	...
241	10:06:18.68	-12:57:80.8	20.68±0.03	0.41±0.05	26.94±3.79	0.24±0.23	123.11±6.69	45.18±4.03	124.86±48.19	3.52±0.29	1.09±0.01	0.39
242	10:06:24.30	-12:57:57.4	22.70±0.03	0.00±0.00	2.48±2.38	0.19±0.04	99.16±9.08	19.23±1.11	71.06±2.99	3.27±0.07	0.40±0.03	...
243	10:06:15.84	-12:58:32.2	22.80±0.04	0.58±0.19	21.50±2.22	0.28±0.15	-20.32±26.88	7.65±0.92	12.55±9.36	3.80±0.34	1.24±0.04	1.31
244	10:06:23.45	-12:57:60.5	23.99±0.07	0.70±0.30	10.56±8.94	0.56±0.13	104.10±17.47	9.55±1.15	4.24±0.39	4.24±0.39	...	1.81
245	10:06:16.75	-12:57:88.2	24.00±0.34	0.17±0.04	3.20±8.45	0.07±0.29	238.19±79.03	7.17±5.25	105.18±24.84	4.38±0.31	...	2.15
246	10:06:21.00	-12:57:70.3	24.23±0.28	0.34±0.16	3.84±6.26	0.12±0.05	189.19±101.29	14.65±5.13	156.07±32.81	3.63±0.22	...	1.87
247	10:06:27.13	-12:57:44.9	23.11±0.04	0.68±0.19	18.71±8.66	0.14±0.10	126.29±22.09	0.55±0.55	165.84±52.91	4.02±0.09	...	1.29
248	10:06:13.52	-12:58:41.1	22.69±0.04	0.00±0.06	27.58±3.22	0.57±0.06	100.74±25.94	19.51±1.02	8.19±2.98	4.13±0.09	0.76±0.03	...
249	10:06:22.50	-12:57:63.9	24.69±0.03	0.92±0.28	39.94±14.67	0.63±0.17	155.06±33.99	1.41±0.56	289.85±101.66	4.20±0.51	...	2.20
250	10:06:17.78	-12:57:83.3	22.85±0.05	0.73±0.28	13.43±5.71	0.57±0.08	122.00±11.52	17.40±4.02	103.73±22.64	3.95±0.39	1.14±0.03	0.97
251	10:06:20.48	-12:57:71.9	24.23±0.23	0.88±0.12	10.81±11.00	0.12±0.21	237.05±63.42	11.52±4.41	33.46±94.62	4.29±0.29	...	1.75
252	10:06:19.21	-12:57:76.6	20.82±0.01	0.02±0.01	10.28±11.34	0.51±0.05	97.24±10.17	27.93±0.37	42.69±30.40	0.07±0.01	0.07±0.01	1.76
253	10:06:19.42	-12:57:75.5	22.62±0.05	0.63±0.20	17.35±7.00	0.29±0.09	79.24±15.92	41.91±5.56	41.43±22.64	3.63±0.29	0.85±0.03	0.88
254	10:06:18.80	-12:57:78.0	22.33±0.07	0.06±0.06	22.84±4.37	0.53±0.10	54.58±47.25	18.11±3.72	115.72±3.76	4.52±0.32	1.27±0.05	2.58
255	10:06:23.63	-12:57:57.4	22.07±0.27	0.81±0.19	8.76±7.05	0.36±0.20	175.05±49.29	26.38±10.01	200.83±88.09	4.15±0.48	...	1.74
256	10:06:20.12	-12:57:71.6	19.45±0.01	0.34±0.02	24.37±1.94	0.19±0.02	94.19±3.85	54.52±0.83	137.96±2.40	3.69±0.01	0.32±0.00	0.15
257	10:06:15.95	-12:57:88.9	23.54±0.07	0.18±0.23	25.28±9.96	0.41±0.13	103.82±30.77	9.31±1.16	77.67±14.20	4.59±0.19	1.02±0.05	2.26
258	10:06:26.06	-12:57:46.8	24.07±0.35	0.77±0.23	11.95±32.83	0.48±0.10	106.28±53.19	22.91±16.03	102.06±62.34	4.11±0.27	...	1.80
259	10:06:15.10	-12:58:32.0	23.23±0.05	0.10±0.04	15.22±10.70	0.10±0.07	61.21±37.17	13.46±1.37	33.01±9.75	3.83±0.13	0.74±0.04	2.81
260	10:06:12.08	-12:58:44.5	24.16±0.33	0.93±0.33	22.15±12.74	0.49±0.21	-15.62±49.59	0.75±2.54	58.46±11.17	4.80±0.58	...	2.20
261	10:06:15.81	-12:57:88.3	21.89±0.01	0.29±0.07	29.99±5.18	0.10±0.04	145.76±7.06	12.43±0.72	142.19±1.50	3.99±0.08	1.01±0.01	1.22
262	10:06:22.90	-12:57:58.8	24.57±0.16	0.97±0.27	8.58±2.97	0.60±0.14	68.92±15.56	28.46±1.59	138.40±85.49	4.76±0.70	...	1.68
263	10:06:13.60	-12:58:37.3	21.51±0.04	0.01±0.04	74.73±8.62	0.51±0.13	26.73±13.10	13.46±1.37	245.53±41.56	4.04±0.20	0.21±0.02	2.89
264	10:06:19.60	-12:57:72.2	24.95±0.36	0.52±0.30	3.59±8.59	0.17±0.17	8.10±108.01	18.55±18.55	176.57±95.40	4.36±0.31	...	1.79
265	10:06:19.40	-12:57:73.1	24.03±0.03	0.90±0.14	84.63±19.98	0.67±0.03	142.18±25.32	0.49±0.70	275.51±65.89	5.12±0.31	...	2.27
266	10:06:19.09	-12:57:73.7	23.07±0.15	0.23±0.09	1.75±7.16	0.08±0.08	33.10±23.19	55.11±15.89	46.52±24.38	4.24±0.51	0.59±0.06	1.46
267	10:06:15.78	-12:57:87.4	22.99±0.00	0.32±0.02	20.64±2.11	0.42±0.14	59.04±11.27	118.37±7.84	53.07±2.59	4.26±0.07	...	1.15
268	10:06:18.79	-12:57:74.6	23.95±0.34	0.88±0.12	48.48±21.91	0.54±0.16	92.59±36.54	1.38±7.17	32.96±84.16	3.69±0.28	1.00±0.08	1.83
269	10:06:22.39	-12:57:59.6	23.13±0.08	0.00±0.00	12.91±5.40	0.41±0.07	127.24±22.61	27.59±3.68	112.01±13.43	4.11±0.17	0.94±0.06	...
270	10:06:18.45	-12:57:72.7	21.64±0.01	0.51±0.06	18.40±2.17	0.22±0.06	97.89±16.67	13.99±1.39	65.57±9.31	4.10±0.10	0.91±0.01	0.80
271	10:06:18.45	-12:57:74.0	24.62±0.15	0.74±0.26	12.92±9.82	0.53±0.13	61.41±20.15	27.07±2.87	223.85±71.46	4.36±0.14	...	1.72
272	10:06:15.55	-12:57:85.8	21.21±0.02	0.00±0.00	23.82±0.67	0.19±0.02	149.83±3.48	23.55±0.48	140.41±6.13	4.51±0.02	0.46±0.01	...
273	10:06:18.33	-12:57:74.1	22.95±0.02	0.64±0.11	8.35±2.16	0.69±0.01	119.93±16.69	13.33±3.12	72.30±30.62	3.66±0.33	...	0.75
274	10:06:20.63	-12:57:64.0	21.73±0.02	0.00±0.00	20.93±2.79	0.34±0.02	69.99±5.66	32.84±1.22	59.01±1.69	3.93±0.05	0.79±0.02	...
275	10:06:22.82	-12:57:54.9	24.43±0.21	0.73±0.27	4.79±5.20	0.48±0.18	182.45±5.30	13.85±5.36	4.89±0.27	4.89±0.27	...	1.68
276	10:06:20.30	-12:57:65.1	23.07±0.20	0.27±0.30	8.09±2.54	0.33±0.33	178.70±69.72	36.19±6.45	75.14±21.15	4.77±0.82	...	2.19
277	10:06:19.34	-12:57:69.0	24.04±0.10	0.00±0.00	10.87±1.75	0.40±0.10	52.70±25.87	15.30±1.28	147.04±4.55	4.06±0.18	...	...

278	10:06:12.21	-12:58:38.6	23.52±0.19	0.41±0.59	20.01±16.32	0.21±0.38	-34.30±103.66	11.82±3.99	48.80±11.14	71.04±51.18	2.44±0.30	1.08±0.07	0.98
279	10:06:25.69	-12:57:42.7	24.56±0.34	0.74±0.36	8.43±14.22	0.21±0.24	179.41±18.72	6.47±4.22	22.88±13.48	155.84±18.48	5.43±0.66	...	2.00
280	10:06:26.02	-12:57:39.7	24.71±0.25	0.33±0.53	8.05±2.15	0.48±0.22	39.48±111.36	9.86±6.37	63.78±13.21	85.20±64.98	3.26±0.50	...	1.99
281	10:06:26.24	-12:57:54.5	22.77±0.24	0.73±0.19	14.03±2.35	0.47±0.21	113.74±131.02	39.48±131.02	63.78±13.21	85.20±64.98	3.93±0.54	1.28±0.03	1.01
282	10:06:19.09	-12:57:67.3	23.81±0.21	0.27±0.37	17.36±2.78	0.40±0.30	313.37±90.15	20.42±5.99	59.96±9.36	158.22±19.55	3.93±0.36	...	2.38
283	10:06:24.55	-12:57:44.5	23.71±0.12	0.90±0.10	8.61±2.16	0.54±0.12	88.72±22.72	2.54±2.86	6.46±8.42	158.11±29.21	4.96±0.30	...	1.26
284	10:06:15.69	-12:57:80.8	24.07±0.09	0.03±0.39	15.51±6.98	0.17±0.17	106.82±26.83	6.17±1.17	67.60±17.60	136.69±37.22	3.86±0.19	...	2.69
285	10:06:24.81	-12:57:43.1	23.62±0.09	0.80±0.17	8.49±3.29	0.58±0.08	75.81±20.90	6.17±1.17	67.60±17.60	136.69±37.22	4.75±0.37	...	1.98
286	10:06:20.69	-12:57:59.1	23.21±0.10	0.08±0.18	8.69±3.71	0.28±0.17	75.55±37.35	20.48±5.27	65.72±31.04	101.41±55.71	3.18±0.29	...	1.79
287	10:06:15.32	-12:57:80.0	24.18±0.31	0.44±0.37	20.14±11.09	0.52±0.39	-111.08±41.27	26.04±9.91	40.85±10.83	-161.40±147.79	3.97±0.31	...	2.14
288	10:06:17.96	-12:57:68.6	20.85±0.01	0.61±0.03	25.88±1.80	0.14±0.02	115.61±10.34	67.61±2.13	54.02±4.20	141.81±4.36	3.94±0.04	0.86±0.01	0.38
289	10:06:29.24	-12:56:81.4	24.05±0.25	0.68±0.21	40.34±18.78	0.43±0.20	66.23±65.52	1.43±1.43	65.12±7.15	93.18±67.12	3.43±0.16	...	1.91
290	10:06:23.29	-12:57:46.1	23.46±0.08	0.06±0.06	4.29±13.55	0.60±0.16	-44.75±120.66	20.12±4.32	63.50±8.45	13.59±15.14	3.59±0.52	0.88±0.06	2.07
291	10:06:15.16	-12:57:79.4	24.49±0.02	0.22±0.13	54.01±19.33	0.43±0.19	114.74±53.98	62.06±10.12	82.55±2.45	157.43±3.02	4.04±0.16	...	2.00
292	10:06:15.24	-12:57:78.5	23.04±0.04	0.02±0.16	40.97±26.75	0.33±0.06	145.72±28.44	34.42±3.59	75.93±4.10	156.28±19.19	3.88±0.14	1.04±0.05	2.74
293	10:06:11.47	-12:58:33.9	24.82±0.33	0.43±0.42	31.92±7.57	0.53±0.17	146.41±60.43	10.10±5.44	25.78±39.66	55.66±160.35	3.74±0.42	...	2.27
294	10:06:29.34	-12:56:79.8	24.20±0.20	0.93±0.27	9.92±7.22	0.68±0.13	85.69±25.12	10.74±10.74	56.98±15.47	55.32±76.22	3.45±0.62	...	1.47
295	10:06:19.93	-12:57:58.7	23.81±0.10	0.75±0.16	20.43±5.84	0.06±0.10	252.49±46.92	1.41±1.41	74.38±15.81	79.82±106.48	3.59±0.28	...	1.57
296	10:06:17.30	-12:57:69.6	23.81±0.17	0.09±0.25	33.84±7.05	0.27±0.21	-28.31±56.31	17.58±4.49	75.52±9.48	111.23±9.11	4.38±0.34	...	2.69
297	10:06:19.02	-12:57:62.3	24.42±0.21	0.15±0.15	17.08±9.78	0.52±0.52	-8.15±161.31	16.79±5.62	77.29±17.54	50.16±12.68	3.89±0.24	...	2.41
298	10:06:18.01	-12:57:65.9	21.39±0.08	0.01±0.03	45.24±13.90	0.38±0.06	22.61±25.91	67.42±4.39	47.07±4.21	-30.98±6.24	3.52±0.24	0.63±0.02	2.38
299	10:06:22.14	-12:57:48.2	23.44±0.09	0.59±0.07	15.75±3.61	0.47±0.11	137.91±11.39	116.19±12.19	36.52±20.94	86.48±35.14	3.72±0.35	1.03±0.05	1.17
300	10:06:21.37	-12:57:51.0	23.92±0.17	0.01±0.18	2.96±2.14	0.19±0.11	98.34±51.46	12.47±2.82	60.36±15.48	87.38±16.86	3.85±0.37	...	2.53
301	10:06:23.04	-12:57:44.0	22.58±0.04	0.89±0.11	28.49±3.80	0.57±0.08	121.52±4.00	15.34±2.63	10.03±14.32	22.12±40.75	4.00±0.10	0.88±0.03	1.09
302	10:06:19.64	-12:57:58.0	23.70±0.11	0.11±0.11	18.87±10.65	0.25±0.25	15.82±43.02	20.17±2.60	75.02±7.47	58.57±5.08	3.49±0.24	...	2.10
303	10:06:21.51	-12:57:50.0	22.82±0.06	0.05±0.05	18.70±5.08	0.40±0.05	-74.87±25.02	37.71±5.83	78.47±1.56	18.94±2.05	4.19±0.16	0.94±0.04	2.28
304	10:06:17.71	-12:57:65.7	24.39±0.01	0.03±0.04	41.66±8.82	0.40±0.11	77.11±46.82	369.93±118.28	83.72±5.63	31.39±4.39	3.71±0.07	...	2.15
305	10:06:23.21	-12:57:42.7	23.88±0.20	0.12±0.28	16.62±11.68	0.36±0.20	205.40±128.62	8.52±2.24	13.38±27.20	283.73±60.77	3.15±0.42	...	2.14
306	10:06:26.94	-12:56:87.1	24.28±0.33	0.25±0.12	15.47±3.68	0.28±0.28	190.79±79.38	9.21±6.91	45.06±23.61	143.11±66.10	4.51±0.80	...	2.50
307	10:06:19.91	-12:57:56.1	23.36±0.05	0.02±0.18	28.74±13.64	0.55±0.10	-162.14±98.39	12.61±1.77	59.95±7.36	2.74±0.50	2.94±0.37	1.03±0.04	2.44
308	10:06:13.50	-12:57:82.5	21.96±0.03	0.40±0.05	15.68±2.23	0.10±0.06	5.25±23.64	17.90±1.39	54.65±2.41	116.24±5.06	3.58±0.06	1.05±0.02	0.90
309	10:06:16.17	-12:57:71.4	22.08±0.02	0.09±0.06	30.34±7.01	0.34±0.03	68.05±8.06	46.78±3.01	80.85±1.42	99.76±0.35	4.30±0.03	0.64±0.02	2.03
310	10:06:22.08	-12:57:45.9	24.55±0.07	0.67±0.28	24.81±7.45	0.41±0.20	93.60±29.44	135.26±43.24	43.45±27.71	-29.63±185.52	3.99±0.37	...	1.35
311	10:06:19.33	-12:57:57.0	22.02±0.01	0.39±0.05	24.80±2.93	0.02±0.02	27.06±10.82	22.25±1.29	70.29±2.62	7.29±2.03	3.77±0.07	1.10±0.02	1.16
312	10:06:16.03	-12:57:70.8	23.74±0.33	0.29±0.26	5.88±8.20	0.30±0.40	90.16±57.55	15.16±9.65	2.74±2.74	308.47±51.53	4.13±0.42	...	1.89
313	10:06:21.46	-12:57:47.0	24.61±0.36	0.77±0.23	16.91±11.14	0.21±0.28	-2.55±98.41	21.48±3.25	20.25±15.72	-50.28±37.95	5.37±0.30	...	2.11
314	10:06:25.04	-12:57:32.2	23.94±0.20	0.84±0.16	8.45±5.39	0.45±0.45	4.00±2.96	16.19±8.91	37.07±10.36	81.82±64.64	3.96±0.39	...	1.45
315	10:06:15.94	-12:57:69.7	24.46±0.75	0.59±0.41	66.31±28.48	0.12±0.25	3.04±1.65	7.26±1.58	27.10±38.44	-210.21±101.95	5.74±1.26	...	2.46
316	10:06:18.93	-12:57:56.8	24.07±0.25	0.43±0.23	59.15±47.89	0.34±0.34	-135.76±155.23	7.71±5.53	77.36±30.43	323.38±40.98	2.71±1.43	...	1.88
317	10:06:18.74	-12:57:57.3	21.51±0.01	0.49±0.03	25.65±2.81	0.50±0.06	94.28±3.39	29.67±1.05	78.11±1.63	76.49±1.04	4.19±0.04	1.01±0.01	0.89

358	10:06:22.30	-12:57:31.4	23.94 ^{+0.13}	0.47 ^{+0.09}	8.28 ^{+8.46}	0.55 ^{+0.15}	62.88 ^{+63.90}	12.52 ^{+4.85}	76.31 ^{+8.69}	56.28 ^{+13.44}	3.75 ^{+0.45}	1.56
359	10:06:21.19	-12:57:35.1	21.90 ^{+0.02}	0.31 ^{+0.02}	6.97 ^{+1.51}	0.65 ^{+0.08}	159.91 ^{+2.56}	29.50 ^{+1.94}	58.41 ^{+2.57}	99.37 ^{+4.69}	4.12 ^{+0.27}	0.81
360	10:06:24.05	-12:56:83.1	24.25 ^{+0.21}	0.45 ^{+0.05}	4.19 ^{+5.68}	0.35 ^{+0.35}	5.84 ^{+104.75}	6.63 ^{+11.05}	44.93 ^{+7.64}	79.56 ^{+52.87}	3.87 ^{+0.41}	1.62
361	10:06:24.46	-12:56:85.3	22.01 ^{+0.08}	0.00 ^{+0.01}	29.90 ^{+1.59}	0.33 ^{+0.02}	161.97 ^{+3.94}	33.03 ^{+2.22}	49.94 ^{+3.48}	151.27 ^{+7.49}	4.09 ^{+0.05}	...
362	10:06:12.05	-12:57:72.2	23.70 ^{+0.20}	0.43 ^{+0.06}	6.46 ^{+4.25}	0.50 ^{+0.31}	13.97 ^{+76.65}	17.37 ^{+2.15}	13.23 ^{+13.26}	83.61 ^{+64.98}	5.64 ^{+0.83}	1.88
363	10:06:20.10	-12:57:38.6	24.44 ^{+0.30}	0.60 ^{+0.22}	128.98 ^{+16.05}	0.54 ^{+0.34}	5.84 ^{+123.23}	9.91 ^{+3.44}	80.63 ^{+44.56}	74.59 ^{+25.81}	4.18 ^{+1.10}	2.44
364	10:06:16.31	-12:57:54.1	23.36 ^{+0.07}	0.50 ^{+0.03}	10.66 ^{+3.23}	0.48 ^{+0.11}	94.03 ^{+5.14}	6.18 ^{+0.88}	56.86 ^{+6.70}	129.14 ^{+63.19}	3.93 ^{+0.37}	1.31
365	10:06:20.31	-12:57:37.2	23.20 ^{+0.02}	0.80 ^{+0.04}	10.36 ^{+3.65}	0.63 ^{+0.07}	171.69 ^{+6.35}	21.99 ^{+3.94}	40.00 ^{+5.20}	101.98 ^{+46.10}	4.05 ^{+0.12}	1.04
366	10:06:27.67	-12:56:66.1	24.28 ^{+0.28}	0.37 ^{+0.06}	8.65 ^{+7.86}	0.33 ^{+0.37}	60.84 ^{+57.61}	5.87 ^{+5.02}	40.13 ^{+33.30}	35.20 ^{+46.10}	3.43 ^{+0.41}	1.78
367	10:06:11.08	-12:57:74.5	23.33 ^{+0.26}	0.10 ^{+0.10}	37.71 ^{+18.39}	0.39 ^{+0.37}	168.23 ^{+104.96}	18.83 ^{+5.74}	42.67 ^{+38.26}	264.23 ^{+57.65}	2.01 ^{+0.87}	1.53
368	10:06:27.54	-12:56:65.6	24.68 ^{+0.71}	0.20 ^{+0.35}	24.36 ^{+41.35}	0.08 ^{+0.16}	7.56 ^{+68.99}	3.91 ^{+4.33}	36.56 ^{+45.57}	50.11 ^{+64.94}	3.85 ^{+0.50}	2.60
369	10:06:15.67	-12:57:54.7	23.56 ^{+0.05}	0.83 ^{+0.26}	16.39 ^{+2.47}	0.29 ^{+0.08}	145.46 ^{+48.78}	6.67 ^{+5.18}	53.78 ^{+10.94}	92.38 ^{+28.45}	4.56 ^{+0.14}	1.50
370	10:06:14.78	-12:57:58.0	23.05 ^{+0.20}	0.00 ^{+0.01}	25.58 ^{+7.09}	0.33 ^{+0.08}	156.07 ^{+8.44}	146.28 ^{+32.17}	85.00 ^{+0.00}	139.14 ^{+6.03}	4.43 ^{+0.09}	...
371	10:06:11.03	-12:57:73.4	23.99 ^{+0.29}	0.62 ^{+0.38}	27.39 ^{+18.20}	0.23 ^{+0.47}	24.09 ^{+133.38}	18.73 ^{+17.10}	11.04 ^{+20.77}	-14.62 ^{+195.49}	3.63 ^{+0.20}	1.97
372	10:06:28.52	-12:56:61.0	23.86 ^{+0.85}	0.79 ^{+0.21}	13.65 ^{+13.65}	0.15 ^{+0.15}	269.65 ^{+81.87}	0.90 ^{+0.90}	63.91 ^{+24.40}	113.49 ^{+195.03}	6.10 ^{+0.59}	2.21
373	10:06:24.30	-12:56:78.2	24.56 ^{+0.27}	0.78 ^{+0.22}	13.63 ^{+6.37}	0.50 ^{+0.20}	67.28 ^{+73.88}	8.12 ^{+10.17}	72.15 ^{+12.85}	79.22 ^{+75.14}	3.06 ^{+0.77}	1.36
374	10:06:16.69	-12:57:49.4	22.98 ^{+0.33}	0.45 ^{+0.09}	5.66 ^{+2.47}	0.55 ^{+0.17}	105.26 ^{+17.43}	12.09 ^{+1.71}	63.99 ^{+3.51}	167.89 ^{+6.80}	4.14 ^{+0.22}	1.06
375	10:06:14.69	-12:57:57.5	23.57 ^{+0.03}	0.50 ^{+0.20}	17.37 ^{+4.28}	0.15 ^{+0.08}	148.21 ^{+44.34}	24.93 ^{+7.96}	66.99 ^{+11.24}	109.33 ^{+12.79}	3.35 ^{+0.24}	0.90
376	10:06:23.07	-12:56:82.5	24.15 ^{+0.03}	0.47 ^{+0.12}	14.84 ^{+3.58}	0.25 ^{+0.14}	194.98 ^{+16.61}	37.66 ^{+3.09}	66.87 ^{+3.43}	126.29 ^{+1.85}	4.75 ^{+0.14}	1.32
377	10:06:17.23	-12:57:46.5	23.34 ^{+0.05}	0.95 ^{+0.09}	7.17 ^{+1.57}	0.65 ^{+0.05}	81.99 ^{+8.33}	23.66 ^{+4.11}	36.48 ^{+5.94}	170.16 ^{+34.06}	3.20 ^{+0.20}	0.51
378	10:06:23.44	-12:56:80.6	24.53 ^{+0.40}	0.65 ^{+0.32}	7.13 ^{+2.76}	0.21 ^{+0.11}	88.30 ^{+104.93}	9.00 ^{+4.16}	19.48 ^{+19.21}	49.09 ^{+154.03}	5.00 ^{+0.44}	1.90
379	10:06:17.59	-12:57:44.2	24.85 ^{+0.14}	0.39 ^{+0.39}	32.36 ^{+32.36}	0.31 ^{+0.17}	118.96 ^{+56.36}	4.05 ^{+3.90}	74.59 ^{+34.95}	120.39 ^{+132.59}	4.19 ^{+0.53}	2.45
380	10:06:16.25	-12:57:49.8	23.84 ^{+0.42}	0.87 ^{+0.13}	35.91 ^{+18.12}	0.29 ^{+0.08}	111.77 ^{+46.61}	1.82 ^{+3.25}	16.40 ^{+15.93}	41.04 ^{+120.03}	3.77 ^{+0.52}	1.82
381	10:06:23.12	-12:56:80.8	22.46 ^{+0.08}	0.61 ^{+0.33}	17.86 ^{+18.10}	0.16 ^{+0.12}	177.26 ^{+18.32}	36.16 ^{+6.53}	64.40 ^{+6.40}	123.35 ^{+9.15}	3.90 ^{+0.48}	1.09
382	10:06:17.00	-12:57:46.0	23.89 ^{+0.23}	0.88 ^{+0.12}	31.58 ^{+37.73}	0.57 ^{+0.13}	54.09 ^{+30.21}	37.14 ^{+8.73}	77.20 ^{+30.11}	-169.57 ^{+98.79}	4.61 ^{+0.53}	1.92
383	10:06:13.86	-12:57:58.8	23.14 ^{+0.22}	0.09 ^{+0.26}	23.14 ^{+19.85}	0.63 ^{+0.07}	80.99 ^{+20.43}	12.57 ^{+1.16}	66.93 ^{+3.60}	53.33 ^{+3.62}	4.06 ^{+0.12}	2.28
384	10:06:12.90	-12:57:62.6	23.36 ^{+0.05}	0.03 ^{+0.08}	13.19 ^{+9.34}	0.46 ^{+0.02}	31.11 ^{+33.57}	15.53 ^{+2.62}	69.25 ^{+4.98}	40.52 ^{+7.09}	4.10 ^{+0.25}	2.55
385	10:06:14.77	-12:57:54.7	22.28 ^{+0.06}	0.43 ^{+0.07}	21.75 ^{+5.50}	0.68 ^{+0.11}	96.44 ^{+9.78}	21.99 ^{+1.72}	46.49 ^{+8.67}	115.95 ^{+16.43}	4.26 ^{+0.15}	1.32
386	10:06:26.94	-12:56:64.2	23.08 ^{+0.09}	0.00 ^{+0.00}	49.02 ^{+4.83}	0.44 ^{+0.37}	-78.50 ^{+38.59}	26.14 ^{+6.62}	45.82 ^{+13.69}	87.63 ^{+31.82}	3.43 ^{+0.20}	...
387	10:06:16.84	-12:57:46.0	23.15 ^{+0.02}	0.81 ^{+0.08}	27.97 ^{+4.20}	0.40 ^{+0.04}	161.21 ^{+15.20}	2.59 ^{+0.93}	21.16 ^{+3.25}	198.41 ^{+16.21}	3.99 ^{+0.11}	1.31
388	10:06:13.55	-12:57:59.5	23.81 ^{+0.19}	0.45 ^{+0.32}	19.03 ^{+12.89}	0.11 ^{+0.18}	13.50 ^{+52.91}	31.46 ^{+13.21}	72.37 ^{+12.63}	147.92 ^{+15.14}	3.60 ^{+0.25}	1.85
389	10:06:22.50	-12:56:82.4	24.39 ^{+0.70}	0.46 ^{+0.54}	10.27 ^{+8.15}	0.36 ^{+0.34}	-84.97 ^{+51.75}	7.84 ^{+10.25}	-31.70 ^{+8.10}	-274.11 ^{+106.82}	3.95 ^{+0.50}	2.15
390	10:06:16.05	-12:57:49.0	22.05 ^{+0.22}	0.56 ^{+0.10}	9.65 ^{+2.79}	0.48 ^{+0.08}	97.73 ^{+5.25}	28.23 ^{+6.64}	43.03 ^{+14.44}	33.77 ^{+7.73}	4.09 ^{+0.11}	0.72
391	10:06:16.72	-12:57:45.9	22.43 ^{+0.02}	0.00 ^{+0.00}	10.30 ^{+1.76}	0.37 ^{+0.02}	64.28 ^{+0.74}	23.31 ^{+1.13}	55.57 ^{+3.10}	86.35 ^{+3.01}	3.76 ^{+0.02}	...
392	10:06:27.30	-12:56:61.7	24.28 ^{+0.01}	0.00 ^{+0.01}	26.11 ^{+8.76}	0.44 ^{+0.10}	165.30 ^{+11.32}	316.77 ^{+28.29}	85.00 ^{+10.00}	183.41 ^{+6.07}	3.95 ^{+0.10}	...
393	10:06:18.83	-12:57:36.6	22.50 ^{+0.04}	0.26 ^{+0.17}	2.81 ^{+5.42}	0.04 ^{+0.06}	181.92 ^{+25.04}	17.43 ^{+2.32}	42.59 ^{+8.48}	99.03 ^{+12.18}	3.79 ^{+0.18}	0.84
394	10:06:15.92	-12:57:48.7	22.82 ^{+0.11}	0.51 ^{+0.12}	19.54 ^{+6.53}	0.03 ^{+0.09}	-110.31 ^{+84.62}	17.97 ^{+3.63}	4.93 ^{+4.93}	-97.83 ^{+103.66}	5.06 ^{+0.58}	1.59
395	10:06:16.33	-12:57:46.8	22.72 ^{+0.01}	0.47 ^{+0.06}	50.00 ^{+6.17}	0.69 ^{+0.01}	123.78 ^{+6.37}	10.07 ^{+0.69}	84.70 ^{+0.30}	108.87 ^{+3.52}	4.20 ^{+0.08}	1.59
396	10:06:27.48	-12:56:00.6	22.83 ^{+0.09}	0.02 ^{+0.02}	33.93 ^{+4.14}	0.31 ^{+0.15}	256.04 ^{+40.95}	22.13 ^{+2.65}	64.81 ^{+7.22}	176.16 ^{+6.61}	4.33 ^{+0.10}	2.79
397	10:06:26.46	-12:56:64.8	23.07 ^{+0.25}	0.00 ^{+0.00}	2.20 ^{+7.16}	0.37 ^{+0.08}	107.45 ^{+12.99}	28.21 ^{+4.83}	68.39 ^{+4.83}	58.94 ^{+7.33}	4.24 ^{+0.10}	...

398	10:06:14.62	-12:57:53.8	23.40 ^{+0.12}	0.70 ^{+0.18}	15.57 ^{+8.32}	0.06 ^{+0.11}	239.74 ^{+116.84}	6.23 ^{+3.40}	41.60 ^{+12.35}	149.29 ^{+32.11}	4.33 ^{+0.42}	...	1.54
399	10:06:11.19	-12:57:67.5	24.18 ^{+0.09}	0.71 ^{+0.39}	10.78 ^{+5.78}	0.22 ^{+0.96}	314.00 ^{+46.00}	6.42 ^{+2.82}	77.69 ^{+17.72}	140.29 ^{+02.72}	3.82 ^{+0.69}	...	1.91
400	10:06:13.66	-12:57:57.2	24.29 ^{+0.18}	0.00 ^{+0.05}	32.94 ^{+15.96}	0.14 ^{+0.17}	86.75 ^{+28.84}	34.92 ^{+9.59}	3.70 ^{+8.17}	312.16 ^{+47.84}	4.13 ^{+0.08}	...	...
401	10:06:13.74	-12:57:56.6	22.57 ^{+0.10}	0.00 ^{+0.02}	12.88 ^{+15.40}	0.22 ^{+0.22}	137.54 ^{+33.16}	37.18 ^{+6.00}	1.14 ^{+3.12}	78.19 ^{+58.88}	4.15 ^{+0.15}	...	0.67 \pm 0.05
402	10:06:23.08	-12:56:77.7	24.17 ^{+0.25}	0.55 ^{+0.91}	22.98 ^{+20.97}	0.68 ^{+0.05}	8.87 ^{+23.66}	0.57 ^{+2.53}	80.65 ^{+7.51}	95.25 ^{+50.17}	3.17 ^{+0.31}	...	1.71
403	10:06:25.88	-12:56:65.8	24.54 ^{+0.39}	0.50 ^{+0.36}	28.61 ^{+18.29}	0.06 ^{+0.12}	10.05 ^{+33.49}	3.58 ^{+2.41}	68.13 ^{+16.87}	84.23 ^{+125.53}	5.09 ^{+0.70}	...	2.47
404	10:06:24.78	-12:56:70.3	21.53 ^{+0.02}	0.56 ^{+0.04}	22.83 ^{+1.84}	0.47 ^{+0.18}	140.36 ^{+4.29}	36.27 ^{+5.44}	58.93 ^{+5.85}	191.47 ^{+47.97}	4.39 ^{+0.07}	...	0.92
405	10:06:19.49	-12:57:32.1	24.04 ^{+0.20}	0.72 ^{+0.14}	28.01 ^{+16.08}	0.04 ^{+0.13}	192.40 ^{+97.94}	9.42 ^{+4.24}	20.74 ^{+18.56}	76.63 ^{+45.90}	3.82 ^{+0.26}	...	1.81
406	10:06:16.61	-12:57:43.7	23.01 ^{+0.05}	0.40 ^{+0.10}	18.73 ^{+3.75}	0.41 ^{+0.07}	3.20 ^{+20.49}	1.37 ^{+1.15}	81.47 ^{+5.53}	109.75 ^{+3.43}	3.48 ^{+0.32}	...	1.30
407	10:06:21.91	-12:56:81.3	23.21 ^{+0.04}	0.00 ^{+0.13}	3.11 ^{+4.93}	0.03 ^{+0.09}	201.72 ^{+86.86}	12.68 ^{+1.18}	57.57 ^{+6.26}	152.22 ^{+12.10}	3.35 ^{+0.07}	...	...
408	10:06:27.69	-12:56:57.2	23.26 ^{+0.17}	0.00 ^{+0.07}	1.18 ^{+2.48}	0.29 ^{+0.10}	14.96 ^{+36.21}	23.83 ^{+2.22}	64.82 ^{+14.19}	13.03 ^{+24.02}	4.51 ^{+0.15}	...	...
409	10:06:24.47	-12:56:70.2	23.84 ^{+0.25}	0.29 ^{+0.09}	8.89 ^{+1.18}	0.23 ^{+0.38}	-70.78 ^{+90.65}	8.28 ^{+2.67}	46.78 ^{+10.83}	13.48 ^{+15.48}	3.54 ^{+0.72}	...	2.12
410	10:06:23.02	-12:56:76.2	23.00 ^{+0.11}	0.00 ^{+0.06}	1.76 ^{+6.06}	0.44 ^{+0.19}	87.19 ^{+15.18}	22.21 ^{+4.53}	68.33 ^{+6.32}	19.41 ^{+7.97}	4.08 ^{+0.42}	...	...
411	10:06:23.89	-12:56:72.4	24.52 ^{+0.49}	0.38 ^{+0.19}	8.52 ^{+4.68}	0.40 ^{+0.19}	-56.05 ^{+74.43}	1.71 ^{+2.18}	24.20 ^{+20.13}	177.24 ^{+147.43}	4.22 ^{+0.88}	...	...
412	10:06:17.95	-12:57:36.9	23.42 ^{+0.09}	0.00 ^{+0.12}	3.79 ^{+8.79}	0.08 ^{+0.26}	51.68 ^{+30.93}	16.76 ^{+5.49}	32.30 ^{+16.80}	130.03 ^{+66.88}	3.66 ^{+0.33}	...	2.36
413	10:06:14.74	-12:57:50.1	23.44 ^{+0.07}	0.58 ^{+0.16}	17.58 ^{+8.10}	0.61 ^{+0.09}	156.53 ^{+21.49}	11.37 ^{+4.05}	59.97 ^{+12.39}	154.82 ^{+16.77}	4.71 ^{+0.43}	...	1.76
414	10:06:25.41	-12:56:65.7	24.46 ^{+0.28}	0.86 ^{+0.32}	8.09 ^{+6.39}	0.66 ^{+0.21}	-58.44 ^{+30.93}	1.71 ^{+3.34}	71.38 ^{+28.08}	3.38 ^{+1.14}	3.38 ^{+1.14}	...	1.49
415	10:06:22.84	-12:56:76.3	24.34 ^{+0.14}	0.51 ^{+0.13}	5.75 ^{+4.40}	0.28 ^{+0.23}	-230.98 ^{+129.02}	41.75 ^{+6.72}	66.29 ^{+15.49}	161.44 ^{+47.00}	2.81 ^{+0.97}	...	1.26
416	10:06:24.36	-12:56:69.8	24.18 ^{+0.11}	0.89 ^{+0.31}	24.73 ^{+3.95}	0.35 ^{+0.14}	159.35 ^{+37.28}	31.21 ^{+7.38}	43.35 ^{+19.82}	95.36 ^{+81.36}	4.38 ^{+0.47}	...	1.81
417	10:06:15.97	-12:57:44.5	22.98 ^{+0.10}	0.00 ^{+0.08}	10.53 ^{+13.89}	0.48 ^{+0.19}	35.81 ^{+16.52}	23.86 ^{+2.94}	70.50 ^{+4.66}	21.45 ^{+4.66}	4.66 ^{+0.25}	...	3.27
418	10:06:17.19	-12:57:39.3	23.59 ^{+0.09}	0.08 ^{+0.18}	25.33 ^{+6.71}	0.07 ^{+0.28}	289.78 ^{+70.22}	9.37 ^{+1.34}	56.63 ^{+13.04}	53.39 ^{+12.42}	3.62 ^{+0.23}	...	2.37
419	10:06:16.18	-12:57:43.3	22.63 ^{+0.04}	0.00 ^{+0.05}	6.72 ^{+4.93}	0.46 ^{+0.03}	169.51 ^{+18.64}	19.65 ^{+1.77}	66.19 ^{+2.69}	125.81 ^{+1.98}	4.45 ^{+0.34}	...	...
420	10:06:16.64	-12:57:32.9	23.98 ^{+0.48}	0.47 ^{+0.24}	5.44 ^{+2.27}	0.38 ^{+0.38}	148.40 ^{+70.10}	19.21 ^{+12.57}	46.82 ^{+38.18}	144.68 ^{+79.12}	4.40 ^{+0.34}	...	2.02
421	10:06:26.15	-12:56:61.3	23.15 ^{+0.13}	0.49 ^{+0.15}	5.78 ^{+3.20}	0.60 ^{+0.10}	83.24 ^{+23.77}	21.64 ^{+3.78}	28.25 ^{+25.52}	83.94 ^{+34.46}	3.49 ^{+0.35}	...	1.15
422	10:06:16.37	-12:57:40.5	24.63 ^{+0.41}	0.15 ^{+0.40}	25.51 ^{+11.95}	0.32 ^{+0.23}	3.88 ^{+80.48}	3.55 ^{+1.93}	28.75 ^{+28.75}	86.26 ^{+75.56}	4.81 ^{+0.58}	...	2.67
423	10:06:17.07	-12:57:37.1	23.79 ^{+0.16}	0.20 ^{+0.14}	1.26 ^{+5.44}	0.59 ^{+0.11}	1.50 ^{+48.12}	14.60 ^{+7.33}	8.59 ^{+18.03}	8.94 ^{+95.19}	3.22 ^{+0.34}	...	1.24
424	10:06:18.17	-12:57:31.5	22.02 ^{+0.03}	0.41 ^{+0.07}	8.34 ^{+1.76}	0.25 ^{+0.10}	119.80 ^{+20.79}	14.74 ^{+3.35}	9.61 ^{+9.61}	72.23 ^{+35.73}	3.57 ^{+0.29}	...	0.59
425	10:06:10.82	-12:57:60.3	23.35 ^{+0.06}	0.02 ^{+0.10}	41.56 ^{+9.20}	0.10 ^{+0.11}	7.20 ^{+19.30}	17.91 ^{+2.11}	83.23 ^{+1.77}	97.46 ^{+2.22}	3.22 ^{+0.12}	...	2.70
426	10:06:26.43	-12:56:55.7	23.12 ^{+0.08}	0.00 ^{+0.02}	4.57 ^{+22.12}	0.41 ^{+0.05}	148.99 ^{+27.19}	12.68 ^{+1.65}	59.96 ^{+3.38}	152.84 ^{+4.95}	3.57 ^{+0.05}	...	...
427	10:06:14.64	-12:57:43.9	21.63 ^{+0.03}	0.33 ^{+0.05}	24.13 ^{+3.11}	0.24 ^{+0.13}	131.85 ^{+13.67}	21.91 ^{+3.59}	6.98 ^{+12.21}	147.89 ^{+40.93}	4.96 ^{+0.14}	...	1.34
428	10:06:28.88	-12:56:44.9	22.31 ^{+0.02}	0.00 ^{+0.01}	21.19 ^{+4.55}	0.32 ^{+0.03}	41.47 ^{+10.05}	48.34 ^{+2.68}	80.31 ^{+1.25}	19.48 ^{+1.31}	4.47 ^{+0.09}	...	...
429	10:06:17.49	-12:57:32.0	22.96 ^{+0.10}	0.26 ^{+0.15}	29.43 ^{+16.90}	0.42 ^{+0.28}	56.69 ^{+69.34}	23.47 ^{+2.60}	48.87 ^{+11.01}	11.78 ^{+25.52}	4.26 ^{+0.26}	...	2.07
430	10:06:15.92	-12:57:38.3	24.46 ^{+0.22}	0.89 ^{+0.11}	18.34 ^{+2.80}	0.64 ^{+0.06}	251.12 ^{+47.19}	12.89 ^{+26.83}	5.39 ^{+40.16}	-347.21 ^{+117.52}	6.96 ^{+0.04}	...	1.87
431	10:06:11.24	-12:57:57.7	24.21 ^{+0.06}	0.28 ^{+0.31}	9.38 ^{+3.95}	0.52 ^{+0.38}	-38.30 ^{+56.97}	11.72 ^{+12.89}	12.33 ^{+12.38}	269.08 ^{+189.72}	4.56 ^{+0.38}	...	1.73
432	10:06:20.53	-12:56:78.6	22.50 ^{+0.19}	0.13 ^{+0.08}	2.00 ^{+5.28}	0.65 ^{+0.15}	274.11 ^{+42.98}	35.06 ^{+7.16}	62.22 ^{+7.74}	38.00 ^{+15.99}	3.37 ^{+0.47}	...	1.30
433	10:06:11.02	-12:57:58.0	24.10 ^{+0.51}	0.04 ^{+0.31}	129.30 ^{+10.65}	0.45 ^{+0.25}	69.72 ^{+38.66}	81.02 ^{+65.71}	83.63 ^{+1.37}	68.30 ^{+1.45}	4.74 ^{+0.37}	...	3.21
434	10:06:20.89	-12:56:76.8	23.92 ^{+0.29}	0.24 ^{+0.06}	8.88 ^{+2.57}	0.52 ^{+0.18}	119.80 ^{+29.63}	11.11 ^{+3.70}	48.26 ^{+20.40}	100.58 ^{+51.89}	4.99 ^{+0.32}	...	2.24
435	10:06:19.62	-12:56:82.1	24.02 ^{+0.20}	0.41 ^{+0.24}	38.82 ^{+8.19}	0.54 ^{+0.16}	-30.82 ^{+50.81}	26.13 ^{+12.69}	76.31 ^{+8.69}	21.87 ^{+6.39}	4.40 ^{+0.26}	...	2.05
436	10:06:27.73	-12:56:48.5	24.28 ^{+0.11}	0.53 ^{+0.39}	8.38 ^{+6.00}	0.18 ^{+0.37}	150.82 ^{+107.50}	16.14 ^{+8.76}	7.48 ^{+7.48}	89.01 ^{+183.00}	3.58 ^{+0.31}	...	1.66
437	10:06:22.86	-12:56:68.7	23.38 ^{+0.05}	0.59 ^{+0.18}	6.87 ^{+3.27}	0.12 ^{+0.12}	193.40 ^{+35.43}	12.09 ^{+2.62}	79.93 ^{+5.07}	114.39 ^{+12.49}	3.46 ^{+0.27}	...	1.02

A. Lista de objetos detectados na imagem 'I'

113

438	319	10:06:24:55	-12:56:00.8	22.06±0.06	0.00±0.01	17.83±7.34	0.42±0.05	64.56±12.95	25.09±0.96	44.92±3.96	75.92±5.59	3.79±0.04	0.61±0.02	...
439		10:06:22:23	-12:56:00.8	23.65±0.23	0.15±0.03	18.19±14.05	0.15±0.05	50.07±2.92	20.84±7.83	67.88±10.32	72.96±25.38	4.39±0.38	...	2.42
440		10:06:28:08	-12:56:46.0	24.37±0.10	0.06±0.19	3.73±4.72	0.25±0.09	109.00±19.47	10.49±2.09	67.94±9.31	147.12±14.89	4.72±0.19	...	...
441		10:06:27:80	-12:56:47.1	24.37±0.10	0.46±0.21	22.14±8.26	0.63±0.07	169.00±38.81	54.43±2.82	78.06±10.00	145.30±16.80	4.22±0.12	...	1.93
442		10:06:14:98	-12:57:39.6	23.95±0.43	0.28±0.29	6.34±16.95	0.52±0.18	75.85±23.97	13.25±4.79	65.40±9.60	-100.51±16.73	4.23±0.47	...	2.17
443		10:06:21:36	-12:56:73.2	24.59±0.40	0.15±0.63	42.24±8.23	0.07±0.39	143.06±46.87	6.04±4.12	69.95±15.05	42.60±53.33	4.33±0.25	...	2.85
444		10:06:28:81	-12:56:42.2	24.67±0.31	0.00±0.00	153.94±16.72	0.52±0.18	45.80±69.72	162.75±3.60	85.00±5.50	131.06±10.15	3.27±0.19	...	...
445		10:06:22:71	-12:56:66.8	24.25±0.10	0.35±0.23	3.58±3.58	0.47±0.37	158.80±45.70	15.28±3.60	66.94±11.21	116.76±19.45	3.83±0.17	...	1.12
446	380	10:06:12:24	-12:57:49.9	22.39±0.02	0.00±0.02	26.27±3.12	0.38±0.03	45.34±4.32	33.88±2.03	75.51±1.66	76.55±1.57	4.20±0.03	1.09±0.03	...
447		10:06:24:79	-12:56:57.9	22.78±0.11	0.25±0.21	58.55±17.35	0.08±0.25	109.53±61.52	31.94±5.41	82.40±6.38	97.90±3.69	3.49±0.33	1.21±0.06	2.07
448		10:06:24:40	-12:56:59.5	23.95±0.22	0.45±0.23	6.24±3.06	0.17±0.30	243.16±116.84	17.84±3.78	23.86±15.65	145.22±106.32	3.92±0.43	...	1.67
449		10:06:14:91	-12:57:38.6	23.45±0.15	0.33±0.24	15.27±8.05	0.46±0.34	171.52±49.05	13.25±4.52	75.05±12.22	91.54±15.98	4.43±0.48	...	2.01
450		10:06:15:13	-12:57:37.3	24.26±0.20	0.62±0.38	12.82±14.52	0.19±0.42	131.71±45.25	2.86±2.86	25.47±25.47	192.35±68.10	3.72±0.26	...	1.76
451	323	10:06:23:34	-12:56:63.1	22.44±0.04	0.00±0.00	8.63±5.55	0.25±0.02	121.82±11.56	20.26±1.71	19.58±3.63	97.93±15.75	3.95±0.03	0.80±0.03	...
452	364	10:06:17:09	-12:56:87.5	24.06±0.07	0.46±0.46	3.90±2.09	0.18±0.11	82.43±46.26	6.35±2.08	41.14±17.09	91.51±28.92	4.86±0.46	...	1.49
453	322	10:06:23:49	-12:56:60.1	22.02±0.05	0.03±0.11	47.39±15.80	0.50±0.14	19.91±16.54	30.70±2.13	52.05±3.05	5.50±7.74	4.20±0.09	0.72±0.03	2.61
454		10:06:18:10	-12:56:81.1	24.25±0.19	0.39±0.33	1.28±1.28	0.19±0.37	205.89±66.82	13.12±5.14	78.01±82.58	176.36±29.88	4.05±0.27	...	1.65
455		10:06:20:11	-12:56:72.3	24.61±0.19	0.43±0.43	19.15±19.35	0.45±0.20	136.06±94.78	9.93±8.80	75.72±9.28	110.81±81.89	4.52±0.24	...	2.39
456		10:06:26:13	-12:56:47.4	23.40±0.44	0.14±0.22	21.12±12.31	0.65±0.05	16.61±55.94	35.29±17.04	80.23±4.77	43.43±7.47	3.58±0.38	...	2.27
457		10:06:19:09	-12:56:76.4	24.51±0.21	0.59±0.40	11.65±13.98	0.60±0.31	220.48±76.86	5.71±3.56	55.47±16.80	57.41±92.12	4.68±0.31	...	2.03
458		10:06:19:65	-12:56:72.9	23.72±0.54	0.44±0.30	0.19±2.03	0.30±0.25	322.43±37.67	13.91±3.39	15.07±22.38	194.65±90.20	3.22±0.39	...	0.41
459	377	10:06:13:25	-12:57:39.5	22.98±0.08	0.22±0.16	37.18±13.08	0.45±0.13	176.63±34.19	12.78±1.02	69.67±11.29	142.72±3.12	3.83±0.12	...	1.94
460		10:06:26:06	-12:56:46.5	23.99±0.27	0.55±0.45	42.31±6.69	0.08±0.29	114.71±100.14	19.05±5.57	73.71±11.28	97.27±51.80	3.80±0.46	...	2.14
461		10:06:14:21	-12:57:35.4	24.06±0.09	0.07±0.53	9.06±8.26	0.57±0.13	128.21±20.63	15.07±3.63	83.08±8.92	115.69±4.09	3.97±0.21	...	2.42
462	309	10:06:27:46	-12:56:40.3	21.93±0.01	0.00±0.01	13.25±1.73	0.36±0.01	83.66±6.86	23.37±0.55	75.05±0.71	89.59±0.67	3.89±0.04	0.38±0.01	...
463	378	10:06:12:90	-12:57:40.0	23.10±0.04	0.00±0.11	19.94±10.61	0.34±0.12	111.97±30.15	10.24±0.54	43.25±5.69	138.34±11.56	3.35±0.14	...	...
464		10:06:27:35	-12:56:39.4	24.29±0.16	0.94±0.24	18.72±8.96	0.23±0.18	82.18±67.90	4.64±1.01	7.90±7.90	218.11±107.49	4.57±0.42	...	1.81
465		10:06:11:23	-12:57:46.1	23.68±0.07	0.70±0.30	8.82±5.01	0.65±0.05	143.26±15.61	10.33±6.11	65.45±12.98	136.04±57.54	3.38±0.36	...	1.02
466		10:06:25:12	-12:56:48.3	23.45±0.18	0.25±0.38	33.38±3.21	0.54±0.08	125.02±12.12	8.00±1.35	54.80±20.11	147.48±27.39	3.73±0.18	...	2.00
467		10:06:24:88	-12:56:48.8	24.40±0.24	0.12±0.57	11.44±2.30	0.38±0.30	25.99±66.04	5.95±2.24	70.74±14.26	41.44±24.81	4.28±0.37	...	2.47
468		10:06:16:29	-12:56:84.1	24.36±0.14	0.66±0.34	11.84±4.67	0.54±0.16	-8.79±18.16	5.78±2.73	23.57±19.83	113.32±53.14	4.36±0.77	...	1.99
469		10:06:14:43	-12:57:31.9	24.08±0.21	0.67±0.43	10.80±2.37	0.21±0.21	-96.22±98.10	13.53±3.18	52.41±36.17	32.21±18.26	4.26±0.34	...	2.00
470		10:06:21:19	-12:56:63.7	24.41±0.14	0.83±0.17	2.84±4.36	0.46±0.24	98.87±60.98	12.67±3.59	28.56±11.01	106.19±110.75	3.84±0.31	...	1.23
471		10:06:19:09	-12:56:71.8	24.39±0.25	0.91±0.47	9.07±2.84	0.69±0.11	73.20±28.85	1.92±1.92	3.36±3.96	91.51±95.24	3.45±0.41	...	1.50
472	316	10:06:25:40	-12:56:45.7	21.81±0.02	0.00±0.02	8.81±8.24	0.32±0.02	79.65±9.05	19.94±0.71	31.69±4.75	48.75±7.54	3.76±0.09	0.76±0.02	...
473		10:06:17:63	-12:56:77.3	23.79±0.21	0.09±0.18	24.24±12.18	0.18±0.34	6.78±47.74	10.73±3.26	63.51±9.82	22.56±14.73	3.85±0.22	...	2.51
474		10:06:27:97	-12:56:34.1	23.18±0.16	0.40±0.20	18.41±21.44	0.12±0.24	155.36±57.54	17.54±3.09	48.41±8.87	124.07±19.93	3.96±0.44	0.66±0.06	2.58
475		10:06:24:10	-12:56:47.3	24.50±0.44	0.04±0.50	9.32±12.80	0.16±0.14	-33.51±151.01	4.32±7.29	37.63±35.63	-62.42±101.97	4.14±0.28	...	2.18
476		10:06:21:81	-12:56:57.5	24.84±0.32	0.11±0.31	26.12±9.32	0.65±0.05	88.65±75.07	14.24±6.84	85.00±2.16	92.59±13.21	3.72±0.52	...	2.64
477		10:06:20:04	-12:56:64.3	24.17±0.17	0.04±0.34	1.35±2.26	0.16±0.26	245.89±58.20	9.71±5.34	18.92±18.92	142.65±119.89	3.94±0.48	...	2.30

478	10:06:26.21	-12:56:38.8	24.19 ^{+0.37}	0.85 ^{+0.15}	9.23 ^{+9.93}	141.18 ^{+27.70}	22.39 ^{+13.05}	27.56 ^{+30.32}	177.72 ^{+52.00}	3.13 ^{+0.30}	...	1.25
479	10:06:27.24	-12:56:34.1	24.12 ^{+0.36}	0.43 ^{+0.37}	6.86 ^{+8.56}	23.36 ^{+10.04}	6.74 ^{+4.02}	69.62 ^{+7.50}	52.90 ^{+87.81}	3.09 ^{+0.28}	...	1.80
480	10:06:22.74	-12:56:52.3	23.66 ^{+0.14}	0.20 ^{+0.43}	18.45 ^{+17.98}	105.42 ^{+82.60}	15.47 ^{+4.69}	68.50 ^{+7.50}	94.32 ^{+26.20}	0.69 ^{± 0.06}	...	2.26
481	10:06:21.02	-12:56:59.4	24.10 ^{+0.12}	0.41 ^{+0.45}	7.36 ^{+3.04}	265.19 ^{+69.72}	12.05 ^{+6.03}	42.60 ^{+9.33}	134.99 ^{+51.07}	4.51 ^{+0.33}	...	2.07
482	10:06:27.94	-12:55:89.8	23.95 ^{+0.13}	0.42 ^{+0.42}	5.50 ^{+5.13}	-73.09 ^{+127.84}	15.38 ^{+4.57}	81.92 ^{+38.00}	75.45 ^{+12.94}	3.92 ^{+0.34}	...	1.75
483	10:06:28.37	-12:55:87.8	24.05 ^{+0.45}	0.74 ^{+0.26}	27.54 ^{+33.74}	-36.94 ^{+85.60}	1.57 ^{+4.76}	20.25 ^{+17.30}	161.63 ^{+94.97}	3.68 ^{+0.40}	...	2.00
484	10:06:22.14	-12:56:53.2	21.01 ^{+0.11}	0.27 ^{+0.02}	21.76 ^{+2.00}	-28.12 ^{+2.96}	33.00 ^{+1.57}	59.77 ^{+1.55}	26.71 ^{+2.79}	3.50 ^{+0.33}	0.49 ^{± 0.01}	0.63
485	10:06:19.45	-12:56:63.8	21.10 ^{+0.01}	0.46 ^{+0.04}	15.50 ^{+2.60}	122.29 ^{+2.04}	24.00 ^{+0.71}	39.46 ^{+1.64}	166.12 ^{+8.19}	3.76 ^{+0.05}	0.92 ^{± 0.01}	0.42
486	10:06:19.29	-12:56:64.2	23.38 ^{+0.06}	0.80 ^{+0.20}	5.77 ^{+4.96}	105.32 ^{+33.87}	28.10 ^{+13.48}	40.50 ^{+26.26}	70.92 ^{+84.92}	4.67 ^{+0.29}	1.13 ^{± 0.05}	1.22
487	10:06:23.43	-12:56:45.8	24.15 ^{+0.19}	0.04 ^{+0.04}	6.68 ^{+5.56}	192.13 ^{+61.69}	11.10 ^{+2.61}	45.11 ^{+15.04}	118.28 ^{+30.44}	4.42 ^{+0.35}	...	2.57
488	10:06:22.39	-12:56:50.1	24.77 ^{+0.81}	0.21 ^{+0.79}	7.04 ^{+5.32}	14.08 ^{+81.28}	3.51 ^{+3.54}	15.15 ^{+25.33}	26.49 ^{+126.22}	4.90 ^{+0.32}	...	2.61
489	10:06:16.75	-12:56:73.3	24.61 ^{+0.19}	0.56 ^{+0.41}	4.92 ^{+3.70}	62.81 ^{+72.22}	13.44 ^{+4.04}	60.08 ^{+31.65}	237.62 ^{+178.69}	4.65 ^{+0.56}	...	1.97
490	10:06:17.68	-12:56:69.1	23.51 ^{+0.09}	0.77 ^{+0.22}	12.18 ^{+6.59}	119.13 ^{+23.65}	15.78 ^{+5.00}	50.11 ^{+37.78}	108.56 ^{+56.26}	3.77 ^{+0.28}	...	1.23
491	10:06:19.27	-12:56:62.2	23.27 ^{+0.00}	0.37 ^{+0.05}	11.19 ^{+3.23}	-66.15 ^{+5.35}	21.34 ^{+0.66}	42.42 ^{+3.44}	-24.08 ^{+11.53}	4.01 ^{+0.12}	...	0.53
492	10:06:14.07	-12:56:83.0	24.10 ^{+0.48}	0.75 ^{+0.25}	3.83 ^{+8.83}	148.39 ^{+89.88}	8.60 ^{+6.09}	31.71 ^{+31.71}	67.45 ^{+146.46}	4.19 ^{+1.05}	...	1.85
493	10:06:24.43	-12:56:40.0	24.10 ^{+0.34}	0.30 ^{+0.36}	34.26 ^{+28.62}	-2.39 ^{+108.02}	1.65 ^{+3.61}	80.75 ^{+4.25}	264.53 ^{+48.23}	3.57 ^{+0.45}	...	2.40
494	10:06:21.21	-12:56:53.2	23.46 ^{+0.09}	0.30 ^{+0.30}	21.47 ^{+12.09}	73.93 ^{+31.75}	14.86 ^{+2.40}	76.08 ^{+7.10}	132.13 ^{+8.25}	4.02 ^{+0.20}	...	1.98
495	10:06:20.62	-12:56:50.9	22.61 ^{+0.03}	0.48 ^{+0.10}	10.85 ^{+2.26}	29.78 ^{+40.89}	11.10 ^{+1.44}	42.29 ^{+7.91}	4.76 ^{+13.07}	4.06 ^{+0.17}	1.01 ^{± 0.02}	1.09
496	10:06:20.26	-12:56:56.5	24.51 ^{+0.30}	0.93 ^{+0.07}	24.72 ^{+21.64}	147.59 ^{+21.82}	18.40 ^{+12.77}	52.84 ^{+9.08}	196.46 ^{+43.99}	4.86 ^{+0.31}	...	2.01
497	10:06:12.28	-12:56:89.4	24.38 ^{+0.28}	0.76 ^{+0.24}	15.05 ^{+8.40}	95.33 ^{+83.64}	7.26 ^{+1.99}	40.83 ^{+21.54}	251.54 ^{+126.71}	3.96 ^{+0.59}	...	1.91
498	10:06:20.18	-12:56:56.5	24.38 ^{+0.37}	0.64 ^{+0.36}	5.43 ^{+3.08}	265.29 ^{+66.50}	16.82 ^{+6.96}	77.50 ^{+7.50}	145.33 ^{+30.43}	4.43 ^{+0.31}	...	1.80
499	10:06:14.61	-12:56:79.5	22.58 ^{+0.27}	0.71 ^{+0.44}	19.52 ^{+17.94}	47.15 ^{+113.52}	2.70 ^{+2.70}	28.70 ^{+19.13}	-40.24 ^{+178.69}	2.79 ^{+0.24}	...	1.23
500	10:06:11.48	-12:57:32.4	23.63 ^{+0.02}	0.96 ^{+0.02}	13.58 ^{+2.85}	86.80 ^{+12.16}	3.72 ^{+3.72}	17.15 ^{+4.10}	99.23 ^{+19.81}	4.00 ^{+0.69}	...	0.73
501	10:06:14.11	-12:56:81.3	23.26 ^{+0.11}	0.27 ^{+0.11}	11.76 ^{+5.23}	118.32 ^{+59.88}	16.95 ^{+3.44}	42.72 ^{+12.25}	147.37 ^{+51.55}	4.92 ^{+0.32}	0.48 ^{± 0.05}	1.93
502	10:06:14.42	-12:56:79.2	22.12 ^{+0.04}	0.81 ^{+0.13}	25.80 ^{+1.95}	167.84 ^{+10.71}	16.04 ^{+2.69}	9.23 ^{+4.86}	205.41 ^{+52.96}	3.73 ^{+0.17}	1.08 ^{± 0.02}	0.75
503	10:06:23.71	-12:56:40.7	24.84 ^{+0.23}	0.08 ^{+0.40}	10.00 ^{+17.27}	90.70 ^{+42.59}	6.26 ^{+3.31}	74.96 ^{+10.04}	115.59 ^{+25.55}	4.08 ^{+0.30}	...	2.56
504	10:06:19.61	-12:56:57.6	22.11 ^{+0.03}	0.13 ^{+0.09}	31.50 ^{+2.88}	121.27 ^{+32.41}	12.77 ^{+0.50}	55.88 ^{+2.15}	90.64 ^{+3.35}	3.33 ^{+0.18}	0.79 ^{± 0.02}	1.53
505	10:06:21.01	-12:56:51.8	22.85 ^{+0.03}	0.50 ^{+0.13}	2.00 ^{+2.00}	101.42 ^{+16.64}	8.09 ^{+1.46}	31.41 ^{+10.59}	136.47 ^{+18.48}	4.16 ^{+0.09}	...	1.23
506	10:06:24.12	-12:56:38.7	23.96 ^{+0.14}	0.44 ^{+0.31}	20.14 ^{+20.84}	42.67 ^{+57.74}	-0.75 ^{+18.18}	73.74 ^{+36.36}	133.25 ^{+53.74}	3.47 ^{+0.31}	...	1.76
507	10:06:22.28	-12:56:46.2	23.86 ^{+0.18}	0.51 ^{+0.30}	24.64 ^{+2.30}	220.58 ^{+72.59}	12.41 ^{+5.06}	76.72 ^{+37.17}	10.75 ^{+27.63}	3.83 ^{+0.30}	...	2.08
508	10:06:18.63	-12:56:61.2	24.66 ^{+0.24}	0.05 ^{+0.19}	1.19 ^{+6.88}	-142.16 ^{+89.13}	11.64 ^{+7.28}	79.08 ^{+5.92}	93.92 ^{+13.87}	4.20 ^{+0.15}	...	2.23
509	10:06:17.43	-12:56:66.0	24.14 ^{+0.35}	0.86 ^{+0.42}	13.50 ^{+9.01}	124.84 ^{+83.30}	5.30 ^{+1.39}	53.80 ^{+17.98}	56.90 ^{+34.70}	4.48 ^{+0.29}	...	1.86
510	10:06:22.67	-12:56:65.9	22.98 ^{+0.23}	0.41 ^{+0.35}	21.10 ^{+13.12}	55.92 ^{+24.33}	10.22 ^{+6.82}	27.36 ^{+7.39}	125.26 ^{+66.93}	3.74 ^{+0.20}	0.92 ^{± 0.05}	1.73
511	10:06:24.14	-12:56:37.5	23.85 ^{+0.08}	0.29 ^{+0.11}	33.07 ^{+2.63}	67.89 ^{+36.27}	146.11 ^{+48.20}	84.21 ^{+10.90}	133.40 ^{+12.30}	4.24 ^{+0.49}	...	2.15
512	10:06:17.02	-12:56:66.2	20.73 ^{+0.00}	0.93 ^{+0.08}	18.34 ^{+1.98}	105.06 ^{+2.06}	21.25 ^{+5.00}	41.56 ^{+1.12}	174.27 ^{+22.12}	4.00 ^{+0.05}	0.18 ^{± 0.01}	0.16
513	10:06:10.40	-12:57:33.0	24.04 ^{+0.30}	0.30 ^{+0.67}	13.33 ^{+9.31}	-111.80 ^{+74.75}	11.12 ^{+5.51}	76.79 ^{+8.21}	65.13 ^{+22.76}	5.21 ^{+0.35}	...	2.26
514	10:06:21.66	-12:56:46.3	23.29 ^{+0.16}	0.83 ^{+0.10}	52.23 ^{+5.06}	155.74 ^{+58.17}	0.44 ^{+3.72}	12.90 ^{+26.70}	3.28 ^{+11.63}	3.58 ^{+0.28}	...	1.65
515	10:06:24.25	-12:56:35.0	23.84 ^{+0.15}	0.13 ^{+0.27}	3.63 ^{+2.21}	89.08 ^{+64.96}	19.59 ^{+3.51}	59.20 ^{+12.90}	96.68 ^{+19.60}	4.78 ^{+0.40}	...	2.26
516	10:06:23.95	-12:56:35.7	24.21 ^{+0.10}	0.00 ^{+0.00}	8.75 ^{+5.56}	75.07 ^{+36.82}	14.38 ^{+2.54}	69.30 ^{+6.73}	89.47 ^{+7.40}	4.55 ^{+0.35}	...	...
517	10:06:13.90	-12:56:76.7	23.90 ^{+0.17}	0.98 ^{+0.27}	0.59 ^{+0.59}	-24.66 ^{+64.36}	24.08 ^{+8.14}	53.68 ^{+19.39}	276.35 ^{+68.64}	3.99 ^{+0.21}	...	0.75

518	10:06:24.56	-12:56:32.2	23.26 ^{+0.19}	0.11 ^{+0.36}	10.23 ^{+3.63}	0.54 ^{+0.16}	88.03 ^{+39.25}	18.33 ^{+6.06}	80.12 ^{+4.88}	63.58 ^{+12.52}	3.87 ^{+0.43}	...	2.32
519	10:06:16.74	-12:56:03.7	24.57 ^{+0.16}	0.13 ^{+0.34}	20.06 ^{+3.69}	0.33 ^{+0.11}	25.89 ^{+36.35}	7.68 ^{+2.84}	70.66 ^{+14.34}	94.49 ^{+27.74}	3.63 ^{+0.26}	...	2.46
520	10:06:22.32	-12:56:40.4	22.19 ^{+0.03}	0.00 ^{+0.00}	26.67 ^{+2.73}	0.38 ^{+0.02}	80.53 ^{+3.35}	36.40 ^{+2.64}	62.60 ^{+2.48}	72.35 ^{+3.85}	0.72 ^{+0.02}	...	...
521	10:06:13.67	-12:56:66.8	23.89 ^{+0.11}	0.45 ^{+0.39}	18.71 ^{+9.12}	0.54 ^{+0.16}	-11.31 ^{+46.50}	21.63 ^{+1.95}	62.79 ^{+2.20}	12.80 ^{+36.88}	3.52 ^{+0.54}	...	2.00
522	10:06:19.99	-12:56:75.2	23.83 ^{+0.23}	0.42 ^{+0.42}	11.83 ^{+10.99}	0.11 ^{+0.11}	26.52 ^{+102.91}	20.03 ^{+7.50}	15.97 ^{+5.61}	-128.73 ^{+125.01}	2.50 ^{+0.59}	...	1.11
523	10:06:25.65	-12:56:48.7	23.73 ^{+0.10}	0.50 ^{+0.18}	16.85 ^{+2.41}	0.68 ^{+0.02}	137.28 ^{+18.27}	5.49 ^{+1.18}	72.91 ^{+9.76}	119.94 ^{+22.88}	4.23 ^{+0.23}	...	1.68
524	10:06:25.65	-12:55:85.2	21.69 ^{+0.01}	0.11 ^{+0.04}	20.16 ^{+6.06}	0.39 ^{+0.07}	84.07 ^{+6.88}	37.00 ^{+1.96}	78.55 ^{+0.67}	89.35 ^{+0.67}	3.67 ^{+0.18}	...	1.45
525	10:06:23.34	-12:56:34.4	21.35 ^{+0.01}	0.33 ^{+0.04}	4.01 ^{+1.41}	0.59 ^{+0.04}	116.96 ^{+5.57}	16.98 ^{+0.57}	35.99 ^{+2.97}	118.10 ^{+8.23}	3.97 ^{+0.03}	...	2.30
526	10:06:14.09	-12:56:72.6	23.78 ^{+0.04}	0.06 ^{+0.14}	12.73 ^{+16.56}	0.42 ^{+0.18}	124.73 ^{+32.86}	10.58 ^{+2.41}	80.41 ^{+4.59}	110.42 ^{+5.95}	3.63 ^{+0.21}	...	2.29
527	10:06:24.50	-12:55:88.4	22.19 ^{+0.02}	0.69 ^{+0.03}	12.04 ^{+1.74}	0.16 ^{+0.07}	108.34 ^{+42.93}	16.48 ^{+1.30}	84.61 ^{+2.45}	21.99 ^{+2.46}	4.56 ^{+0.21}	...	0.84
528	10:06:12.63	-12:56:77.4	20.65 ^{+0.01}	0.89 ^{+0.06}	17.15 ^{+1.63}	0.32 ^{+0.03}	131.91 ^{+1.96}	19.41 ^{+3.55}	32.26 ^{+4.99}	128.12 ^{+19.99}	3.99 ^{+0.09}	...	0.15
529	10:06:25.22	-12:55:85.1	21.02 ^{+0.05}	0.00 ^{+0.00}	9.98 ^{+5.17}	0.08 ^{+0.00}	54.11 ^{+6.14}	29.73 ^{+1.13}	85.06 ^{+1.58}	47.87 ^{+1.73}	4.52 ^{+0.01}	...	...
530	10:06:13.67	-12:56:72.7	24.36 ^{+0.13}	0.13 ^{+0.12}	5.36 ^{+3.97}	0.65 ^{+0.19}	175.33 ^{+56.81}	46.33 ^{+5.20}	80.00 ^{+4.21}	112.89 ^{+10.33}	3.06 ^{+0.87}	...	1.71
531	10:06:13.85	-12:56:71.6	24.41 ^{+0.34}	0.67 ^{+0.33}	15.79 ^{+25.84}	0.39 ^{+0.31}	-199.12 ^{+216.92}	27.03 ^{+3.30}	27.42 ^{+41.93}	294.73 ^{+65.27}	6.05 ^{+0.58}	...	2.08
532	10:06:19.40	-12:56:48.4	22.99 ^{+0.12}	0.75 ^{+0.23}	40.91 ^{+14.19}	0.10 ^{+0.10}	103.61 ^{+98.04}	22.46 ^{+8.19}	45.42 ^{+29.34}	209.40 ^{+145.31}	3.95 ^{+0.67}	...	1.43
533	10:06:28.19	-12:55:71.7	23.62 ^{+0.22}	0.00 ^{+0.24}	7.55 ^{+4.96}	0.36 ^{+0.18}	215.15 ^{+58.37}	16.94 ^{+3.47}	26.72 ^{+16.39}	195.10 ^{+70.22}	3.87 ^{+0.22}	...	...
534	10:06:15.24	-12:56:64.2	23.30 ^{+0.10}	0.40 ^{+0.22}	52.21 ^{+19.91}	0.15 ^{+0.15}	171.34 ^{+40.84}	7.50 ^{+10.59}	53.57 ^{+21.13}	111.30 ^{+29.68}	4.31 ^{+0.23}	...	2.06
535	10:06:25.98	-12:55:79.7	24.19 ^{+0.43}	0.38 ^{+0.38}	1.92 ^{+6.25}	0.52 ^{+0.08}	118.11 ^{+51.19}	12.36 ^{+4.99}	77.28 ^{+7.72}	4.55 ^{+0.62}	...	...	2.05
536	10:06:24.55	-12:55:85.5	24.98 ^{+0.34}	0.23 ^{+0.32}	5.83 ^{+2.85}	0.49 ^{+0.16}	125.33 ^{+18.30}	36.66 ^{+7.75}	7.62 ^{+8.28}	222.44 ^{+37.47}	2.95 ^{+0.27}	...	0.44
537	10:06:19.48	-12:56:46.3	22.24 ^{+0.05}	0.26 ^{+0.05}	5.05 ^{+3.95}	0.38 ^{+0.25}	310.19 ^{+49.81}	14.38 ^{+2.74}	67.88 ^{+8.40}	95.65 ^{+12.92}	4.45 ^{+0.35}	...	2.52
538	10:06:19.02	-12:56:48.2	24.47 ^{+0.21}	0.05 ^{+0.22}	9.33 ^{+1.84}	0.39 ^{+0.11}	115.56 ^{+19.70}	10.25 ^{+1.38}	25.59 ^{+7.07}	104.27 ^{+36.21}	4.10 ^{+0.14}	...	0.99
539	10:06:15.01	-12:56:64.8	22.52 ^{+0.06}	0.58 ^{+0.11}	1.76 ^{+8.73}	0.66 ^{+0.26}	348.23 ^{+157.87}	20.20 ^{+5.18}	54.90 ^{+22.06}	22.08 ^{+74.38}	3.14 ^{+0.06}	...	1.63
540	10:06:26.06	-12:56:78.6	23.97 ^{+0.92}	0.46 ^{+0.54}	19.53 ^{+4.45}	0.39 ^{+0.31}	-181.82 ^{+195.90}	10.85 ^{+5.28}	22.26 ^{+31.28}	-69.51 ^{+156.10}	4.76 ^{+1.09}	...	2.39
541	10:06:13.43	-12:56:70.8	23.56 ^{+0.16}	0.10 ^{+0.25}	14.32 ^{+8.24}	0.44 ^{+0.44}	328.57 ^{+78.78}	17.13 ^{+9.10}	55.57 ^{+29.49}	265.76 ^{+48.51}	3.49 ^{+0.81}	...	1.91
542	10:06:21.45	-12:56:36.3	23.70 ^{+0.27}	0.45 ^{+0.45}	14.32 ^{+8.24}	0.44 ^{+0.44}	328.57 ^{+78.78}	17.13 ^{+9.10}	55.57 ^{+29.49}	265.76 ^{+48.51}	3.49 ^{+0.81}	...	1.91
543	10:06:19.51	-12:56:43.9	24.45 ^{+0.31}	0.53 ^{+0.37}	10.93 ^{+2.92}	0.53 ^{+0.17}	154.00 ^{+78.38}	0.51 ^{+3.87}	43.03 ^{+17.85}	118.04 ^{+51.53}	4.06 ^{+0.62}	...	2.01
544	10:06:27.23	-12:55:70.9	23.82 ^{+0.17}	0.97 ^{+0.26}	24.28 ^{+9.04}	0.70 ^{+0.11}	112.53 ^{+9.85}	13.22 ^{+2.57}	19.10 ^{+11.09}	111.30 ^{+47.67}	1.83 ^{+0.33}	...	0.12
545	10:06:13.30	-12:56:67.5	24.68 ^{+0.32}	0.82 ^{+0.18}	32.18 ^{+60.36}	0.21 ^{+0.22}	199.04 ^{+57.86}	1.61 ^{+7.49}	11.93 ^{+13.67}	-92.11 ^{+63.11}	3.18 ^{+0.88}	...	1.69
546	10:06:17.13	-12:56:51.2	22.47 ^{+0.06}	0.19 ^{+0.10}	30.52 ^{+19.82}	0.02 ^{+0.02}	112.31 ^{+58.12}	23.16 ^{+2.92}	49.57 ^{+7.35}	33.18 ^{+7.58}	4.33 ^{+0.25}	...	1.83
547	10:06:15.80	-12:56:56.0	23.97 ^{+0.11}	0.11 ^{+0.35}	2.64 ^{+7.15}	0.18 ^{+0.19}	36.74 ^{+66.62}	7.57 ^{+2.53}	55.99 ^{+15.41}	90.71 ^{+21.72}	4.52 ^{+0.21}	...	1.96
548	10:06:17.34	-12:56:49.5	23.56 ^{+0.45}	0.23 ^{+0.13}	19.01 ^{+10.00}	0.37 ^{+0.33}	133.14 ^{+76.97}	73.04 ^{+18.26}	57.47 ^{+19.98}	139.13 ^{+47.18}	3.46 ^{+0.52}	...	1.69
549	10:06:19.18	-12:56:41.7	23.70 ^{+0.14}	0.85 ^{+0.15}	16.36 ^{+4.75}	0.60 ^{+0.10}	95.83 ^{+15.82}	14.59 ^{+3.80}	77.63 ^{+15.78}	28.80 ^{+27.39}	4.34 ^{+0.83}	...	1.46
550	10:06:19.18	-12:56:49.6	24.03 ^{+0.40}	0.94 ^{+0.06}	38.06 ^{+17.89}	0.58 ^{+0.08}	80.03 ^{+30.69}	14.27 ^{+21.45}	43.07 ^{+20.21}	130.40 ^{+76.25}	3.86 ^{+0.34}	...	1.75
551	10:06:11.85	-12:56:71.3	24.79 ^{+0.60}	0.70 ^{+0.60}	28.01 ^{+17.48}	0.35 ^{+0.32}	83.18 ^{+14.27}	3.65 ^{+3.65}	12.23 ^{+13.23}	35.93 ^{+141.87}	3.31 ^{+0.55}	...	1.81
552	10:06:24.01	-12:55:80.2	24.39 ^{+0.21}	0.29 ^{+0.39}	21.39 ^{+9.00}	0.40 ^{+0.30}	109.18 ^{+74.16}	9.88 ^{+5.15}	60.21 ^{+16.01}	98.95 ^{+34.63}	5.05 ^{+0.48}	...	2.35
553	10:06:19.63	-12:56:37.9	24.44 ^{+0.16}	0.44 ^{+0.32}	6.08 ^{+4.83}	0.48 ^{+0.22}	63.40 ^{+42.79}	13.81 ^{+8.54}	75.77 ^{+6.23}	76.50 ^{+21.92}	4.51 ^{+0.38}	...	1.78
554	10:06:14.14	-12:56:60.3	23.87 ^{+0.10}	0.57 ^{+0.35}	38.73 ^{+13.96}	0.36 ^{+0.23}	68.29 ^{+68.29}	11.52 ^{+9.30}	9.30 ^{+9.30}	127.80 ^{+59.52}	3.57 ^{+0.71}	...	2.33
555	10:06:24.12	-12:55:78.3	23.90 ^{+0.24}	0.11 ^{+0.26}	5.85 ^{+2.97}	0.39 ^{+0.29}	92.07 ^{+43.30}	19.42 ^{+10.97}	65.63 ^{+19.37}	71.49 ^{+39.61}	4.59 ^{+0.33}	...	1.48
556	10:06:13.59	-12:56:00.8	23.63 ^{+0.04}	0.35 ^{+0.30}	7.04 ^{+7.04}	0.25 ^{+0.20}	-125.29 ^{+65.07}	15.86 ^{+6.22}	40.16 ^{+11.99}	-19.35 ^{+31.01}	4.10 ^{+0.41}	...	1.53
557	10:06:11.23	-12:56:70.1	20.47 ^{+0.00}	0.47 ^{+0.02}	15.47 ^{+0.71}	0.47 ^{+0.02}	94.19 ^{+4.67}	15.32 ^{+0.39}	58.93 ^{+1.46}	45.49 ^{+0.91}	3.94 ^{+0.05}	...	0.23

558	410	10:06:24.76	-12:55:74.1	23.19 ^{+0.05}	0.00 ^{+0.03}	8.98 ^{+8.05}	145.18 ^{+13.57}	30.63 ^{+3.09}	70.84 ^{+3.14}	102.28 ^{+3.47}	4.46 ^{+0.07}	0.92 ^{+0.05}	...
559		10:06:20.99	-12:55:59.5	23.54 ^{+0.09}	0.34 ^{+0.06}	30.73 ^{+6.40}	127.38 ^{+16.35}	173.47 ^{+16.35}	84.89 ^{+6.11}	79.92 ^{+5.63}	4.25 ^{+0.17}	0.84 ^{+0.08}	1.82
560		10:06:14.50	-12:55:56.3	23.47 ^{+0.14}	0.37 ^{+0.34}	4.08 ^{+8.92}	-2.79 ^{+35.08}	7.13 ^{+3.35}	65.26 ^{+11.66}	94.95 ^{+14.44}	3.89 ^{+0.22}	...	1.46
561	406	10:06:25.72	-12:55:68.3	23.27 ^{+0.10}	0.00 ^{+0.04}	6.09 ^{+2.56}	-5.39 ^{+69.34}	16.45 ^{+1.64}	59.26 ^{+7.29}	51.68 ^{+7.18}	3.65 ^{+0.11}	0.64 ^{+0.05}	...
562		10:06:13.12	-12:56:00.1	24.18 ^{+0.31}	0.66 ^{+0.39}	21.84 ^{+5.10}	17.07 ^{+49.05}	17.68 ^{+1.69}	45.99 ^{+37.55}	-162.23 ^{+36.78}	4.53 ^{+0.26}	...	2.12
563		10:06:9.98	-12:56:72.9	24.38 ^{+0.19}	0.23 ^{+0.29}	28.15 ^{+1.94}	184.99 ^{+56.82}	14.35 ^{+4.78}	72.80 ^{+13.85}	103.26 ^{+20.55}	3.51 ^{+0.36}	...	2.32
564		10:06:17.76	-12:56:40.5	24.43 ^{+0.19}	0.85 ^{+0.19}	54.72 ^{+28.94}	-22.18 ^{+28.08}	0.29 ^{+0.29}	7.15 ^{+2.52}	2.28 ^{+0.38}	2.28 ^{+0.38}	...	1.20
565		10:06:11.72	-12:56:65.2	23.74 ^{+0.24}	0.18 ^{+0.15}	18.27 ^{+5.64}	247.88 ^{+135.12}	30.12 ^{+6.82}	49.67 ^{+28.25}	-45.26 ^{+33.41}	3.30 ^{+0.35}	...	1.93
566		10:06:16.13	-12:56:46.7	23.32 ^{+0.21}	0.18 ^{+0.17}	25.09 ^{+4.36}	193.18 ^{+133.28}	28.57 ^{+12.81}	72.34 ^{+12.65}	153.66 ^{+21.77}	3.48 ^{+1.02}	...	2.27
567		10:06:17.80	-12:56:39.4	24.30 ^{+0.09}	0.00 ^{+0.04}	69.18 ^{+14.25}	47.55 ^{+32.50}	79.71 ^{+12.55}	8.20 ^{+8.20}	260.94 ^{+194.92}	3.82 ^{+1.07}	...	...
568		10:06:27.61	-12:55:58.8	24.43 ^{+1.55}	0.40 ^{+0.51}	1.17 ^{+2.94}	144.62 ^{+147.76}	0.64 ^{+1.31}	12.82 ^{+32.41}	6.17 ^{+36.89}	3.18 ^{+0.53}	...	1.09
569	446	10:06:17.15	-12:56:41.1	21.35 ^{+0.12}	0.43 ^{+0.06}	24.22 ^{+4.35}	113.49 ^{+2.82}	29.01 ^{+6.93}	35.41 ^{+7.86}	143.14 ^{+7.86}	4.33 ^{+0.39}	1.15 ^{+0.02}	0.97
570		10:06:16.22	-12:56:45.0	23.68 ^{+0.07}	0.64 ^{+0.18}	29.49 ^{+3.86}	93.96 ^{+39.75}	21.78 ^{+8.71}	50.75 ^{+19.81}	120.41 ^{+28.79}	3.55 ^{+0.39}	...	1.54
571		10:06:24.18	-12:55:71.3	24.85 ^{+0.31}	0.12 ^{+0.46}	11.97 ^{+5.53}	54.58 ^{+150.63}	13.02 ^{+6.88}	82.84 ^{+2.16}	165.59 ^{+22.39}	4.19 ^{+0.26}	...	2.56
572		10:06:12.27	-12:56:00.3	24.68 ^{+0.09}	0.19 ^{+0.15}	0.55 ^{+1.90}	189.79 ^{+68.79}	18.05 ^{+8.00}	83.39 ^{+1.61}	128.48 ^{+8.04}	3.50 ^{+0.40}	...	1.19
573	440	10:06:17.83	-12:56:36.0	23.91 ^{+0.08}	0.73 ^{+0.19}	60.61 ^{+19.19}	167.40 ^{+23.27}	12.82 ^{+5.25}	68.27 ^{+11.62}	135.35 ^{+18.29}	4.81 ^{+0.19}	...	1.89
574		10:06:13.89	-12:56:52.3	24.95 ^{+0.17}	0.21 ^{+0.31}	7.89 ^{+5.21}	119.47 ^{+155.30}	9.75 ^{+3.36}	27.38 ^{+27.38}	60.11 ^{+144.81}	4.86 ^{+0.90}	...	2.29
575		10:06:20.88	-12:55:93.4	24.18 ^{+0.16}	0.27 ^{+0.19}	39.49 ^{+7.16}	78.47 ^{+178.06}	16.09 ^{+3.66}	48.76 ^{+22.44}	142.12 ^{+33.70}	5.18 ^{+0.86}	...	2.23
576		10:06:12.57	-12:56:57.5	24.17 ^{+0.12}	0.00 ^{+0.12}	11.42 ^{+5.12}	141.62 ^{+26.84}	29.54 ^{+6.99}	69.45 ^{+5.37}	40.79 ^{+8.02}	4.46 ^{+0.98}	...	2.37
577	494	10:06:10.01	-12:56:08.2	21.75 ^{+0.02}	0.25 ^{+0.06}	45.06 ^{+3.39}	-33.56 ^{+15.11}	12.47 ^{+0.37}	43.69 ^{+1.66}	167.71 ^{+2.54}	4.20 ^{+0.12}	0.18 ^{+0.01}	1.46
578		10:06:12.53	-12:56:57.4	23.89 ^{+0.10}	0.00 ^{+0.07}	6.11 ^{+4.70}	26.33 ^{+8.34}	31.91 ^{+4.07}	69.30 ^{+4.77}	40.01 ^{+8.03}	4.58 ^{+0.09}	...	...
579		10:06:21.22	-12:55:51.3	24.22 ^{+0.20}	0.17 ^{+0.17}	11.42 ^{+11.42}	37.59 ^{+137.92}	14.54 ^{+4.96}	51.79 ^{+36.73}	71.23 ^{+36.22}	3.52 ^{+0.10}	0.30 ^{+0.10}	2.14
580	439	10:06:17.96	-12:56:34.3	23.47 ^{+0.02}	0.73 ^{+0.13}	14.42 ^{+2.61}	120.07 ^{+10.36}	7.39 ^{+3.14}	77.87 ^{+6.47}	77.88 ^{+14.04}	4.07 ^{+0.20}	...	1.27
581		10:06:18.63	-12:56:31.4	24.82 ^{+0.12}	1.00 ^{+0.07}	68.79 ^{+3.828}	155.38 ^{+6.94}	0.66 ^{+0.31}	80.75 ^{+4.50}	90.84 ^{+59.83}	4.54 ^{+0.12}	...	2.00
582	477	10:06:11.45	-12:56:00.4	24.03 ^{+0.20}	0.13 ^{+0.33}	0.00 ^{+1.84}	1.56 ^{+41.70}	9.09 ^{+2.75}	82.76 ^{+10.88}	87.65 ^{+10.67}	4.72 ^{+0.37}	...	...
583		10:06:27.31	-12:55:52.7	24.39 ^{+0.08}	0.79 ^{+0.21}	11.42 ^{+14.33}	47.46 ^{+60.46}	2.46 ^{+9.01}	4.13 ^{+14.98}	76.02 ^{+103.96}	3.82 ^{+0.15}	...	1.51
584		10:06:9.84	-12:56:64.9	24.52 ^{+0.24}	0.56 ^{+0.36}	30.85 ^{+12.08}	14.45 ^{+4.45}	13.16 ^{+5.34}	4.15 ^{+4.15}	163.52 ^{+103.95}	5.41 ^{+0.46}	...	2.30
585		10:06:27.03	-12:55:53.5	22.87 ^{+0.07}	0.10 ^{+0.10}	35.83 ^{+11.37}	98.01 ^{+116.96}	25.39 ^{+4.11}	45.00 ^{+6.55}	135.06 ^{+14.17}	4.13 ^{+0.18}	0.45 ^{+0.04}	2.25
586	427	10:06:21.58	-12:55:76.2	24.08 ^{+0.02}	0.92 ^{+0.13}	4.84 ^{+7.20}	-31.39 ^{+30.98}	2.57 ^{+1.17}	3.60 ^{+3.60}	91.15 ^{+38.81}	3.93 ^{+0.16}	...	1.03
587		10:06:21.52	-12:55:76.2	24.46 ^{+0.16}	0.13 ^{+0.32}	10.32 ^{+9.43}	74.73 ^{+72.44}	9.07 ^{+2.72}	62.70 ^{+7.86}	87.49 ^{+13.17}	3.53 ^{+0.23}	...	2.15
588	458	10:06:14.70	-12:56:44.3	20.98 ^{+0.00}	0.46 ^{+0.02}	11.68 ^{+0.75}	106.44 ^{+1.92}	22.20 ^{+0.63}	43.40 ^{+2.33}	66.86 ^{+3.11}	3.89 ^{+0.02}	0.11 ^{+0.01}	0.31
589	409	10:06:24.95	-12:55:61.5	24.10 ^{+0.10}	0.15 ^{+0.15}	9.57 ^{+4.70}	119.92 ^{+100.38}	3.40 ^{+1.03}	65.15 ^{+15.16}	98.86 ^{+27.04}	3.96 ^{+0.25}	...	2.12
590		10:06:27.23	-12:55:51.7	23.31 ^{+0.04}	0.34 ^{+0.10}	25.02 ^{+14.90}	140.37 ^{+17.02}	4.65 ^{+0.40}	75.85 ^{+6.91}	128.00 ^{+7.63}	3.92 ^{+0.15}	...	1.70
591	445	10:06:17.49	-12:56:31.2	21.34 ^{+0.01}	0.00 ^{+0.00}	16.37 ^{+2.64}	103.94 ^{+1.00}	20.00 ^{+0.32}	55.68 ^{+10.34}	128.00 ^{+7.63}	3.64 ^{+0.01}	0.05 ^{+0.01}	2.77
592	411	10:06:24.16	-12:55:02.9	23.67 ^{+0.09}	0.77 ^{+0.23}	13.71 ^{+8.14}	96.42 ^{+50.11}	10.52 ^{+5.33}	68.35 ^{+15.41}	100.73 ^{+9.11}	3.64 ^{+0.01}	...	1.54
593		10:06:16.19	-12:56:35.3	24.40 ^{+0.13}	0.01 ^{+0.22}	6.03 ^{+5.98}	89.58 ^{+19.71}	14.28 ^{+4.15}	69.10 ^{+8.18}	84.16 ^{+9.76}	4.42 ^{+0.52}	...	2.97
594		10:06:19.64	-12:55:50.6	24.07 ^{+0.14}	0.34 ^{+0.04}	7.69 ^{+0.80}	126.02 ^{+13.76}	3.81 ^{+3.02}	62.83 ^{+7.03}	59.91 ^{+10.97}	4.03 ^{+0.07}	...	...
595	428	10:06:21.13	-12:55:74.4	24.14 ^{+0.06}	0.08 ^{+0.33}	3.69 ^{+10.57}	137.22 ^{+19.07}	7.10 ^{+1.08}	60.83 ^{+6.28}	121.87 ^{+10.26}	3.85 ^{+0.15}	...	2.02
596		10:06:19.82	-12:55:79.3	24.70 ^{+0.18}	0.37 ^{+0.06}	16.38 ^{+9.63}	34.79 ^{+42.03}	14.79 ^{+4.06}	80.33 ^{+9.67}	85.66 ^{+15.17}	4.24 ^{+0.30}	...	2.21
597		10:06:19.58	-12:55:50.0	23.62 ^{+0.12}	0.00 ^{+0.00}	106.28 ^{+25.33}	80.83 ^{+61.65}	33.05 ^{+4.46}	56.97 ^{+8.93}	67.32 ^{+20.91}	3.07 ^{+0.27}	...	...

A. Lista de objetos detectados na imagem i'

598	480	10:06:10.77	-12:56:56.5	23.23±0.05	0.00±0.06	11.33±6.69	0.34±0.09	89.56±15.33	20.30±2.16	44.05±6.85	96.26±12.43	3.63±0.16	0.90±0.05	...
599	454	10:06:15.53	-12:56:36.6	22.57±0.04	0.00±0.00	17.68±0.00	0.35±0.00	-8.34±0.00	20.90±0.63	38.09±3.09	17.72±6.78	4.10±0.03	0.68±0.02	...
600	493	10:06:06.00	-12:56:60.0	20.72±0.01	0.00±0.00	40.66±0.64	0.65±0.00	46.98±0.15	32.18±0.26	33.12±1.25	45.38±2.20	3.86±0.01	0.05±0.01	...
601	471	10:06:12.34	-12:56:49.0	24.26±0.17	0.11±0.35	14.53±2.37	0.25±0.28	92.27±42.36	7.46±1.69	76.84±8.16	107.20±10.07	3.00±0.26	...	
602		10:06:18.12	-12:55:84.4	24.88±0.17	0.16±0.16	3.16±4.02	0.51±0.19	-49.08±6.94	10.18±3.87	74.45±12.75	89.11±20.53	3.66±0.39	2.05	
603		10:06:20.19	-12:55:75.6	23.97±0.25	0.38±0.62	11.89±16.01	0.21±0.22	90.72±34.19	14.04±11.53	44.49±10.61	121.06±39.68	4.17±0.35	2.02	
604	437	10:06:17.91	-12:55:84.2	23.28±0.09	0.04±0.04	19.76±10.98	0.50±0.08	178.19±10.88	21.96±2.51	64.70±3.94	163.16±9.73	4.08±0.98	2.56	
605	417	10:06:20.79	-12:55:72.1	24.16±0.13	0.72±0.28	16.63±3.09	0.47±0.15	101.85±26.77	7.11±3.49	25.19±16.84	83.91±41.40	4.99±0.51	1.66	
606	418	10:06:20.65	-12:55:72.5	23.94±0.06	0.58±0.41	16.22±8.74	0.13±0.17	24.20±32.61	5.15±2.25	13.17±15.82	38.91±27.77	4.15±0.28	1.66	
607		10:06:25.76	-12:55:51.0	24.54±0.48	0.61±0.39	5.26±2.43	0.21±0.49	-249.80±0.00	0.95±0.95	29.58±29.58	246.97±0.00	2.80±0.28	1.46	
608	475	10:06:11.39	-12:56:50.3	24.48±0.19	0.86±0.14	10.26±2.98	0.46±0.24	92.96±21.33	15.58±2.82	51.63±19.20	197.19±35.53	3.87±0.28	1.50	
609		10:06:19.31	-12:55:76.6	24.77±0.18	0.60±0.39	29.62±9.87	0.64±0.12	14.70±17.95	21.07±8.95	31.31±31.31	75.20±82.24	1.46±0.46	0.06	
610		10:06:15.43	-12:56:31.9	24.59±0.13	0.15±0.31	9.29±9.00	0.39±0.12	155.63±71.44	6.45±1.48	63.23±4.72	101.38±10.42	3.58±0.24	2.06	
611		10:06:18.95	-12:55:76.7	24.88±0.27	0.58±0.42	12.22±2.23	0.50±0.15	3.47±42.33	6.44±6.15	9.13±16.37	140.85±162.18	4.13±0.40	2.13	
612	462	10:06:13.38	-12:56:39.6	23.57±0.06	0.44±0.34	12.83±3.67	0.44±0.17	39.99±29.17	8.23±1.70	64.78±10.45	85.22±17.53	4.47±0.38	1.75	
613	444	10:06:17.00	-12:55:84.4	20.87±0.02	0.45±0.02	31.46±2.01	0.35±0.02	241.45±3.75	70.23±1.91	63.38±1.19	173.17±2.06	3.77±0.39	0.61±0.01	
614		10:06:11.01	-12:56:48.7	24.55±0.21	0.32±0.32	9.48±3.30	0.10±0.03	-60.46±37.70	17.81±8.18	18.70±12.05	168.08±55.36	3.73±0.51	1.86	
615	434	10:06:18.78	-12:55:76.4	23.43±0.04	0.00±0.04	9.57±2.04	0.61±0.04	90.84±11.83	14.43±1.56	64.27±3.79	81.08±4.40	3.97±0.20	...	
616	442	10:06:17.57	-12:55:81.4	22.76±0.02	0.00±0.02	4.84±2.96	0.41±0.01	28.10±4.16	17.62±0.67	34.33±2.97	13.54±8.41	3.81±0.01	0.72±0.04	
617	476	10:06:11.24	-12:56:46.6	24.75±0.11	0.07±0.39	4.99±2.52	0.42±0.18	66.80±38.95	10.39±2.06	84.08±16.92	111.75±4.82	4.20±0.24	2.34	
618	419	10:06:21.08	-12:55:65.6	23.97±0.09	0.21±0.31	6.93±3.57	0.43±0.14	66.63±63.37	9.69±1.88	64.22±12.73	102.53±18.07	4.26±0.49	1.97	
619		10:06:27.34	-12:55:39.1	24.42±0.22	0.04±0.04	7.94±3.27	0.11±0.15	112.28±105.89	17.25±1.73	46.09±18.94	45.77±34.88	3.92±0.40	2.66	
620		10:06:22.41	-12:55:58.4	24.91±0.32	0.91±0.09	9.26±5.85	0.49±0.21	211.19±84.93	0.12±0.23	26.46±10.87	53.96±95.50	3.75±0.25	1.84	
621	421	10:06:20.28	-12:55:66.8	22.33±0.02	0.00±0.00	7.93±7.02	0.39±0.04	176.60±9.69	18.49±0.57	40.93±2.22	169.87±5.28	4.39±0.05	...	
622	469	10:06:12.19	-12:56:39.5	24.16±0.06	0.06±0.29	9.24±3.30	0.48±0.11	92.72±33.47	9.51±1.49	62.75±5.88	103.45±12.17	3.88±0.21	2.37	
623		10:06:18.12	-12:55:74.2	24.63±0.31	0.30±0.36	5.99±19.78	0.68±0.02	181.95±40.48	14.55±6.32	81.26±3.74	144.96±20.28	2.08±0.29	0.74	
624	396	10:06:25.97	-12:55:41.1	24.06±0.07	0.08±0.08	7.44±1.71	0.21±0.21	75.17±37.76	5.72±0.95	78.39±10.21	112.08±9.66	3.50±0.23	2.11	
625		10:06:12.44	-12:56:36.6	24.52±0.19	0.21±0.27	23.27±2.21	0.11±0.30	14.63±41.41	19.74±6.12	73.69±8.18	47.21±14.22	2.64±0.48	1.74	
626		10:06:12.04	-12:56:37.4	24.89±0.15	0.23±0.19	28.93±10.52	0.63±0.17	85.45±51.01	38.63±11.63	66.83±10.75	77.25±12.78	3.19±0.32	1.79	
627		10:06:10.91	-12:56:42.1	24.67±0.13	0.34±0.39	7.92±8.66	0.60±0.10	69.19±35.86	15.84±4.76	77.56±7.40	88.93±12.84	4.31±0.66	2.09	
628		10:06:26.58	-12:55:36.1	24.32±0.10	0.00±0.08	13.59±3.84	0.44±0.26	26.69±5.32	63.40±7.11	63.40±7.11	147.78±15.03	2.95±0.21	...	
629	470	10:06:12.01	-12:56:36.4	23.88±0.10	0.62±0.14	33.25±4.15	0.11±0.11	-295.29±86.41	37.08±7.54	83.64±6.01	84.35±5.86	1.11±0.54	0.84±0.08	
630		10:06:26.62	-12:55:35.7	23.88±0.11	0.00±0.08	12.78±9.49	0.07±0.13	145.22±57.19	24.66±5.18	63.38±9.91	150.31±21.64	4.22±0.28	...	
631		10:06:23.24	-12:55:48.9	24.77±0.32	0.13±0.09	5.19±2.96	0.63±0.17	125.36±87.99	5.80±3.59	77.20±16.54	122.40±19.65	3.93±0.18	2.23	
632		10:06:15.06	-12:55:82.6	23.81±0.13	0.07±0.13	24.12±7.41	0.34±0.07	183.56±25.75	21.08±4.11	72.37±5.11	168.40±6.98	4.47±0.15	2.61	
633		10:06:18.65	-12:55:67.4	24.20±0.09	0.44±0.17	8.93±7.65	0.39±0.20	101.75±42.29	26.07±10.73	71.81±13.19	62.48±9.10	4.03±0.20	1.71	
634		10:06:23.09	-12:55:49.1	24.76±0.25	0.74±0.26	30.97±22.05	0.65±0.25	79.79±60.29	7.29±3.13	19.52±19.52	-9.78±140.42	4.05±0.31	2.10	
635	397	10:06:25.52	-12:55:38.7	24.17±0.08	0.40±0.46	25.30±7.52	0.41±0.23	29.57±20.19	2.87±3.08	19.52±19.52	95.76±51.44	4.53±0.30	2.15	
636		10:06:23.65	-12:55:45.9	24.45±0.11	0.81±0.33	8.81±5.50	0.06±0.06	30.14±31.32	26.54±9.54	72.46±17.70	-3.72±29.83	3.91±0.51	1.58	
637	413	10:06:22.80	-12:55:48.3	23.30±0.05	0.17±0.17	33.92±12.97	0.62±0.08	137.62±28.01	19.98±3.06	68.49±6.29	73.95±4.76	2.76±0.36	1.58	

638	10:06:15.18	-12:55:79.7	24.74 ^{+0.14}	0.42 ^{+0.53}	8.90 ^{+4.31}	141.63 ^{+137.78}	10.58 ^{+7.24}	52.20 ^{+29.19}	111.30 ^{+64.56}	3.60 ^{+0.67}	...	1.91
639	10:06:20.96	-12:55:55.5	24.99 ^{+0.38}	0.44 ^{+0.42}	25.50 ^{+37.10}	51.13 ^{+66.28}	3.58 ^{+3.76}	54.71 ^{+23.55}	193.62 ^{+120.27}	4.04 ^{+0.28}	...	2.35
640	10:06:10.02	-12:56:40.6	22.65 ^{+0.03}	0.00 ^{+0.02}	18.92 ^{+4.19}	132.34 ^{+110.07}	17.38 ^{+0.89}	25.07 ^{+5.53}	101.38 ^{+22.37}	4.11 ^{+0.07}	0.49±0.02	...
641	10:06:11.37	-12:56:34.7	24.24 ^{+0.10}	0.61 ^{+0.39}	16.11 ^{+6.84}	134.30 ^{+83.80}	8.05 ^{+7.49}	48.42 ^{+12.72}	126.43 ^{+41.96}	3.43 ^{+0.27}	...	1.61
642	10:06:20.01	-12:55:58.7	24.87 ^{+0.17}	0.12 ^{+0.12}	3.38 ^{+3.38}	-46.60 ^{+65.13}	13.89 ^{+5.17}	67.20 ^{+10.55}	89.35 ^{+14.54}	3.07 ^{+0.26}	...	1.75
643	10:06:22.54	-12:55:48.1	24.51 ^{+0.17}	0.89 ^{+0.11}	7.27 ^{+4.02}	138.46 ^{+57.50}	6.97 ^{+2.20}	62.10 ^{+11.58}	178.38 ^{+43.60}	4.03 ^{+0.27}	...	1.54
644	10:06:19.67	-12:55:59.5	24.70 ^{+0.14}	0.18 ^{+0.04}	18.83 ^{+6.97}	132.89 ^{+34.29}	10.05 ^{+5.00}	13.99 ^{+15.65}	194.65 ^{+133.04}	3.76 ^{+0.24}	...	2.38
645	10:06:16.41	-12:55:72.6	22.27 ^{+0.03}	0.09 ^{+0.00}	15.94 ^{+1.40}	172.98 ^{+12.10}	24.62 ^{+0.36}	45.61 ^{+2.20}	37.74 ^{+4.49}	4.13 ^{+0.08}	0.45±0.02	...
646	10:06:22.85	-12:55:45.9	24.51 ^{+0.28}	0.89 ^{+0.11}	17.44 ^{+3.69}	-11.79 ^{+25.31}	12.28 ^{+27.18}	23.58 ^{+14.32}	170.44 ^{+119.14}	5.60 ^{+0.58}	...	2.02
647	10:06:14.40	-12:55:80.4	23.89 ^{+0.10}	0.00 ^{+0.00}	5.31 ^{+3.44}	118.61 ^{+41.30}	15.96 ^{+1.82}	11.55 ^{+11.55}	264.92 ^{+75.45}	4.05 ^{+0.10}	0.91±0.06	...
648	10:06:17.06	-12:55:69.0	23.81 ^{+0.15}	0.33 ^{+0.17}	19.31 ^{+4.29}	-127.88 ^{+72.00}	17.39 ^{+5.80}	78.58 ^{+6.42}	10.53 ^{+5.32}	4.49 ^{+1.40}	...	2.08
649	10:06:9.26	-12:56:41.3	24.88 ^{+0.34}	0.21 ^{+0.17}	12.29 ^{+7.48}	29.66 ^{+10.49}	8.96 ^{+3.55}	56.38 ^{+18.38}	114.02 ^{+33.04}	3.51 ^{+0.21}	...	2.16
650	10:06:14.92	-12:55:77.5	24.64 ^{+0.20}	0.77 ^{+0.39}	16.11 ^{+11.81}	248.81 ^{+55.15}	19.01 ^{+8.00}	66.88 ^{+2.08}	159.10 ^{+58.31}	4.26 ^{+0.41}	...	2.01
651	10:06:18.44	-12:55:62.6	22.49 ^{+0.02}	0.04 ^{+0.02}	16.87 ^{+1.68}	10.38 ^{+51.76}	21.84 ^{+1.95}	22.11 ^{+9.58}	12.59 ^{+1.39}	4.67 ^{+0.11}	0.18±0.02	...
652	10:06:11.81	-12:55:88.7	23.67 ^{+0.07}	0.02 ^{+0.02}	16.61 ^{+6.97}	36.91 ^{+40.54}	23.38 ^{+2.37}	68.61 ^{+4.91}	109.91 ^{+4.88}	4.10 ^{+0.19}	1.04±0.06	2.70
653	10:06:26.25	-12:54:88.1	24.12 ^{+0.23}	0.27 ^{+0.23}	8.88 ^{+4.35}	-113.98 ^{+113.05}	16.53 ^{+7.53}	78.38 ^{+6.62}	37.37 ^{+23.21}	3.83 ^{+0.19}	...	1.39
654	10:06:23.12	-12:55:40.8	24.13 ^{+0.17}	0.22 ^{+0.22}	29.66 ^{+10.49}	39.23 ^{+54.66}	12.01 ^{+3.03}	32.04 ^{+14.71}	25.07 ^{+54.74}	3.41 ^{+0.31}	...	2.07
655	10:06:13.39	-12:55:80.8	22.84 ^{+0.02}	0.35 ^{+0.02}	12.82 ^{+1.33}	100.75 ^{+8.99}	17.90 ^{+1.27}	54.48 ^{+5.13}	43.25 ^{+8.88}	4.20 ^{+0.11}	1.13±0.03	1.42
656	10:06:17.76	-12:55:87.2	23.78 ^{+0.10}	0.00 ^{+0.12}	8.81 ^{+5.27}	11.12 ^{+64.73}	24.31 ^{+3.48}	38.53 ^{+8.44}	88.69 ^{+23.52}	4.72 ^{+0.92}	...	1.90
657	10:06:12.32	-12:55:94.8	24.42 ^{+0.22}	0.33 ^{+0.15}	10.14 ^{+3.67}	9.20 ^{+63.70}	19.26 ^{+7.69}	75.19 ^{+6.27}	41.41 ^{+13.80}	3.88 ^{+0.25}	...	1.50
658	10:06:10.20	-12:56:32.5	24.54 ^{+0.17}	0.79 ^{+0.18}	19.20 ^{+2.62}	79.87 ^{+35.26}	3.90 ^{+2.39}	62.84 ^{+17.01}	-81.07 ^{+59.22}	3.20 ^{+0.65}	...	2.00
659	10:06:9.92	-12:56:33.0	24.85 ^{+0.12}	0.07 ^{+0.07}	0.98 ^{+3.51}	55.59 ^{+25.95}	6.05 ^{+1.65}	60.51 ^{+15.79}	100.88 ^{+14.64}	4.10 ^{+0.27}	...	1.14
660	10:06:16.96	-12:55:63.3	24.14 ^{+0.07}	0.34 ^{+0.20}	1.86 ^{+1.86}	6.16 ^{+46.66}	7.20 ^{+1.52}	17.43 ^{+18.97}	92.61 ^{+40.65}	3.68 ^{+0.26}	...	...
661	10:06:16.29	-12:55:65.6	21.47 ^{+0.04}	0.00 ^{+0.00}	27.41 ^{+0.58}	78.08 ^{+2.93}	23.29 ^{+1.89}	31.25 ^{+7.70}	102.65 ^{+6.36}	3.52 ^{+0.03}	0.63±0.01	...
662	10:06:13.49	-12:55:76.8	24.98 ^{+0.15}	0.35 ^{+0.54}	14.78 ^{+3.81}	297.45 ^{+62.55}	9.47 ^{+4.07}	71.55 ^{+9.83}	118.30 ^{+51.41}	1.63 ^{+0.71}	...	0.17
663	10:06:23.46	-12:55:35.5	24.57 ^{+0.27}	0.55 ^{+0.45}	2.05 ^{+3.72}	39.45 ^{+70.07}	11.94 ^{+4.98}	52.73 ^{+13.47}	28.18 ^{+65.45}	2.84 ^{+1.10}	...	0.89
664	10:06:24.22	-12:55:32.2	22.65 ^{+0.22}	0.46 ^{+0.06}	7.66 ^{+1.86}	109.42 ^{+6.95}	14.49 ^{+2.16}	42.08 ^{+4.58}	138.18 ^{+30.71}	3.98 ^{+0.13}	1.29±0.03	1.01
665	10:06:22.77	-12:55:38.2	24.52 ^{+0.25}	0.33 ^{+0.44}	22.52 ^{+6.15}	90.89 ^{+87.24}	9.80 ^{+6.44}	57.19 ^{+12.30}	83.55 ^{+33.16}	4.02 ^{+0.29}	...	2.24
666	10:06:24.94	-12:54:88.1	23.12 ^{+0.05}	0.00 ^{+0.00}	7.61 ^{+4.31}	105.93 ^{+10.64}	26.52 ^{+3.22}	52.70 ^{+10.13}	117.65 ^{+13.23}	4.32 ^{+0.39}	...	...
667	10:06:20.48	-12:55:46.3	23.93 ^{+0.24}	1.00 ^{+0.00}	50.67 ^{+2.59}	102.37 ^{+27.37}	7.69 ^{+18.88}	43.99 ^{+10.11}	226.46 ^{+146.51}	3.20 ^{+0.39}	...	1.68
668	10:06:18.52	-12:55:53.5	22.59 ^{+0.01}	0.00 ^{+0.01}	15.38 ^{+1.09}	86.47 ^{+5.67}	17.06 ^{+0.59}	58.87 ^{+1.66}	82.62 ^{+2.11}	4.50 ^{+0.03}	0.09±0.02	...
669	10:06:12.21	-12:55:79.7	24.26 ^{+0.16}	0.12 ^{+0.12}	17.23 ^{+8.92}	-83.84 ^{+6.60}	9.12 ^{+1.35}	53.90 ^{+12.48}	42.78 ^{+15.93}	3.65 ^{+0.27}	...	2.27
670	10:06:23.29	-12:55:33.8	24.71 ^{+0.40}	0.45 ^{+0.55}	4.12 ^{+12.82}	133.12 ^{+43.97}	11.48 ^{+5.93}	40.45 ^{+11.60}	123.72 ^{+58.45}	4.96 ^{+0.71}	...	2.01
671	10:06:19.06	-12:55:50.2	22.98 ^{+0.04}	0.00 ^{+0.00}	1.31 ^{+1.31}	95.88 ^{+6.86}	25.04 ^{+1.48}	77.23 ^{+1.65}	107.96 ^{+14.97}	3.37 ^{+0.04}	...	...
672	10:06:23.96	-12:54:89.8	22.98 ^{+0.07}	0.51 ^{+0.12}	8.17 ^{+4.03}	119.19 ^{+13.35}	21.79 ^{+4.02}	56.65 ^{+5.34}	178.91 ^{+12.40}	4.13 ^{+0.14}	1.35±0.04	1.17
673	10:06:23.62	-12:55:31.2	24.90 ^{+0.23}	0.65 ^{+0.35}	4.62 ^{+2.15}	106.18 ^{+75.12}	5.41 ^{+2.41}	28.20 ^{+27.84}	255.41 ^{+104.380}	5.04 ^{+1.10}	...	2.03
674	10:06:22.02	-12:55:37.6	23.86 ^{+0.11}	0.66 ^{+0.32}	12.26 ^{+4.84}	-62.94 ^{+103.14}	22.60 ^{+6.60}	61.88 ^{+18.75}	83.55 ^{+50.25}	4.43 ^{+0.45}	0.56±0.09	1.73
675	10:06:22.16	-12:55:36.7	24.40 ^{+0.37}	1.00 ^{+0.00}	12.06 ^{+17.03}	288.49 ^{+71.51}	21.65 ^{+4.79}	61.87 ^{+23.16}	-149.71 ^{+32.16}	5.41 ^{+1.59}	...	1.89
676	10:06:26.32	-12:54:78.5	23.38 ^{+0.11}	0.05 ^{+0.52}	11.98 ^{+9.47}	89.46 ^{+38.75}	13.64 ^{+2.20}	58.75 ^{+13.52}	146.57 ^{+18.05}	3.34 ^{+0.43}	...	2.22
677	10:06:12.52	-12:55:74.9	24.55 ^{+0.14}	0.21 ^{+0.21}	5.56 ^{+2.64}	272.34 ^{+69.48}	11.05 ^{+0.19}	77.72 ^{+11.67}	117.19 ^{+12.42}	3.69 ^{+0.35}	...	1.98

A. Lista de objetos detectados na imagem i'

718	10:06:19:86	-12:54:88.7	24.09 ^{+0.09}	0.73 ^{+0.27}	9.19 ^{+6.35}	0.38 ^{+0.32}	76.23 ^{+23.15}	15.03 ^{+8.00}	8.98 ^{+23.44}	165.31 ^{+90.68}	3.48 ^{+0.39}	...	1.21
719	10:06:14:69	-12:55:49.5	23.73 ^{+0.09}	0.31 ^{+0.20}	10.24 ^{+4.18}	0.31 ^{+0.28}	202.25 ^{+59.14}	14.89 ^{+2.48}	51.84 ^{+8.40}	89.59 ^{+21.12}	4.11 ^{+0.28}	...	1.74
720	10:06:10:71	-12:55:62.9	23.07 ^{+0.10}	0.00 ^{+0.04}	16.77 ^{+2.57}	0.08 ^{+0.05}	109.35 ^{+16.77}	25.31 ^{+2.87}	61.34 ^{+2.89}	96.39 ^{+6.35}	3.52 ^{+0.05}	...	...
721	10:06:20:66	-12:54:81.6	24.07 ^{+0.16}	0.21 ^{+0.25}	28.66 ^{+9.39}	0.26 ^{+0.24}	179.75 ^{+17.82}	16.17 ^{+2.19}	46.99 ^{+7.38}	163.89 ^{+17.75}	4.47 ^{+0.06}	...	2.26
722	10:06:23:52	-12:54:09.6	22.74 ^{+0.19}	0.00 ^{+0.00}	9.82 ^{+8.19}	0.27 ^{+0.01}	73.37 ^{+34.07}	21.73 ^{+1.66}	19.02 ^{+13.01}	40.66 ^{+28.49}	4.04 ^{+0.03}	...	...
723	10:06:14:58	-12:55:46.1	24.13 ^{+0.16}	0.16 ^{+0.19}	5.01 ^{+12.61}	0.14 ^{+0.14}	-4.94 ^{+56.57}	10.30 ^{+3.48}	43.41 ^{+7.81}	47.99 ^{+38.31}	4.55 ^{+0.21}	...	2.04
724	10:06:12:84	-12:55:52.8	23.59 ^{+0.06}	0.02 ^{+0.02}	6.37 ^{+6.37}	0.52 ^{+0.10}	83.73 ^{+36.14}	20.79 ^{+3.61}	59.11 ^{+5.05}	83.65 ^{+14.80}	4.33 ^{+0.12}	...	2.59
725	10:06:24:69	-12:54:03.4	23.28 ^{+0.05}	0.09 ^{+0.18}	38.63 ^{+3.29}	0.14 ^{+0.29}	60.10 ^{+48.91}	10.27 ^{+1.44}	40.29 ^{+16.05}	45.08 ^{+16.28}	2.75 ^{+0.36}	...	1.84
726	534	-12:55:48.5	24.24 ^{+0.08}	0.86 ^{+0.14}	2.38 ^{+1.90}	0.69 ^{+0.01}	93.78 ^{+37.09}	11.23 ^{+1.29}	79.24 ^{+12.60}	99.44 ^{+20.53}	4.94 ^{+0.52}	...	...
727	535	-12:55:49.2	23.15 ^{+0.04}	0.00 ^{+0.00}	18.40 ^{+7.41}	0.31 ^{+0.05}	100.38 ^{+13.17}	17.35 ^{+1.95}	62.05 ^{+2.61}	86.10 ^{+4.66}	4.56 ^{+0.04}	...	1.01
728	10:06:15:08	-12:55:40.4	24.33 ^{+0.17}	0.14 ^{+0.31}	4.05 ^{+9.76}	0.24 ^{+0.24}	186.71 ^{+97.36}	11.44 ^{+3.65}	36.24 ^{+11.57}	53.68 ^{+38.86}	4.13 ^{+0.37}	...	2.04
729	10:06:20:42	-12:54:77.9	24.10 ^{+0.34}	0.00 ^{+0.00}	16.81 ^{+4.05}	0.32 ^{+0.24}	98.59 ^{+51.32}	22.09 ^{+1.83}	85.00 ^{+16.82}	111.52 ^{+7.47}	4.95 ^{+0.32}	...	...
730	10:06:23:33	-12:54:65.7	22.77 ^{+0.03}	0.00 ^{+0.02}	13.90 ^{+2.44}	0.39 ^{+0.05}	7.26 ^{+5.00}	22.63 ^{+1.18}	66.10 ^{+2.63}	37.17 ^{+3.25}	3.41 ^{+0.04}	...	...
731	10:06:18:10	-12:54:87.2	24.53 ^{+0.33}	1.00 ^{+0.00}	45.17 ^{+13.60}	0.65 ^{+0.05}	162.28 ^{+13.75}	1.11 ^{+0.84}	72.60 ^{+12.40}	170.43 ^{+46.15}	3.52 ^{+0.46}	...	1.86
732	10:06:25:68	-12:54:54.8	22.76 ^{+0.10}	0.00 ^{+0.05}	19.35 ^{+8.89}	0.45 ^{+0.07}	179.63 ^{+11.30}	32.66 ^{+2.93}	72.78 ^{+2.71}	176.73 ^{+2.07}	3.93 ^{+0.08}	...	...
733	10:06:24:44	-12:54:59.7	24.53 ^{+0.20}	0.00 ^{+0.13}	24.18 ^{+3.76}	0.36 ^{+0.34}	199.29 ^{+36.21}	34.43 ^{+4.55}	81.44 ^{+3.56}	95.94 ^{+3.95}	3.94 ^{+0.35}	...	...
734	10:06:9:28	-12:55:01.6	22.77 ^{+0.02}	0.00 ^{+0.00}	28.04 ^{+3.11}	0.32 ^{+0.08}	203.19 ^{+22.40}	22.90 ^{+1.17}	60.04 ^{+2.75}	166.40 ^{+2.82}	3.78 ^{+0.05}	...	2.94
735	10:06:15:11	-12:55:36.7	22.98 ^{+0.04}	0.00 ^{+0.02}	4.95 ^{+2.06}	0.34 ^{+0.03}	157.61 ^{+5.07}	16.43 ^{+1.31}	44.04 ^{+2.75}	136.12 ^{+7.52}	3.64 ^{+0.11}	...	...
736	10:06:18:47	-12:54:82.5	24.50 ^{+0.26}	0.80 ^{+0.20}	8.86 ^{+5.50}	0.41 ^{+0.29}	112.45 ^{+30.28}	5.63 ^{+3.01}	26.72 ^{+8.33}	14.23 ^{+137.85}	4.20 ^{+0.29}	...	1.70
737	10:06:12:97	-12:55:44.9	24.51 ^{+0.09}	0.04 ^{+0.26}	11.10 ^{+7.98}	0.30 ^{+0.26}	124.33 ^{+43.74}	9.62 ^{+1.69}	55.69 ^{+12.32}	195.32 ^{+25.43}	3.79 ^{+0.31}	...	2.58
738	10:06:9:21	-12:55:59.9	24.60 ^{+0.30}	0.88 ^{+0.12}	35.14 ^{+23.62}	0.65 ^{+0.05}	131.65 ^{+19.19}	2.31 ^{+4.76}	78.38 ^{+6.62}	69.90 ^{+55.32}	4.93 ^{+0.73}	...	2.16
739	10:06:14:46	-12:55:35.6	24.43 ^{+0.42}	0.75 ^{+0.25}	18.05 ^{+8.68}	0.47 ^{+0.33}	71.24 ^{+28.27}	8.32 ^{+1.31}	81.14 ^{+8.16}	72.86 ^{+23.31}	4.15 ^{+0.39}	...	1.84
740	10:06:10:30	-12:55:52.3	23.14 ^{+0.09}	0.00 ^{+0.08}	26.82 ^{+8.69}	0.60 ^{+0.10}	89.29 ^{+33.53}	20.85 ^{+1.62}	48.21 ^{+5.44}	95.58 ^{+7.20}	4.45 ^{+0.16}	...	...
741	10:06:24:36	-12:59:57.1	24.19 ^{+0.07}	0.32 ^{+0.11}	8.11 ^{+4.02}	0.07 ^{+0.19}	193.44 ^{+49.92}	5.67 ^{+1.56}	49.46 ^{+12.40}	132.43 ^{+36.11}	4.15 ^{+0.38}	...	1.79
742	10:06:25:75	-12:59:51.2	22.89 ^{+0.01}	0.56 ^{+0.26}	6.29 ^{+1.95}	0.63 ^{+0.07}	95.86 ^{+37.79}	15.32 ^{+1.47}	36.44 ^{+3.86}	53.48 ^{+18.91}	3.80 ^{+0.69}	...	0.79
743	10:06:24:92	-12:59:54.4	24.38 ^{+0.16}	0.30 ^{+0.34}	21.21 ^{+5.14}	0.13 ^{+0.28}	133.06 ^{+30.70}	13.85 ^{+6.37}	67.49 ^{+12.98}	114.53 ^{+18.57}	3.52 ^{+0.17}	...	2.18
744	10:06:29:18	-12:59:36.6	24.45 ^{+0.10}	0.24 ^{+0.21}	6.94 ^{+17.62}	0.45 ^{+0.13}	-11.30 ^{+78.02}	8.21 ^{+3.09}	71.73 ^{+14.33}	93.32 ^{+14.89}	3.91 ^{+0.28}	...	1.95
745	10:06:19:09	-12:59:77.9	23.55 ^{+0.11}	0.08 ^{+0.29}	36.06 ^{+13.28}	0.33 ^{+0.34}	-49.23 ^{+64.00}	15.25 ^{+3.63}	25.77 ^{+20.28}	23.59 ^{+55.35}	4.97 ^{+0.35}	...	2.67
746	10:06:23:12	-12:59:00.3	24.13 ^{+0.10}	0.00 ^{+0.08}	6.63 ^{+2.80}	0.55 ^{+0.16}	14.75 ^{+26.39}	15.22 ^{+1.95}	36.24 ^{+11.82}	62.44 ^{+21.63}	3.67 ^{+0.46}	...	...
747	10:06:29:90	-12:59:32.1	24.12 ^{+0.09}	0.57 ^{+0.09}	19.29 ^{+3.26}	0.64 ^{+0.06}	98.47 ^{+15.30}	30.05 ^{+7.30}	12.44 ^{+40.18}	183.43 ^{+29.80}	3.41 ^{+0.18}	...	1.41
748	10:06:14:45	-12:60:36.0	22.16 ^{+0.06}	0.00 ^{+0.02}	7.01 ^{+10.81}	0.13 ^{+0.02}	69.61 ^{+27.13}	29.25 ^{+2.34}	44.24 ^{+4.48}	108.13 ^{+46.06}	4.46 ^{+0.01}	...	...
749	10:06:14:57	-12:60:34.8	24.95 ^{+0.02}	0.00 ^{+0.00}	15.34 ^{+2.93}	0.44 ^{+0.01}	116.07 ^{+5.69}	29.86 ^{+1.73}	42.21 ^{+9.68}	106.80 ^{+11.95}	3.36 ^{+0.02}	...	...
750	10:06:29:91	-12:59:31.1	23.66 ^{+0.09}	0.21 ^{+0.21}	10.58 ^{+9.04}	0.04 ^{+0.12}	159.13 ^{+34.28}	22.04 ^{+7.55}	62.08 ^{+11.56}	110.26 ^{+11.56}	3.76 ^{+0.27}	...	1.78
751	10:06:28:52	-12:59:36.5	24.06 ^{+0.15}	0.15 ^{+0.15}	5.64 ^{+14.87}	0.32 ^{+0.04}	150.73 ^{+60.96}	8.60 ^{+1.46}	4.77 ^{+4.77}	134.80 ^{+135.43}	3.13 ^{+0.25}	...	2.09
752	10:06:23:66	-12:59:56.2	24.88 ^{+0.27}	0.78 ^{+0.22}	27.69 ^{+14.80}	0.51 ^{+0.19}	110.39 ^{+47.91}	2.05 ^{+2.05}	30.50 ^{+31.91}	225.92 ^{+40.68}	4.73 ^{+0.63}	...	2.10
753	10:06:23:98	-12:59:54.8	24.50 ^{+0.08}	0.63 ^{+0.20}	1.68 ^{+3.35}	0.26 ^{+0.18}	309.37 ^{+50.63}	21.02 ^{+9.85}	3.37 ^{+14.29}	23.32 ^{+81.36}	4.36 ^{+0.24}	...	1.23
754	10:06:23:82	-12:59:55.4	23.27 ^{+0.04}	0.25 ^{+0.14}	22.13 ^{+6.90}	0.04 ^{+0.21}	25.37 ^{+54.60}	14.64 ^{+1.69}	80.60 ^{+25.40}	92.39 ^{+3.47}	3.49 ^{+0.34}	...	1.77
755	10:06:28:15	-12:59:37.5	24.57 ^{+0.16}	0.09 ^{+0.20}	9.75 ^{+4.31}	0.08 ^{+0.01}	-84.13 ^{+189.66}	18.96 ^{+1.99}	60.51 ^{+9.22}	96.17 ^{+9.70}	3.27 ^{+0.50}	...	2.13
756	10:06:29:42	-12:59:31.7	21.64 ^{+0.05}	0.09 ^{+0.09}	1.39 ^{+3.59}	0.32 ^{+0.08}	24.76 ^{+17.15}	26.79 ^{+1.99}	37.98 ^{+3.47}	86.73 ^{+5.86}	5.03 ^{+0.35}	...	1.65
757	10:06:15:79	-12:59:88.0	23.47 ^{+0.04}	0.00 ^{+0.12}	1.90 ^{+1.90}	0.36 ^{+0.04}	61.83 ^{+27.69}	11.71 ^{+0.86}	47.13 ^{+9.04}	74.69 ^{+13.02}	4.05 ^{+0.25}	...	...

758	10:06:23.68	-12:59:54.9	23.38±0.03	0.43±0.14	24.60±10.80	1.13.91	9.28±1.93	25.94±18.84	54.25±35.61	3.38±0.17	0.54±0.04	1.45
759	10:06:31.21	-12:58:83.4	24.09±0.03	0.15±0.37	2.47±5.30	68.96±39.57	12.24±6.32	44.78±11.25	111.34±35.55	4.79±0.31	...	1.91
760	10:06:22.68	-12:59:58.2	24.39±0.25	0.77±0.23	26.16±2.84	127.42±35.47	14.51±8.07	39.15±15.31	115.59±10.59	2.47±0.71	...	0.95
761	10:06:15.63	-12:59:86.6	24.34±0.20	0.78±0.22	16.48±14.54	232.33±105.94	16.80±8.59	3.24±19.58	80.65±51.06	4.01±0.34	...	1.82
762	10:06:27.65	-12:59:35.3	24.26±0.14	0.55±0.28	16.10±5.25	60.54±44.94	11.41±3.77	47.81±30.13	75.07±52.96	3.94±0.20	...	1.76
763	10:06:14.46	-12:59:89.6	23.33±0.08	0.00±0.05	6.18±7.41	93.76±39.99	14.59±1.62	58.26±5.04	32.00±8.82	3.80±0.14	1.23±0.06	...
764	10:06:30.46	-12:58:82.7	24.77±0.13	0.11±0.12	3.89±3.53	26.96±19.99	4.55±1.46	62.58±15.15	9.67±2.24	3.76±0.29	...	2.24
765	10:06:17.80	-12:59:74.2	24.54±0.28	0.32±0.30	2.44±4.66	106.31±130.89	17.09±7.49	53.45±31.55	119.02±39.41	4.37±0.54	...	1.75
766	10:06:25.23	-12:59:43.1	24.54±0.28	0.55±0.45	62.62±39.24	125.70±34.32	3.28±4.28	73.74±11.26	120.84±42.96	4.26±0.19	...	2.40
767	10:06:31.01	-12:58:79.0	24.33±0.11	0.30±0.30	11.28±7.80	-112.16±55.92	24.45±6.18	71.27±15.36	187.05±16.79	2.91±0.41	...	1.61
768	10:06:17.77	-12:59:73.7	24.14±0.28	0.14±0.14	16.44±16.14	-34.00±64.13	21.21±6.78	63.07±16.04	82.20±20.18	4.49±0.40	...	2.39
769	10:06:22.14	-12:59:54.9	21.48±0.04	0.00±0.00	13.93±9.00	101.03±0.45	22.45±0.64	49.06±1.90	108.90±1.90	4.61±0.00	0.27±0.01	...
770	10:06:29.75	-12:58:83.4	24.22±0.10	0.41±0.21	30.77±5.64	209.88±37.91	22.67±6.71	81.54±10.05	123.14±7.80	5.12±0.22	...	2.28
771	10:06:23.24	-12:59:50.1	23.62±0.16	0.03±0.18	2.41±7.21	-33.32±45.68	18.27±3.78	57.71±8.06	139.42±10.94	3.94±0.27	0.81±0.08	2.35
772	10:06:26.86	-12:59:34.6	23.52±0.07	0.73±0.11	46.60±11.99	165.60±50.49	12.03±2.93	71.22±16.35	151.76±12.76	3.28±0.30	0.83±0.06	1.48
773	10:06:30.81	-12:58:78.1	24.44±0.21	0.28±0.22	14.22±9.45	88.11±34.70	3.73±4.13	81.11±15.67	106.28±32.84	1.91±0.48	...	2.05
774	10:06:19.88	-12:59:62.9	24.41±0.09	0.68±0.39	12.35±6.21	12.35±6.21	10.70±4.13	83.21±17.91	176.12±25.82	3.76±0.47	...	0.14
775	10:06:24.92	-12:59:39.8	24.70±0.20	0.06±0.17	1.45±1.45	146.36±75.42	14.33±4.02	46.95±24.02	177.62±50.07	3.76±0.38	...	2.01
776	10:06:22.77	-12:59:48.4	24.60±0.22	0.35±0.46	10.38±1.92	-13.15±50.86	10.70±4.75	57.47±13.39	72.02±42.08	4.10±0.31	...	2.10
777	10:06:30.06	-12:58:78.2	24.03±0.20	0.32±0.23	8.36±13.86	-59.12±52.63	10.26±3.14	83.21±17.91	66.72±8.45	4.88±0.26	...	2.02
778	10:06:20.13	-12:59:59.1	24.00±0.13	0.55±0.20	8.47±3.95	158.93±58.72	10.07±5.66	67.96±10.37	150.38±35.12	4.36±0.16	0.77±0.04	1.69
779	10:06:20.98	-12:59:54.6	22.81±0.07	0.25±0.09	47.54±9.75	90.24±39.49	70.82±27.47	61.46±11.80	126.62±28.62	3.43±0.17	...	1.65
780	10:06:26.06	-12:59:32.9	24.75±0.19	0.58±0.28	29.44±7.11	73.97±31.52	7.49±4.17	64.39±20.61	94.60±24.27	5.73±0.26	...	2.21
781	10:06:16.75	-12:59:70.1	24.86±0.17	0.94±0.35	29.01±15.48	149.81±33.50	13.84±19.26	73.46±11.14	292.06±59.73	4.80±0.36	...	2.15
782	10:06:22.49	-12:59:45.7	24.11±0.14	0.88±0.12	33.01±4.91	113.12±15.93	49.49±15.74	28.69±7.47	188.07±73.10	3.98±0.93	...	1.79
783	10:06:19.44	-12:59:57.8	23.71±0.07	0.46±0.13	31.36±8.61	164.45±20.00	12.23±1.53	72.26±11.80	92.48±8.93	4.51±0.14	1.14±0.06	1.98
784	10:06:26.20	-12:58:89.2	24.41±0.13	0.51±0.45	21.38±9.29	24.66±58.31	2.20±1.29	51.26±22.62	47.12±43.50	3.86±0.25	...	2.07
785	10:06:26.29	-12:58:87.8	24.68±0.15	0.72±0.24	0.38±1.02	53.65±82.41	10.35±2.22	41.56±41.56	145.00±94.69	5.20±0.29	...	0.89
786	10:06:20.27	-12:59:52.1	23.09±0.03	0.56±0.06	22.05±0.38	-33.88±36.20	7.55±1.72	56.80±4.42	4.21±0.92	4.21±0.92	...	1.40
787	10:06:31.36	-12:58:66.3	21.43±0.02	0.00±0.00	17.14±1.28	117.90±1.49	37.23±3.78	73.58±0.76	129.07±0.73	3.74±0.01	0.08±0.01	...
788	10:06:29.18	-12:58:75.2	24.00±0.02	0.00±0.07	9.24±6.29	-12.37±32.14	29.06±3.24	78.09±2.40	90.64±3.26	4.00±0.07	...	...
789	10:06:22.49	-12:59:42.7	23.65±0.15	0.12±0.12	27.97±6.66	116.08±40.14	17.49±3.72	56.31±10.95	88.54±12.99	3.76±0.36	0.86±0.07	2.29
790	10:06:28.52	-12:58:77.5	24.84±0.22	0.81±0.19	11.17±2.44	44.71±97.87	5.49±4.73	34.46±13.28	12.00±74.34	4.09±0.89	...	1.94
791	10:06:29.17	-12:58:74.3	24.11±0.03	0.07±0.07	5.42±9.06	97.50±29.89	40.97±9.05	78.96±3.16	89.41±3.46	4.05±0.13	...	2.30
792	10:06:20.29	-12:59:50.7	24.20±0.10	0.94±0.06	12.65±4.10	97.51±18.38	18.25±12.28	52.06±9.59	177.96±49.11	4.41±0.16	...	1.53
793	10:06:21.76	-12:59:44.4	21.88±0.03	0.37±0.09	11.67±2.23	93.52±14.90	26.45±2.88	54.53±3.85	46.33±4.33	4.26±0.12	1.08±0.02	0.97
794	10:06:31.08	-12:58:05.1	19.98±0.01	0.01±0.02	1.20±1.20	81.32±40.32	8.65±0.89	39.27±0.73	69.88±2.32	4.09±0.03	-0.04±0.00	0.89
795	10:06:19.74	-12:59:51.6	24.40±0.10	0.49±0.17	4.01±5.47	84.84±40.32	18.66±4.40	75.12±9.88	118.25±14.61	3.95±0.24	...	1.43
796	10:06:17.62	-12:59:60.2	22.03±0.06	0.24±0.06	1.70±1.70	113.02±6.36	22.43±1.65	42.38±5.25	144.59±13.20	3.89±0.09	...	1.14
797	10:06:23.95	-12:59:33.7	24.21±0.13	0.69±0.28	15.31±8.12	282.30±100.03	3.05±6.29	69.73±13.77	10.97±54.07	3.51±0.50	...	1.67

798	10:06:14.76	-12:59:71.5	23.25±0.12	0.09±0.10	11.69±5.36	0.28±0.31	51.12±46.93	25.53±10.04	57.03±11.13	-2.04±22.13	4.28±0.74	0.78±0.06	2.28
799	10:06:23.81	-12:59:33.6	24.26±0.22	0.77±0.25	8.85±5.98	0.18±0.38	-55.48±73.29	6.57±8.62	17.59±13.21	-100.64±34.95	3.62±0.46	...	1.48
800	10:06:20.54	-12:59:46.6	24.02±0.34	0.97±0.03	35.51±16.93	0.65±0.05	-26.01±23.37	15.84±13.98	25.61±25.03	-242.46±169.81	2.38±0.52	...	1.01
801	10:06:17.16	-12:59:60.6	23.53±0.05	0.02±0.15	13.59±3.82	0.54±0.14	84.10±48.73	11.07±10.23	60.02±25.61	97.27±7.78	3.70±0.53	...	2.60
802	10:06:28.78	-12:58:71.8	23.17±0.03	0.06±0.02	17.15±1.90	0.52±0.13	-50.71±19.39	10.01±1.88	33.98±13.01	23.27±2.91	4.00±0.22	0.35±0.03	2.29
803	10:06:19.39	-12:59:50.3	24.11±0.17	0.70±0.32	5.20±3.68	0.12±0.35	168.07±191.93	14.38±5.76	19.19±30.30	179.00±109.89	3.77±0.35	...	1.45
804	10:06:24.49	-12:58:89.1	23.66±0.14	0.11±0.10	6.35±3.24	0.56±0.12	29.48±38.94	29.83±7.33	80.29±14.16	71.63±7.33	4.13±0.33	1.15±0.07	2.12
805	10:06:15.21	-12:59:67.4	23.52±0.18	0.32±0.17	13.28±5.74	0.61±0.09	64.00±14.14	35.74±8.29	58.02±19.85	80.51±33.69	4.31±0.37	...	2.01
806	10:06:26.76	-12:58:79.5	24.81±0.28	0.28±0.45	23.39±1.47	0.50±0.20	119.69±50.61	5.00±3.33	21.97±32.35	3.78±0.24	3.25±84.82	...	2.32
807	10:06:25.82	-12:58:82.3	22.68±0.03	0.25±0.10	8.05±4.51	0.67±0.03	134.17±17.81	16.96±1.27	55.42±2.48	168.66±5.17	3.82±0.11	0.36±0.02	1.24
808	10:06:14.96	-12:59:66.8	21.71±0.02	0.00±0.01	15.49±5.93	0.41±0.02	48.98±7.92	24.24±1.06	23.21±5.14	40.48±11.05	4.37±0.01	0.18±0.01	...
809	10:06:15.53	-12:59:64.4	23.94±0.14	0.95±0.16	15.47±5.24	0.45±0.12	58.21±20.58	21.71±21.71	29.71±29.27	123.19±45.03	5.26±0.40	...	1.68
810	10:06:25.58	-12:58:82.1	24.78±0.22	0.00±0.04	2.12±1.26	0.20±0.22	12.08±26.58	18.54±2.60	83.49±1.51	52.73±9.39	3.81±0.27	...	...
811	10:06:16.25	-12:59:60.4	23.05±0.04	0.00±0.02	8.08±7.14	0.44±0.02	110.63±4.95	24.27±1.86	75.57±2.13	95.38±3.80	4.07±0.04	0.89±0.04	...
812	10:06:30.19	-12:58:62.2	24.74±0.32	0.96±0.32	50.85±13.61	0.25±0.25	-81.06±62.52	6.96±6.05	77.57±35.95	114.26±60.02	4.54±0.50	...	2.13
813	10:06:20.94	-12:59:40.3	24.53±0.27	0.76±0.11	72.87±11.51	0.61±0.08	70.68±30.55	2.06±5.38	82.70±2.30	25.60±153.22	2.44±0.48	...	1.36
814	10:06:15.49	-12:59:62.9	24.10±0.07	0.45±0.13	3.40±3.40	0.15±0.09	-117.48±76.37	49.99±12.00	74.78±10.92	77.95±11.04	4.53±0.39	...	1.36
815	10:06:18.11	-12:59:50.6	23.63±0.18	0.32±0.14	13.76±5.59	0.46±0.38	327.01±32.99	18.04±3.89	46.72±16.87	190.92±23.94	3.58±0.27	...	1.92
816	10:06:16.97	-12:59:55.3	24.30±0.35	0.86±0.34	16.55±6.90	0.50±0.20	-17.23±23.93	49.50±5.23	49.43±35.57	-82.07±59.16	2.02±0.50	...	0.31
817	10:06:14.85	-12:59:03.7	24.07±0.12	0.29±0.26	18.03±10.90	0.09±0.29	-6.54±87.28	10.49±2.40	72.64±12.36	26.15±10.84	2.98±0.25	...	1.63
818	10:06:24.91	-12:58:81.8	24.61±0.39	0.04±0.44	4.45±3.97	0.31±0.39	298.50±61.50	13.66±4.15	68.73±16.27	124.52±25.34	6.69±0.31	...	2.70
819	10:06:23.33	-12:58:87.9	23.39±0.04	0.96±0.07	15.15±2.50	0.70±0.04	89.48±3.45	2.23±2.23	43.14±21.68	154.49±29.90	4.46±0.48	...	1.29
820	10:06:16.31	-12:59:56.6	24.67±0.50	0.83±0.12	15.43±12.40	0.50±0.20	203.07±131.96	3.08±5.50	12.06±12.06	-202.96±152.07	3.48±0.45	...	1.83
821	10:06:27.47	-12:58:70.3	24.46±0.44	0.00±0.10	11.20±10.93	0.43±0.42	-70.04±463.28	25.36±6.83	72.97±12.07	39.24±8.34	4.99±0.18	...	...
822	10:06:20.31	-12:59:39.7	24.78±0.33	0.25±0.25	45.31±29.49	0.39±0.20	53.23±42.45	2.95±1.58	52.08±34.83	51.49±28.01	4.20±0.23	...	2.66
823	10:06:19.82	-12:59:41.1	24.01±0.11	0.90±0.17	52.60±5.53	0.34±0.08	106.08±19.16	0.85±3.34	72.75±11.67	2.03±34.57	4.64±0.13	...	1.98
824	10:06:16.79	-12:59:53.7	24.03±0.43	0.22±0.32	25.86±14.39	0.47±0.11	38.80±75.60	22.06±1.76	61.11±18.52	60.01±39.99	5.29±0.37	...	2.54
825	10:06:24.06	-12:58:83.5	24.37±0.05	1.00±0.00	59.24±17.79	0.68±0.02	50.04±26.25	0.74±1.13	3.89±7.56	-37.55±108.04	4.24±0.35	...	2.10
826	10:06:21.58	-12:59:33.0	22.54±0.02	0.21±0.08	21.01±3.10	0.65±0.18	62.19±11.03	11.09±0.74	22.75±6.52	97.06±18.22	3.30±0.13	0.63±0.02	1.31
827	10:06:20.12	-12:59:38.9	24.75±0.04	0.88±0.12	17.12±18.67	0.61±0.09	264.55±86.84	2.11±2.04	66.20±30.80	-9.40±113.64	3.71±0.73	...	1.98
828	10:06:15.78	-12:59:56.8	24.30±0.06	0.03±0.15	7.68±6.15	0.15±0.15	85.27±16.23	9.64±2.15	68.11±8.06	91.85±8.85	4.97±0.30	...	...
829	10:06:16.69	-12:59:52.8	24.59±0.25	0.73±0.36	11.40±8.96	0.61±0.40	81.96±29.64	28.71±16.30	67.95±17.05	61.63±34.54	3.66±0.37	...	1.76
831	10:06:27.00	-12:58:67.5	24.52±0.07	0.09±0.09	4.58±2.95	0.19±0.12	-17.89±27.41	10.24±1.58	21.40±19.29	12.12±56.47	3.76±0.29	...	1.98
832	10:06:22.61	-12:58:87.9	24.09±0.10	0.45±0.14	5.01±4.22	0.54±0.21	32.16±86.73	23.71±5.15	8.02±8.02	-2.19±80.06	3.89±0.31	...	1.65
833	10:06:29.56	-12:58:59.1	22.85±0.10	0.00±0.02	9.78±5.53	0.50±0.20	91.99±36.78	8.84±3.94	80.14±4.86	115.17±12.82	4.33±0.32	...	1.87
834	10:06:17.92	-12:59:47.1	24.87±0.53	0.71±0.53	19.80±17.94	0.26±0.02	121.24±5.85	49.14±4.07	78.51±1.48	133.26±11.11	4.06±0.02	1.15±0.06	...
835	10:06:30.68	-12:58:54.1	23.47±0.10	0.01±0.08	6.58±3.66	0.22±0.07	-128.96±68.57	11.27±5.33	69.82±15.18	109.80±65.00	5.46±0.50	0.76±0.05	2.23
836	10:06:19.84	-12:59:38.7	24.00±0.11	0.81±0.18	18.21±8.30	0.66±0.17	712.66±10.68	18.64±2.87	63.55±21.44	85.28±6.14	4.48±0.20	...	2.73
837	10:06:29.59	-12:58:58.2	24.07±0.04	0.00±0.00	13.12±0.99	0.52±0.01	139.90±3.62	34.69±9.29	42.19±15.58	70.20±84.04	3.25±0.46	...	...

838	10:06:29.92	-12:58:56.6	24.78 ^{+0.13}	0.65 ^{+0.35}	27.76 ^{+16.81}	102.48 ^{+35.92}	7.07 ^{+0.57}	80.07 ^{+4.93}	82.07 ^{+41.33}	3.72 ^{+0.50}	...	1.95
839	10:06:22.74	-12:58:86.3	24.36 ^{+0.12}	0.61 ^{+0.19}	40.00 ^{+4.98}	287.76 ^{+72.50}	0.23 ^{+1.09}	53.59 ^{+25.38}	70.95 ^{+92.81}	3.43 ^{+0.46}	...	1.78
840	10:06:22.90	-12:58:85.4	24.33 ^{+0.14}	0.11 ^{+0.27}	26.11 ^{+12.64}	169.80 ^{+59.45}	17.14 ^{+4.26}	71.87 ^{+7.69}	155.92 ^{+8.67}	4.20 ^{+0.11}	...	2.55
841	10:06:13.39	-12:59:64.6	23.89 ^{+0.13}	0.30 ^{+0.35}	5.73 ^{+9.37}	100.56 ^{+62.02}	7.62 ^{+2.92}	71.89 ^{+10.64}	111.64 ^{+13.93}	5.14 ^{+0.24}	...	1.88
842	10:06:18.45	-12:59:43.6	22.48 ^{+0.03}	0.00 ^{+0.33}	33.20 ^{+3.42}	51.81 ^{+16.51}	18.02 ^{+1.05}	32.07 ^{+6.36}	36.70 ^{+11.42}	4.38 ^{+0.07}	0.74 ^{± 0.02}	...
843	10:06:22.70	-12:58:85.7	24.06 ^{+0.12}	0.59 ^{+0.31}	7.80 ^{+4.05}	92.51 ^{+21.18}	26.23 ^{+7.58}	35.24 ^{+16.40}	84.50 ^{+39.37}	4.56 ^{+0.26}	...	1.66
844	10:06:18.98	-12:59:40.0	24.47 ^{+0.22}	0.77 ^{+0.15}	30.50 ^{+22.82}	55.85 ^{+29.95}	2.44 ^{+2.48}	25.29 ^{+35.29}	27.63 ^{+53.69}	2.87 ^{+0.79}	...	1.56
845	10:06:17.02	-12:59:48.0	22.19 ^{+0.02}	0.43 ^{+0.06}	21.84 ^{+5.04}	109.12 ^{+11.91}	17.86 ^{+2.92}	64.43 ^{+3.24}	103.87 ^{+3.29}	3.94 ^{+0.07}	1.05 ^{± 0.02}	1.18
846	10:06:30.99	-12:58:50.1	24.68 ^{+0.28}	0.96 ^{+0.04}	66.33 ^{+14.74}	70.42 ^{+7.15}	3.52 ^{+0.62}	14.96 ^{+27.43}	50.69 ^{+104.94}	3.66 ^{+0.37}	...	1.94
847	10:06:30.48	-12:58:51.6	24.86 ^{+0.20}	0.11 ^{+0.33}	11.99 ^{+3.62}	271.41 ^{+59.78}	18.94 ^{+6.70}	81.20 ^{+13.45}	128.05 ^{+11.47}	3.23 ^{+0.18}	...	2.21
848	10:06:24.37	-12:58:76.8	23.37 ^{+0.06}	0.47 ^{+0.26}	20.49 ^{+11.79}	125.21 ^{+22.74}	13.42 ^{+4.84}	10.09 ^{+41.04}	113.95 ^{+41.73}	3.74 ^{+0.24}	1.32 ^{± 0.05}	1.53
849	10:06:30.91	-12:58:49.2	23.12 ^{+0.04}	0.59 ^{+0.07}	16.20 ^{+3.54}	45.26 ^{+16.95}	9.36 ^{+1.97}	60.85 ^{+30.09}	87.54 ^{+24.63}	4.19 ^{+0.16}	1.31 ^{± 0.03}	1.34
850	10:06:16.83	-12:59:47.3	21.55 ^{+0.01}	0.38 ^{+0.03}	13.77 ^{+1.35}	-60.82 ^{+2.77}	47.47 ^{+2.40}	64.96 ^{+1.50}	15.11 ^{+2.11}	4.26 ^{+0.06}	0.87 ^{± 0.01}	0.83
851	10:06:22.71	-12:58:82.9	24.60 ^{+0.53}	0.44 ^{+0.36}	0.03 ^{+9.31}	335.25 ^{+24.75}	29.21 ^{+1.22}	75.29 ^{+9.71}	141.39 ^{+93.40}	4.05 ^{+0.46}	...	0.20
852	10:06:21.43	-12:58:88.1	23.23 ^{+0.10}	0.00 ^{+0.07}	25.91 ^{+1.30}	137.57 ^{+32.05}	22.19 ^{+1.98}	55.60 ^{+6.66}	114.58 ^{+6.64}	3.74 ^{+0.15}	0.94 ^{± 0.05}	...
853	10:06:23.46	-12:58:79.4	24.64 ^{+0.17}	0.19 ^{+0.37}	17.02 ^{+5.30}	293.08 ^{+56.76}	10.56 ^{+6.58}	20.03 ^{+27.71}	-25.25 ^{+122.01}	3.25 ^{+0.55}	...	2.08
854	10:06:24.57	-12:58:74.6	23.99 ^{+0.24}	0.00 ^{+0.00}	1.74 ^{+1.28}	27.06 ^{+13.32}	19.37 ^{+4.93}	45.99 ^{+12.62}	82.59 ^{+24.36}	3.58 ^{+0.09}	...	...
855	10:06:27.47	-12:58:62.1	23.48 ^{+0.04}	0.04 ^{+0.22}	45.81 ^{+0.84}	125.74 ^{+32.19}	15.03 ^{+1.13}	56.44 ^{+5.78}	105.47 ^{+5.36}	3.76 ^{+0.22}	0.49 ^{± 0.04}	2.65
856	10:06:28.19	-12:58:58.9	22.66 ^{+0.02}	0.00 ^{+0.04}	8.69 ^{+3.30}	190.19 ^{+19.33}	12.81 ^{+0.54}	44.68 ^{+2.59}	125.28 ^{+7.07}	3.81 ^{+0.03}	...	...
857	10:06:20.26	-12:59:31.1	24.24 ^{+0.24}	0.59 ^{+0.59}	16.15 ^{+7.10}	121.46 ^{+35.58}	4.82 ^{+2.89}	18.02 ^{+28.19}	186.13 ^{+81.82}	3.81 ^{+0.29}	...	1.80
858	10:06:23.81	-12:58:76.3	24.70 ^{+0.23}	0.00 ^{+0.12}	4.42 ^{+15.43}	5.20 ^{+66.33}	16.24 ^{+2.42}	50.06 ^{+15.53}	143.12 ^{+28.87}	4.29 ^{+0.40}	...	...
859	10:06:19.38	-12:59:34.6	24.88 ^{+0.20}	0.76 ^{+0.29}	3.00 ^{+3.00}	93.29 ^{+61.67}	4.29 ^{+16.51}	46.39 ^{+28.64}	223.96 ^{+70.72}	2.74 ^{+0.64}	...	0.79
860	10:06:23.10	-12:58:78.2	24.11 ^{+0.16}	0.50 ^{+0.25}	15.87 ^{+5.31}	84.62 ^{+36.76}	18.77 ^{+5.04}	26.81 ^{+26.81}	172.64 ^{+60.90}	3.67 ^{+0.29}	...	1.66
861	10:06:14.01	-12:59:55.5	24.49 ^{+0.16}	0.07 ^{+0.16}	7.93 ^{+3.86}	158.87 ^{+40.58}	19.69 ^{+1.73}	51.93 ^{+5.93}	68.31 ^{+25.13}	2.87 ^{+0.39}	...	2.08
862	10:06:26.21	-12:58:64.2	21.57 ^{+0.01}	0.00 ^{+0.00}	15.04 ^{+0.31}	173.54 ^{+14.26}	28.00 ^{+0.60}	47.67 ^{+1.39}	163.91 ^{+1.72}	4.15 ^{+0.01}	0.31 ^{± 0.01}	...
863	10:06:16.38	-12:59:44.3	24.23 ^{+0.10}	0.06 ^{+0.15}	1.36 ^{+1.68}	187.30 ^{+72.99}	21.06 ^{+6.68}	72.39 ^{+9.68}	114.61 ^{+21.84}	4.55 ^{+0.57}	...	2.18
864	10:06:15.95	-12:59:46.1	22.81 ^{+0.07}	0.10 ^{+0.07}	1.75 ^{+1.75}	74.95 ^{+42.23}	21.82 ^{+3.65}	69.11 ^{+4.39}	81.96 ^{+4.97}	4.55 ^{+0.14}	0.60 ^{± 0.04}	1.66
865	10:06:16.26	-12:59:44.5	24.25 ^{+0.05}	0.80 ^{+0.20}	51.27 ^{+35.34}	161.14 ^{+51.94}	3.49 ^{+2.58}	13.47 ^{+29.12}	154.87 ^{+72.94}	3.26 ^{+0.41}	...	1.77
866	10:06:16.52	-12:58:80.7	23.02 ^{+0.15}	0.67 ^{+0.31}	25.05 ^{+12.13}	130.95 ^{+0.86}	26.65 ^{+6.40}	57.63 ^{+13.47}	199.43 ^{+64.77}	4.04 ^{+0.26}	1.18 ^{± 0.05}	1.49
867	10:06:16.52	-12:59:43.0	24.42 ^{+0.19}	0.11 ^{+0.32}	2.94 ^{+3.44}	52.59 ^{+81.76}	8.24 ^{+3.93}	19.09 ^{+23.34}	1.90 ^{+81.26}	2.91 ^{+0.71}	...	1.69
868	10:06:18.30	-12:59:35.6	24.39 ^{+0.31}	0.75 ^{+0.25}	20.32 ^{+2.69}	23.97 ^{+110.85}	32.15 ^{+28.19}	21.56 ^{+20.98}	120.28 ^{+112.44}	3.08 ^{+0.54}	...	1.52
869	10:06:20.42	-12:58:86.0	23.16 ^{+0.04}	0.00 ^{+0.00}	14.66 ^{+1.02}	138.85 ^{+7.23}	122.62 ^{+15.78}	85.00 ^{+1.51}	152.71 ^{+2.76}	3.53 ^{+0.05}	...	...
870	10:06:14.71	-12:59:49.6	21.17 ^{+0.02}	0.41 ^{+0.04}	24.58 ^{+0.78}	104.40 ^{+4.88}	23.80 ^{+0.84}	27.28 ^{+4.60}	139.64 ^{+11.00}	4.19 ^{+0.08}	1.06 ^{± 0.01}	0.93
871	10:06:16.35	-12:59:42.4	22.83 ^{+0.05}	0.94 ^{+0.12}	26.42 ^{+1.37}	114.21 ^{+7.51}	17.26 ^{+3.50}	29.69 ^{+5.62}	181.55 ^{+46.39}	4.58 ^{+0.21}	1.06 ^{± 0.03}	1.20
872	10:06:20.48	-12:58:84.9	24.16 ^{+0.21}	0.00 ^{+0.06}	22.58 ^{+6.57}	191.43 ^{+23.14}	82.20 ^{+33.14}	85.00 ^{+0.00}	151.54 ^{+2.75}	4.41 ^{+0.18}	...	...
873	10:06:20.52	-12:58:84.3	24.18 ^{+0.13}	0.00 ^{+0.00}	22.58 ^{+8.42}	172.81 ^{+5.31}	70.67 ^{+13.74}	85.00 ^{+0.23}	151.52 ^{+3.28}	4.08 ^{+0.18}	...	...
874	10:06:27.61	-12:58:54.6	24.53 ^{+0.41}	0.20 ^{+0.41}	6.39 ^{+4.07}	85.23 ^{+44.93}	13.47 ^{+14.57}	58.79 ^{+26.21}	15.38 ^{+48.51}	3.67 ^{+0.30}	...	2.17
875	10:06:27.62	-12:58:55.5	24.69 ^{+0.25}	0.54 ^{+0.33}	12.65 ^{+8.92}	-65.92 ^{+71.66}	8.87 ^{+2.23}	57.96 ^{+35.06}	177.33 ^{+39.94}	4.04 ^{+0.40}	...	1.97
876	10:06:23.32	-12:58:72.3	24.85 ^{+0.10}	0.65 ^{+0.12}	6.76 ^{+2.52}	38.42 ^{+33.57}	18.44 ^{+3.46}	77.88 ^{+17.75}	133.79 ^{+84.56}	3.35 ^{+0.30}	...	1.32
877	10:06:28.31	-12:58:51.5	23.75 ^{+0.04}	0.00 ^{+0.06}	15.38 ^{+9.27}	155.58 ^{+14.28}	32.92 ^{+2.96}	75.80 ^{+3.86}	170.26 ^{+5.05}	3.84 ^{+0.14}	...	...

878	174	10:06:16.35	-12:59:40.9	22.59 ^{+0.02} _{-0.04}	0.53 ^{+0.05} _{-0.05}	6.05 ^{+1.61} _{-0.72}	0.61 ^{+0.09} _{-0.08}	104.79 ^{+8.29} _{-8.92}	16.83 ^{+2.49} _{-1.95}	32.22 ^{+3.93} _{-3.83}	104.62 ^{+27.39} _{-22.41}	3.70 ^{+0.14} _{-0.15}	1.15 ^{±0.02}	0.63
879	112	10:06:28.55	-12:58:49.8	22.95 ^{+0.05} _{-0.04}	0.24 ^{+0.05} _{-0.04}	48.07 ^{+1.64} _{-1.39}	0.30 ^{+0.14} _{-0.14}	161.12 ^{+4.29} _{-4.66}	15.23 ^{+1.03} _{-0.93}	53.17 ^{+5.61} _{-5.47}	157.31 ^{+5.30} _{-5.30}	3.89 ^{+0.22} _{-0.22}	0.33 ^{±0.03}	1.94
880	10:06:23.46	-12:58:70.7	23.56 ^{+0.05} _{-0.05}	0.05 ^{+0.16} _{-0.16}	10.31 ^{+2.43} _{-2.43}	0.32 ^{+0.09} _{-0.09}	66.47 ^{+36.86} _{-61.21}	13.21 ^{+2.35} _{-2.35}	55.89 ^{+8.47} _{-8.47}	86.94 ^{+6.62} _{-6.75}	86.94 ^{+6.62} _{-6.75}	4.03 ^{+0.28} _{-0.28}	0.49 ^{±0.04}	2.35
881	144	10:06:21.61	-12:58:78.5	23.31 ^{+0.05} _{-0.05}	0.03 ^{+0.11} _{-0.11}	8.55 ^{+4.90} _{-4.90}	0.41 ^{+0.18} _{-0.18}	67.29 ^{+24.94} _{-21.53}	7.75 ^{+1.00} _{-0.99}	54.90 ^{+6.98} _{-6.98}	78.40 ^{+7.99} _{-7.99}	4.12 ^{+0.30} _{-0.30}	...	2.35
882	10:06:19.13	-12:58:87.2	23.21 ^{+0.09} _{-0.09}	0.30 ^{+0.09} _{-0.09}	1.04 ^{+1.04} _{-1.04}	0.27 ^{+0.28} _{-0.28}	242.72 ^{+1.93} _{-1.93}	19.80 ^{+6.04} _{-6.04}	19.80 ^{+6.04} _{-6.04}	62.43 ^{+1.37} _{-1.37}	88.20 ^{+13.88} _{-13.88}	4.16 ^{+0.25} _{-0.25}	...	1.09
883	191	10:06:13.71	-12:59:48.6	23.16 ^{+0.06} _{-0.04}	0.07 ^{+0.13} _{-0.13}	9.07 ^{+9.07} _{-9.07}	0.46 ^{+0.34} _{-0.34}	153.54 ^{+21.63} _{-46.84}	11.06 ^{+1.04} _{-1.04}	53.30 ^{+5.52} _{-5.52}	131.75 ^{+8.76} _{-8.76}	4.55 ^{+0.26} _{-0.26}	1.24 ^{±0.04}	2.22
884	10:06:23.93	-12:58:66.2	24.52 ^{+0.15} _{-0.15}	0.57 ^{+0.29} _{-0.29}	19.60 ^{+5.40} _{-5.40}	0.46 ^{+0.29} _{-0.29}	-50.21 ^{+4.24} _{-4.24}	33.18 ^{+10.99} _{-10.99}	33.18 ^{+10.99} _{-10.99}	72.86 ^{+6.73} _{-6.73}	106.49 ^{+16.34} _{-16.34}	4.53 ^{+0.21} _{-0.21}	...	1.92
885	149	10:06:20.76	-12:58:78.5	22.01 ^{+0.02} _{-0.02}	0.52 ^{+0.07} _{-0.07}	12.55 ^{+1.84} _{-1.84}	0.55 ^{+0.08} _{-0.08}	118.79 ^{+8.24} _{-8.24}	21.78 ^{+2.81} _{-2.81}	44.22 ^{+4.07} _{-4.07}	170.11 ^{+4.51} _{-4.51}	3.80 ^{+0.09} _{-0.09}	1.08 ^{±0.03}	0.76
886	124	10:06:24.81	-12:58:61.7	23.07 ^{+0.04} _{-0.04}	0.06 ^{+0.09} _{-0.09}	9.75 ^{+12.36} _{-12.36}	0.40 ^{+0.05} _{-0.05}	158.38 ^{+15.65} _{-15.65}	22.25 ^{+2.05} _{-2.05}	44.22 ^{+5.77} _{-5.77}	109.39 ^{+1.48} _{-1.48}	4.18 ^{+0.09} _{-0.09}	0.18 ^{±0.02}	2.11
887	113	10:06:27.70	-12:58:49.6	23.45 ^{+0.02} _{-0.02}	0.00 ^{+0.07} _{-0.07}	1.08 ^{+1.08} _{-1.08}	0.35 ^{+0.03} _{-0.03}	60.66 ^{+38.70} _{-38.70}	25.87 ^{+1.97} _{-1.97}	77.69 ^{+3.53} _{-3.53}	60.70 ^{+2.76} _{-2.76}	4.05 ^{+0.09} _{-0.09}	0.59 ^{±0.05}	2.65
888	10:06:19.69	-12:58:82.4	24.33 ^{+0.22} _{-0.22}	0.05 ^{+0.52} _{-0.52}	8.27 ^{+5.83} _{-5.83}	0.23 ^{+0.33} _{-0.33}	40.34 ^{+83.83} _{-89.40}	16.34 ^{+5.35} _{-5.35}	16.34 ^{+5.35} _{-5.35}	68.96 ^{+14.56} _{-14.56}	113.33 ^{+15.90} _{-15.90}	2.92 ^{+0.66} _{-0.66}	...	2.27
889	10:06:17.39	-12:59:31.7	23.84 ^{+0.61} _{-0.61}	0.34 ^{+0.34} _{-0.34}	9.37 ^{+9.37} _{-9.37}	0.21 ^{+0.21} _{-0.21}	257.47 ^{+57.73} _{-57.73}	10.06 ^{+4.08} _{-4.08}	10.06 ^{+4.08} _{-4.08}	35.17 ^{+27.58} _{-27.58}	185.74 ^{+142.79} _{-142.79}	4.91 ^{+0.44} _{-0.44}	...	2.30
890	10:06:20.60	-12:58:77.6	23.70 ^{+0.09} _{-0.09}	0.81 ^{+0.06} _{-0.06}	49.97 ^{+3.07} _{-3.07}	0.61 ^{+0.09} _{-0.09}	58.75 ^{+17.20} _{-17.20}	0.51 ^{+3.97} _{-3.97}	0.51 ^{+3.97} _{-3.97}	30.91 ^{+15.11} _{-15.11}	34.97 ^{+57.90} _{-57.90}	4.08 ^{+0.20} _{-0.20}	...	1.80
891	10:06:24.35	-12:58:61.9	24.46 ^{+0.17} _{-0.17}	0.72 ^{+0.16} _{-0.16}	5.06 ^{+4.91} _{-4.91}	0.07 ^{+0.27} _{-0.27}	178.61 ^{+44.21} _{-44.21}	7.59 ^{+2.47} _{-2.47}	7.59 ^{+2.47} _{-2.47}	75.50 ^{+5.50} _{-5.50}	135.53 ^{+29.87} _{-29.87}	4.60 ^{+0.30} _{-0.30}	...	1.51
892	10:06:28.48	-12:58:44.0	24.37 ^{+0.14} _{-0.14}	0.50 ^{+0.13} _{-0.13}	5.84 ^{+2.36} _{-2.36}	0.59 ^{+0.16} _{-0.16}	86.00 ^{+33.07} _{-33.07}	96.79 ^{+12.93} _{-12.93}	96.79 ^{+12.93} _{-12.93}	85.00 ^{+6.25} _{-6.25}	20.74 ^{+5.96} _{-5.96}	3.65 ^{+0.33} _{-0.33}	...	1.14
893	10:06:30.60	-12:58:35.1	24.40 ^{+0.13} _{-0.13}	0.26 ^{+0.39} _{-0.39}	14.40 ^{+9.77} _{-9.77}	0.42 ^{+0.13} _{-0.13}	134.16 ^{+49.76} _{-49.76}	13.98 ^{+3.86} _{-3.86}	13.98 ^{+3.86} _{-3.86}	68.79 ^{+16.21} _{-16.21}	158.52 ^{+14.53} _{-14.53}	3.56 ^{+0.29} _{-0.29}	...	2.09
894	10:06:28.35	-12:58:43.9	24.13 ^{+0.07} _{-0.07}	0.65 ^{+0.08} _{-0.08}	6.61 ^{+3.94} _{-3.94}	0.63 ^{+0.30} _{-0.30}	73.62 ^{+59.87} _{-59.87}	54.83 ^{+8.80} _{-8.80}	54.83 ^{+8.80} _{-8.80}	6.09 ^{+6.09} _{-6.09}	-54.64 ^{+38.30} _{-38.30}	3.71 ^{+0.36} _{-0.36}	...	1.14
895	10:06:24.24	-12:58:60.7	24.43 ^{+0.09} _{-0.09}	0.58 ^{+0.29} _{-0.29}	3.69 ^{+2.93} _{-2.93}	0.11 ^{+0.18} _{-0.18}	134.07 ^{+45.56} _{-45.56}	7.94 ^{+3.17} _{-3.17}	7.94 ^{+3.17} _{-3.17}	71.64 ^{+23.62} _{-23.62}	142.53 ^{+18.36} _{-18.36}	3.51 ^{+0.25} _{-0.25}	...	1.20
896	10:06:25.19	-12:58:56.7	21.42 ^{+0.01} _{-0.01}	0.06 ^{+0.03} _{-0.03}	34.78 ^{+5.05} _{-5.05}	0.48 ^{+0.04} _{-0.04}	146.28 ^{+17.55} _{-17.55}	17.47 ^{+0.28} _{-0.28}	17.47 ^{+0.28} _{-0.28}	48.11 ^{+1.25} _{-1.25}	121.64 ^{+1.66} _{-1.66}	3.25 ^{+0.04} _{-0.04}	0.10 ^{±0.01}	1.52
897	156	10:06:18.97	-12:58:82.1	23.09 ^{+0.03} _{-0.03}	0.40 ^{+0.13} _{-0.13}	15.91 ^{+6.98} _{-6.98}	0.48 ^{+0.08} _{-0.08}	108.59 ^{+24.21} _{-24.21}	17.63 ^{+3.39} _{-3.39}	76.04 ^{+6.77} _{-6.77}	169.99 ^{+3.95} _{-3.95}	3.71 ^{+0.13} _{-0.13}	1.14 ^{±0.04}	1.48
898	10:06:21.25	-12:58:72.0	24.73 ^{+0.43} _{-0.43}	0.52 ^{+0.48} _{-0.48}	16.71 ^{+7.54} _{-7.54}	0.61 ^{+0.09} _{-0.09}	-58.60 ^{+106.68} _{-106.68}	17.76 ^{+8.47} _{-8.47}	17.76 ^{+8.47} _{-8.47}	29.68 ^{+25.39} _{-25.39}	-37.18 ^{+145.32} _{-145.32}	3.36 ^{+0.51} _{-0.51}	...	1.92
899	10:06:16.77	-12:59:30.2	24.68 ^{+0.31} _{-0.31}	0.76 ^{+0.60} _{-0.60}	4.76 ^{+1.56} _{-1.56}	0.08 ^{+0.15} _{-0.15}	65.93 ^{+103.64} _{-103.64}	3.36 ^{+2.50} _{-2.50}	3.36 ^{+2.50} _{-2.50}	62.74 ^{+19.98} _{-19.98}	83.18 ^{+106.28} _{-106.28}	4.25 ^{+0.24} _{-0.24}	...	1.90
900	10:06:26.55	-12:58:49.3	24.12 ^{+0.09} _{-0.09}	0.22 ^{+0.24} _{-0.24}	6.84 ^{+14.86} _{-14.86}	0.43 ^{+0.23} _{-0.23}	119.48 ^{+53.92} _{-53.92}	8.55 ^{+2.46} _{-2.46}	8.55 ^{+2.46} _{-2.46}	53.87 ^{+14.66} _{-14.66}	6.59 ^{+19.74} _{-19.74}	4.11 ^{+0.35} _{-0.35}	...	1.93
901	169	10:06:18.13	-12:58:83.8	22.47 ^{+0.02} _{-0.02}	0.00 ^{+0.01} _{-0.01}	2.75 ^{+1.30} _{-1.30}	0.51 ^{+0.16} _{-0.16}	110.95 ^{+47.06} _{-47.06}	14.87 ^{+1.62} _{-1.62}	48.30 ^{+7.61} _{-7.61}	136.95 ^{+4.73} _{-4.73}	4.17 ^{+0.08} _{-0.08}	0.72 ^{±0.02}	...

B. ARTIGOS PUBLICADOS

B.1 Rembold & Pastoriza 2007

The cluster of galaxies LCDCS-S001: basic spectroscopic data and stellar population

S. B. Rembold^{*} and M. G. Pastoriza

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves 9500, CEP 91350-050, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil

Accepted 2006 October 20. Received 2006 October 19; in original form 2006 August 31

ABSTRACT

We present kinematic parameters and stellar population properties of selected galaxies in the high-redshift ($z = 0.7$) galaxy cluster LCDCS-S001, determined by spectroscopic data obtained with the Gemini multi-object spectrograph instrument in the Gemini South Observatory. The objects were selected in an i' -band cluster field image, and multi-object spectroscopic observations centred at 7500 \AA were performed for 40 objects. Spectral features were successfully identified for 20 objects, and used to determine the redshift of the cluster. We found that 12 objects are cluster members and estimate a median redshift of 0.709 for this cluster. The relative velocities of the cluster members were used to estimate the projected cluster mass, which was found to be $3.54 \times 10^{14+2.33}_{-1.41} M_{\odot}$. Lick and $D_n(4000)$ indices were measured and used to determine the stellar population properties of the galaxies, by means of a spectral synthesis through Bruzual & Charlot evolutive models. We found that the bulk of stellar population for the cluster members has a spectrum compatible with solar metallicity and an age between 3.0 and 7.0 Gyr; with only one exception, the flux contribution of younger ($t \leq 1.0$ Gyr) stars in the spectra does not exceed 25 per cent at 4200 \AA . Emission [O II] lines were detected for four galaxies, all of which showing a stronger contribution of young stars compared with other cluster galaxies. The equivalent width of the [O II] $\lambda 3727$ emission line was compared with Magris, Binette & Bruzual models for H II regions. We found good correspondence between our values and the theoretical predictions for solar metallicity and with star formation time-scales $1.0 < \tau < 3.0$ Gyr.

Key words: galaxies: clusters: general – galaxies: clusters: individual: LCDCS-S001 – galaxies: high-redshift – galaxies: stellar content.

1 INTRODUCTION

It is well known that clusters of galaxies are formed by three components: dark matter, intracluster medium (ICM) and galaxies. These components are affected by different physical processes evolving differently one from the other. Although these components may interact with each other this mechanism is still an open question.

Besides, clusters of galaxies are never isolated, being far from closed systems and may be affected by near large-scale structures. Consequently, the cluster parameters evolve in different time-scales depending on thermal, dissipative and dynamical properties of its mass component (Postman, Lubin & Oke 1998). The cluster mass controls the main properties of the system and its environment.

There are many observational facts that show strong difference between cluster galaxies at different redshifts. For example, there is evidence that a significant fraction of early-type galaxies in MS 1054-03 ($z = 0.83$) are merging, and that results in a signif-

icant scatter in the colour–magnitude relation relative to what is observed at $z < 0.5$ (van Dokkum et al. 2000). The fraction of cluster galaxies which show star formation is significantly higher at $z = 0.75$ (~ 50 per cent) than the fraction of the current epoch or even at $z = 0.5$ (Postman et al. 1998). It is quite important, therefore, to perform spectroscopic and photometric observations of cluster galaxies at redshift $0.5 < z < 1.0$, in order to understand how the cluster environment affects the galaxy evolution.

In this paper, we present the kinematic of the galaxy cluster candidate LCDCS-S001, selected from the Las Campanas Distant Cluster Survey (Gonzalez et al. 2001), with an estimated redshift of $z \sim 0.47$, as well as the stellar population properties of the cluster members. This paper is structured as follows. In Section 2 we present the observation and data reduction; in Section 3 we show the redshift determination for the galaxies and the determination of the median cluster redshift; in Section 4 we present the projected mass determination for the cluster; in Section 5 we detail the line indices measurements for absorption and emission lines, the spectral synthesis and the results regarding the stellar population parameters obtained for the cluster members; in Section 6 we present the determination

^{*}E-mail: sandro.rembold@ufrgs.br

of the absolute magnitudes and luminous masses estimations for the galaxies; our conclusions are drawn in Section 7. Throughout the paper, we will use $H_0 = 71$, $\Omega_M = 0.27$ and $\Omega_V = 0.73$.

2 OBSERVATIONS AND DATA REDUCTION

The spectroscopic observations were conducted using the Gemini multi-object spectrograph (GMOS) of the Gemini South observatory. The GMOS mask was built using as reference an i' filter image obtained with GMOS, which covered an area of 330×330 arcsec², with a total integration time of 300 s, using spatial binning of 2×2 pixels, with spatial scale of 0.146 arcsec pix⁻¹. Objects of interest were chosen based on their magnitude, apparent morphology and relative projected distance. Complete photometric data of all galaxies in the observed field will be given in a forthcoming paper. Two masks were needed to include 40 objects. Each mask was exposed 1200 s in order to reach a signal-to-noise ratio (S/N) higher than 3 per angstrom for objects of magnitude $i' = 20$.

The first steps were done using the standard GMOS reduction packages of IRAF. The raw two-dimensional multi-object images were bias-subtracted and flat-fielded using calibration images obtained at the same telescope configuration. A wavelength calibration was achieved by use of CuAr lamp images. The sky and the sources extraction is a very difficult task for objects with such low signal. First, the sky contribution is very hard to determine accurately for two-dimensional spectra with small spatial coverage; secondly, a one-dimensional spectrum of faint objects are hard to correctly trace and extract. The GMOS reduction packages estimates the sky contribution in a two-dimensional spectrum by fitting a function to the pixel points at each column of the slit (spatial dimension) in regions around the source, defined previously by the user. For short slits, the non-parallelity of the spectral dimension of the slit with the lines in the CCD causes the contamination of the regions defined as having purely sky contribution in a specific wavelength. This causes a superestimation or a subestimation of the sky contribution and the introduction of false features in the extracted spectra. To trace low-S/N objects, the GMOS tasks fail to determine the centre of the brightness profile, even in cases where this detection is easily feasible by eye.

To deal with these two important problems, we have adopted the following approach. With the IRAF task APALL, we have made two extractions for each object, both centred in the apparent centre of the brightest profile of the object at a specific wavelength. The first extraction (f_1) was set to the apparent diameter of the source, and the second (f_2) to the full diameter of the slit. Due to the low S/N, a fraction of all sources could not be traced, therefore the extractions of their spectra was not useful; for the fraction of the slits which were correctly traced, we have identified the general behaviour of the tracing function. Fig. 1 shows the tracing function (a Legendre polynomial of order 2) of 17 sources which were correctly traced by the task APALL. It is obvious from this figure that there is a common mean function which fits all slits with good accuracy, variations are inside 0.25 pixels from the mean. We have then determined the mean Legendre coefficient for the tracing and re-extracted the sources for which the tracing was not successful using this coefficient as a fixed parameter.

Having these two extractions centred in the object but with different apertures, we determine the pure emission of the object using the following considerations. The extractions can be written as

$$f_1(x) = \text{SKY}_{\tilde{\lambda}}(x) \Delta y_1 + \text{OBJ}(x), \quad (1)$$

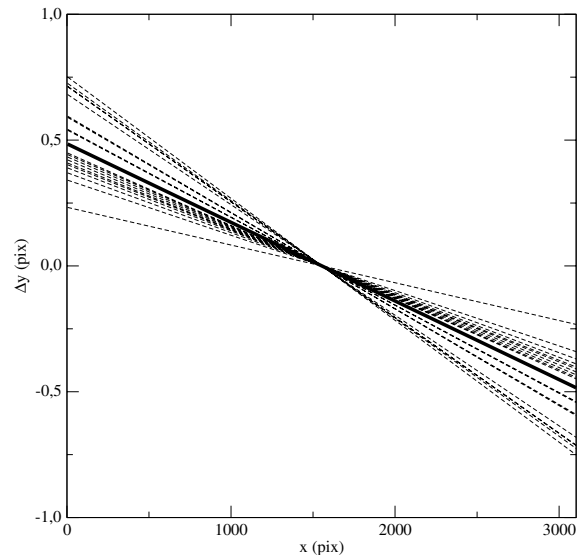


Figure 1. Tracing functions (pixel displacement Δy of the centre of the profile as a function of the x location in the CCD) of the sources in the mask # 1.

$$f_2(x) = \text{SKY}_{\tilde{\lambda}}(x) \Delta y_2 + \text{OBJ}(x), \quad (2)$$

where $\text{SKY}_{\tilde{\lambda}}(x)$ is the mean sky contribution at the (spectral) pixel x per angstrom, Δy_1 and Δy_2 are the extraction widths and $\text{OBJ}(x)$ is the integrated object contribution at the pixel x . Simple arithmetic leads us to

$$\text{OBJ}(x) = \frac{\Delta y_1}{\Delta y_2 - \Delta y_1} \left[\frac{\Delta y_2}{\Delta y_1} f_1(x) - f_2(x) \right], \quad (3)$$

and the sky contribution is straightforward to determine. We still have to take into account the fact that, at the slit borders, there will be sky contribution losses due to the variations in the object centre, which causes the centre of the extraction to vary as a function of x . This is done by correcting the sky contribution by a multiplication factor equal to the ratio of the flux which is lost in the tracing.

After these procedures, the three partial spectra of each object were combined. This combination is also a crucial step of the data reduction. Calculating the median of the spectra is very useful in cases where there are many extractions, but for three extractions it basically chooses the intermediate value among each three, what produces a not very robust result; the use of the average provides better continuum determination but does not allow cosmic rays removal. In order to minimize both problems, we have used the following prescription to combine the separate images: in a given wavelength, for each pair of the three measured values, the average and the s.d. σ of the mean was determined; if any value exceeded 3σ from the average, this value was discarded and the average of the other two was the result; if no value among the three satisfied in this condition, then the average of the three points was taken. This clipping algorithm has the advantages of the average calculation while allowing correction for deviant pixels.

The final step was to flux calibrate the spectra, which was done using a spectrophotometric standard star. The standard star spectrum did not cover the full wavelength range, being useful only up to 7000 \AA . The IRAF task CALIBRATE was used to determine the flux calibration. No telluric correction was applied, once telluric standard stars were not observed.

Although we took a lot of care in the data reduction, the very intense sky emission lines still present features around $6000\text{--}11\,000 \text{ \AA}$

Table 1. Prominent features, i'_{AB} integrated magnitudes and redshifts of the observed galaxies.

ID	RA (2000) (^h ^m ^s)	Dec. (2000) ([°] ['] ^{''})	i'_{AB}	z	Prominent features
120	10 06 25.20	-12 58 56.6	21.42	0.2201	CH λ 4300, H β , [O III] λ 4959, [O III] λ 5007, Mg2, Mg I λ 5170, [N II] λ 5200, H α , [S II] λ 6730
146	10 06 21.10	-12 59 07.7	21.50	0.3910	H9, Ca II K, Ca II H, H δ , CH λ 4300, H β , Mg2, [N I] λ 5200
157	10 06:18.37	-12 59 11.6	21.68	0.7074	H12, H9, H8, Ca II K, Ca II H, H δ , CH λ 4300, H γ
175	10 06 16.17	-12 59 06.9	21.58	0.7064	H10, Ca II K, Ca II H, H δ , CH λ 4300
180	10 06 14.90	-12 59 07.9	21.75	0.6508	Ca II K, Ca II H, CH λ 4300, H γ
182	10 06 14.71	-12 59 50.1	21.17	0.7086	Ca II K, Ca II H, H δ , CH λ 4300, H γ , Mg2
224	10 06 21.20	-12 57 35.5	21.90	0.7091	H12, H11, H10, H9, Ca II K, Ca II H, H δ , CH λ 4300
226	10 06 20.94	-12 57 42.5	21.47	0.6983	H10, H9, H8, Ca II K, Ca II H, Fe I λ 4045, H δ , CH λ 4300, Fe I λ 4383
236	10 06 19.70	-12 58 23.9	21.77	0.7173	H10, H8, Ca II K, Ca II H, H δ
237	10 06 19.22	-12 58 17.0	20.82	0.2305	H β , [O III] λ 5007, Mg2
241	10 06 18.69	-12 58 21.0	20.68	0.7090	H10, Ca II K, Ca II H, CH λ 4300
244	10 06 18.45	-12 58 32.9	21.48	0.7093	H8, Ca II K, Ca II H, H δ , CH λ 4300, H γ , [O III] λ 5007
266	10 06 15.80	-12 58 28.8	21.89	0.7784	H10, H9, H8, Ca II K, Ca II H
273	10 06 13.51	-12 58 23.1	21.96	0.7055	Ca II K, Ca II H
302	10 06 24.77	-12 57 10.2	21.53	0.7090	H9, H8, Ca II K, Ca II H, H δ , CH λ 4300, Fe I λ 4383, H γ
308	10 06 22.14	-12 56 53.3	21.01	0.5550	Ca II K, Ca II H, H δ , CH λ 4300, Fe I λ 4383, H β
318	10 06 19.46	-12 57 04.0	21.10	0.7077	H9, H8, Ca II K, Ca II H, H δ , CH λ 4300, Fe I λ 4383, H β , Mg2
426	10 06 16.99	-12 56 24.9	20.87	0.6425	Ca II K, Ca II H, H δ , CH λ 4300, H γ
428	10 06 17.14	-12 56 41.6	21.35	0.7784	Ca II K, Ca II H
1481	10 06 20.30	-12 58 36.7	21.08	0.7107	H10, Ca II K, Ca II H, CH λ 4300

in some of the spectra. 30 of a total of 40 objects observed, had final, reduced spectra with good sky correction and S/N.

3 REDSHIFT DETERMINATION AND CLUSTER KINEMATICS

The most brightest absorption and emission lines observed in the spectra of the sample of galaxies were identified. The Doppler shift was measured separately for each line. In general, the Ca II K and H lines are the easiest to find; other notable features are the Balmer lines (especially H δ) and G λ 4300. We have successfully identified spectral features for 20 objects listed in Table 1.

The redshift of each galaxy was determined by the average recession velocity given by the individual lines. Cross-correlation meth-

ods with kinematic standard stars were not used due to the very long overheads involved in the GMOS observations of such templates. Redshifts were corrected for the observed radial velocity effects using the RVCORRECT task of IRAF. The last column of Table 1 gives this value for each galaxy. It is clear from this column that a large fraction of the objects lie in a very narrow range of redshifts around $z = 0.7$, what implies that a physical system including a large number of galaxies is present at this redshift. For the 20 objects for which it was possible to determine a spectroscopic redshift, 12 have redshifts between 0.69 and 0.72, being strongly concentrated at the median redshift of 0.709. Fig. 2 shows the full area imaged by GMOS (left-hand panel) and the galaxies selected for spectroscopy (right-hand panel). Fig. 3 shows the distribution of the confirmed objects (left-hand panel) and the optical centre of the cluster (right-hand panel). The i' -band images and contours of the confirmed member galaxies

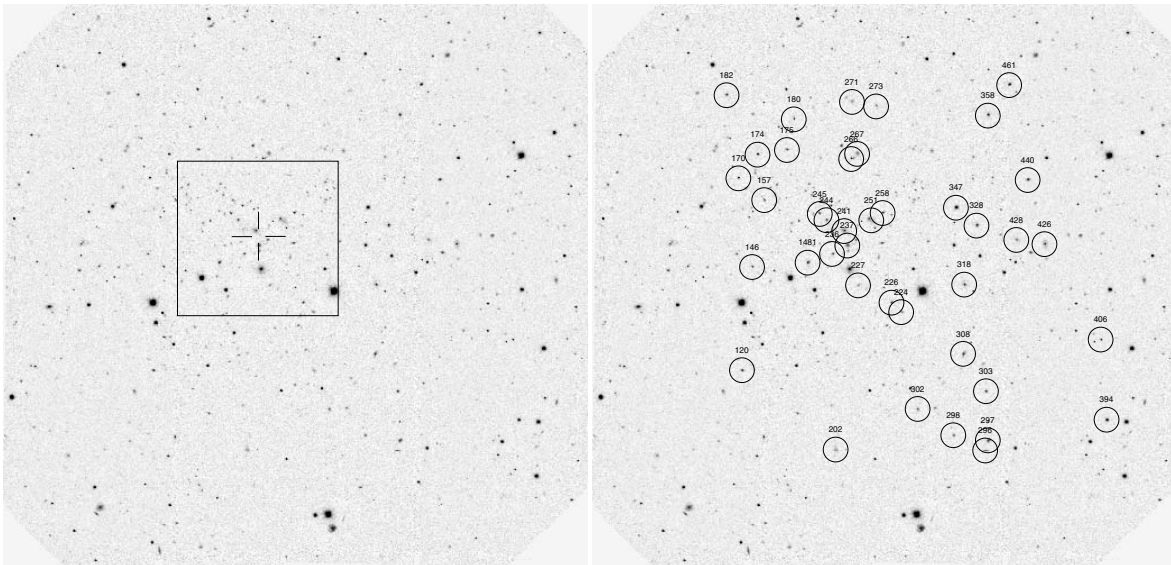


Figure 2. The full area imaged by GMOS (left-hand panel) and the objects selected for spectroscopy (right-hand panel).

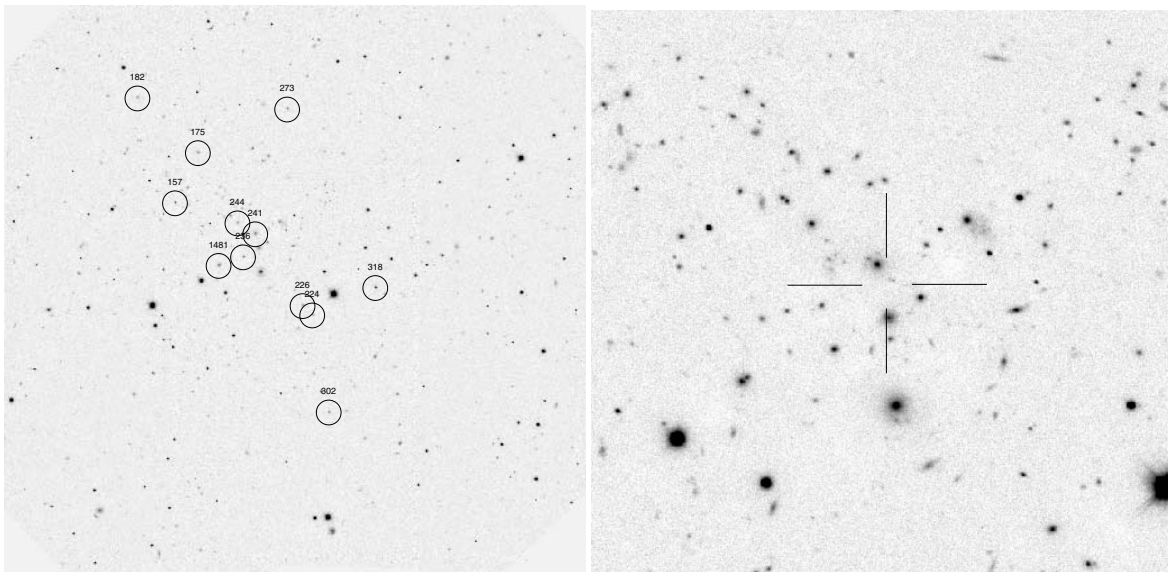


Figure 3. Projected distribution of the confirmed cluster members (left-hand panel) and the visual centre of the cluster (right-hand panel).

are presented in Fig. 4. Fig. 5 presents the relative velocity distribution of galaxies with respect to the median value. Relative velocities were calculated using $\Delta v = c(z - z_m)/(1 + z_m)$, where z_m is the median redshift. As this figure shows, the 12 galaxies have relative velocities well inside 3500 km s^{-1} , a value frequently used as a limit for cluster members (Postman et al. 1998). No obvious substructure is seen in this diagram; this could indicate that the system is not dynamically young, but a strong conclusion cannot be taken because of the low number of objects. We estimated the velocity dispersion from this distribution of velocity offsets and found $\sigma = 727 \pm 185 \text{ km s}^{-1}$. In Fig. 6 we show the spectra of the confirmed cluster members, where we identify the most prominent lines.

4 MASS DETERMINATION

There are several methods of mass determination through optical kinematics, all of which are based upon the assumption of virialization. Even if there is strong evidence that a large fraction of cluster at $z \sim 1$ is dynamically young (Henry 2002), Small, Sargent & Hamilton (1998) have shown that mass estimators based on the virial theorem gives reasonable results, also when the considered system is not under virial equilibrium. We have calculated the projected mass M_p of the cluster, which is defined by

$$M_p = \frac{10.2}{G \times (N - 1.5)} \sum_i^N (\Delta v_i)^2 R_{p,i}, \quad (4)$$

where G is the gravitational constant, Δv_i is the radial velocity offset of each galaxy relative to the average, N is the number of galaxies and $R_{p,i}$ is the (estimated) projected clustocentric distance of each galaxy (Postman et al. 1998). An estimate of the cluster centre was obtained by visual inspection of the distribution of the galaxies belonging to the cluster; as can be seen in the right-hand panel of Fig. 3, the number density of non-stellar objects has a remarkable peak around RA (2000) = $10^{\text{h}}06^{\text{m}}18^{\text{s}}.9$, Dec. (2000) = $-12^{\circ}58'19''.2$. This centre determination is reinforced by the presence of an intense radio emission at this position, as will be discussed in Section 6. The calculated projected clustocentric distances of the galaxies are given in column 20 of Table 2. Following the uncertainty estimates

in M_p from Heisler, Tremaine & Bahcall (1985), the estimated the projected mass as $3.54 \times 10^{14} {}^{+2.33}_{-1.41} M_{\odot}$, corresponding to the mass of a rich cluster of galaxies and comparable to clusters of richness 1.

5 STELLAR POPULATION

High-redshift galaxies are an important source for information for the star formation history and chemical enrichment of the Universe. Nevertheless, extracting this information from such objects is a challenge even to modern telescopes because both multicolour photometry and spectroscopy, need good spatial and spectral resolution, as well as a long integration time.

A low number of derivations of galaxy ages and metallicities at intermediate and high redshifts have been obtained (see e.g. Barr et al. 2005; Demarco et al. 2005; Jorgensen et al. 2005). New data are important to confirm these previous results. In this work, we present a first approach for the star formation history of the 12 galaxies members of the cluster LCDCS-S001, which will help to understand the overall evolutive scenario of these systems. This was done by extracting equivalent widths (EWs) of both emission and absorption lines and by comparing these values with spectrophotometric models (Bruzual & Charlot 2003).

5.1 Lick indices

The rest-frame wavelength range $3500\text{--}5000 \text{ \AA}$ contains many important spectral absorption features. Besides the Balmer lines, several metallic lines (like Fe λ 4531) are present, as well as molecular bands like CN₁ and CN₂. The EWs of the brightest absorption lines were measured following the definition of the Lick system (Worthey & Ottaviani 1997; Trager et al. 1998), listed in Table 3. Prior to the measurements of EWs and pseudo-continua, the spectra were normalized to the flux at $\lambda 4200 \text{ \AA}$.

Lick indices measurements for any galaxy must be corrected to line broadening due to its stellar velocity dispersion, which tends to increase the EW of a given line, especially the atomic ones (Longhetti et al. 1998). Our data were not corrected by velocity dispersion once our spectra at such high redshift have low S/N.

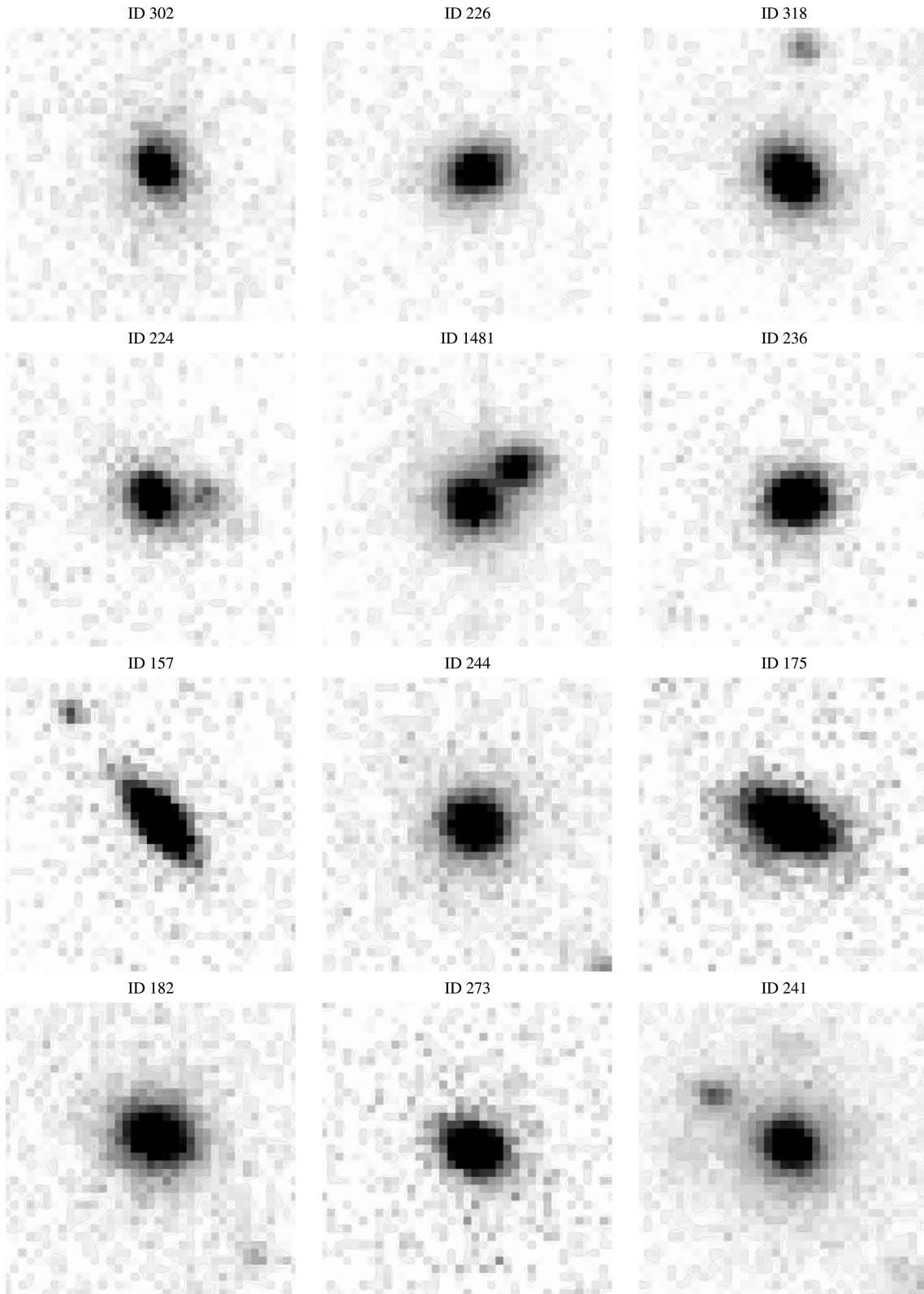


Figure 4. i' -band images and contours of the confirmed cluster galaxies (all frames are 5.33×5.33 arcsec 2).

We have measured 10 Lick indices and pseudo-continua of the objects, as well as the $D_n(4000)$ index, which reflect the properties of the underlying stellar population. The index measurements are presented in Table 2.

5.2 Stellar population synthesis

The measured indices and pseudo-continua were used to study the stellar population properties of the galaxies. Our main goal in this

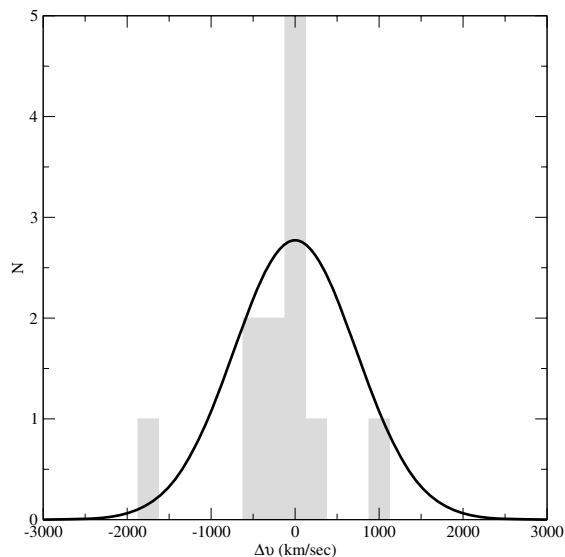


Figure 5. Distribution of redshifts around the median value. The estimated velocity dispersion is $727 \pm 185 \text{ km s}^{-1}$.

section is to describe the age distribution of the stellar population in these galaxies. Due to the low S/N of the spectra and the limited number of observed absorption lines, we will limit this section to infer age distribution of the stellar populations and get some insights about their metallicity. There are several evolutionary models like Bruzual & Charlot (2003) and Maraston (2005). In this paper, we have used the Bruzual & Charlot (2003) evolutionary

stellar population models; given the quality of our data, the use of more sophisticated models are expected to produce roughly the same results. This model is based on a high-resolution library of observed stellar spectra which makes it possible to derive a detailed spectral evolution of single stellar populations at a resolution of 3 \AA between 3200 and 9500 \AA , in a wide range of metallicities. There are many free parameters in these prescriptions, like the initial mass function (IMF), the attenuation by dust and the stellar evolution prescription. To limit the number of free variables in our analysis we fix the IMF as that of Salpeter (1955). Also, we used the *Padova 1994* tracks, as recommended by Bruzual & Charlot (2003).

For the chosen cosmological model ($H_0 = 71$, $\Omega_M = 0.27$ and $\Omega_V = 0.73$), the age of the Universe at a redshift $z = 0.7$ is around 7 Gyr ; therefore, we have extracted a set of eight spectra from the Bruzual & Charlot (2003) models, with ages 0.1 , 1.0 , 3.0 and 7.0 Gyr and metallicities $Z = 0.02$ (solar) and $Z = 0.004$.

Since our index values are not corrected for velocity dispersion, we have convolved the spectra of the models with a velocity dispersion of 150 km s^{-1} . Even this being a crude correction, which overestimates the synthetic indices for low-mass galaxies, we do not expect large errors, because the dependence of index values on velocity dispersion is not strong at this range.

The synthesis method that we have applied consists in obtaining for each observed spectrum the linear combination of a template (synthetic) spectra which minimizes the following relation:

$$2\chi = \sum_{i=1}^N \left| \frac{I_{\text{TOT},i} - I_{\text{MEA}_i}}{K_i} \right| + \sum_{i=1}^{N-1} \left| \frac{P_{\text{TOT},i} - P_{\text{MEA}_i}}{P_{\text{MEA}_i}} \right|, \quad (5)$$

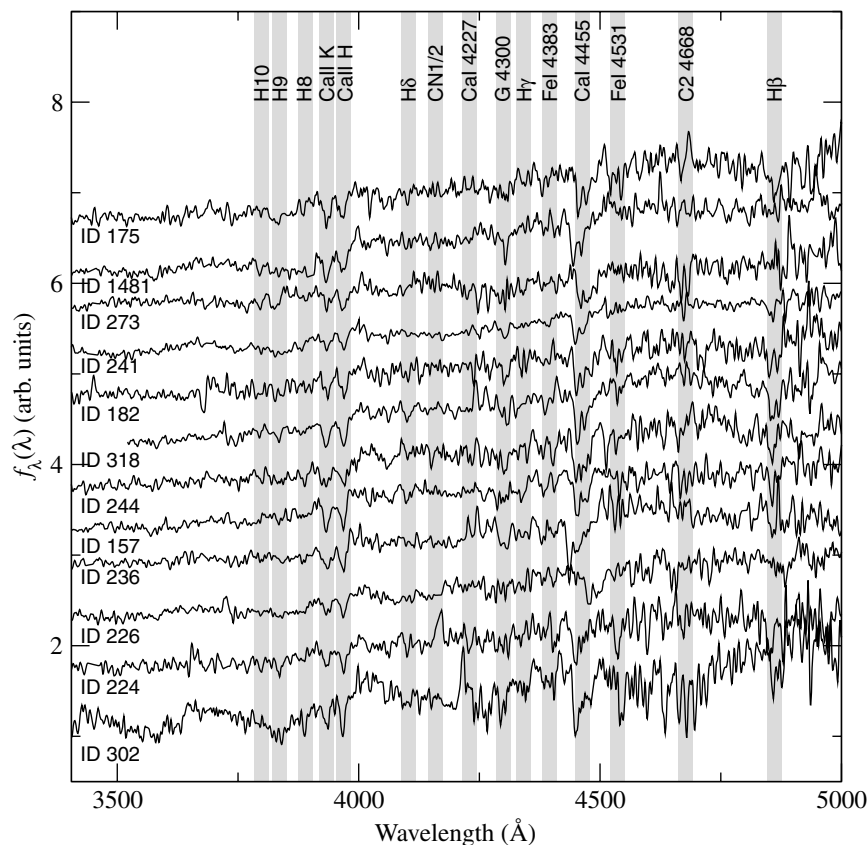


Figure 6. Spectra of the confirmed cluster members and prominent spectral features.

Table 2. Measured Lick indices, absolute magnitudes, luminous masses and synthesis results for each object. Column 1: galaxy identification; column 2: absolute i' magnitude; columns 3–12: Lick indices measured following the definitions given in Table 3; column 13: [O II] λ 3727 EWs; column 14–17: percentage of flux contribution at 4200 Å of each template to the synthesis; column 18: luminous mass of the galaxy in units of $10^{11} M_{\odot}$; column 19: projected distance (in kpc) to the estimated cluster centre. (*) [O II] λ 3727 coincides with telluric line, not observable.

ID	$M_{A,B,i'}$	$H\delta_a$	CN ₁	CN ₂	Ca I	G	H γ_a	Fe I	C ₂	H β	D_n	[O II]	7.0 Gy	3.0 Gy	1.0 Gy	0.1 Gy	$\frac{M_{\text{lum}}}{M_{\odot}}$	R_p
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)
302	-23.27	3.01 ± 1.03	-0.06 ± 0.03	-0.08 ± 0.04	-	3.67 ± 1.10	-3.03 ± 1.04	6.96 ± 1.08	-	7.61 ± 0.50	1.76 ± 0.01	-(*)	42.6	1.6	49.2	6.6	3.9	825
226	-23.38	-0.03 ± 2.15	0.00 ± 0.06	0.03 ± 0.07	0.51 ± 0.93	0.09 ± 1.83	1.10 ± 1.49	-	10.24 ± 1.95	-0.23 ± 0.99	1.62 ± 0.01	-10.6 ± 1.4	67.6	0.0	24.3	8.1	5.3	403
318	-23.74	0.23 ± 1.19	0.03 ± 0.03	0.08 ± 0.04	-	2.16 ± 1.19	-0.14 ± 1.13	-	0.81 ± 1.56	8.27 ± 0.69	1.58 ± 0.01	-	96.5	0.0	3.4	0.1	4.0	631
224	-23.09	-1.89 ± 1.76	-	-	3.32 ± 0.73	7.27 ± 1.39	-6.12 ± 1.64	7.03 ± 1.39	4.46 ± 2.02	2.63 ± 1.15	1.44 ± 0.01	-	47.6	52.4	0.0	0.0	4.5	460
1481	-23.98	0.04 ± 1.27	0.10 ± 0.04	0.13 ± 0.04	1.29 ± 0.67	5.85 ± 1.08	-5.10 ± 1.21	-	9.30 ± 1.46	2.00 ± 0.65	1.95 ± 0.01	-	100.0	0.0	0.0	0.0	10.5	123
236	-23.31	-1.57 ± 1.32	0.16 ± 0.04	0.21 ± 0.04	-	6.53 ± 1.01	-1.88 ± 1.21	-	3.43 ± 1.66	-	1.50 ± 0.01	-	74.5	25.5	0.0	0.0	5.1	87
157	-23.36	-0.30 ± 1.32	-0.01 ± 0.04	0.02 ± 0.04	1.05 ± 0.72	4.29 ± 1.31	-1.45 ± 1.33	-	4.92 ± 2.03	7.02 ± 0.70	1.66 ± 0.01	-4.0 ± 0.8	87.2	12.8	0.0	0.0	4.7	282
244	-23.57	-	0.04 ± 0.04	0.11 ± 0.04	2.75 ± 0.66	5.66 ± 1.38	-7.31 ± 1.56	-	-	5.66 ± 1.38	1.87 ± 0.01	-	95.6	3.3	1.0	0.1	7.2	72
175	-23.30	-3.17 ± 2.01	0.00 ± 0.05	0.02 ± 0.06	0.63 ± 0.93	4.81 ± 1.53	-7.09 ± 1.65	-	-	8.33 ± 0.89	1.53 ± 0.01	-6.3 ± 1.1	100.0	0.0	0.0	0.0	2.9	388
182	-23.71	-0.28 ± 1.64	-0.04 ± 0.04	-0.04 ± 0.05	-	5.88 ± 1.34	-4.30 ± 1.53	-	-	8.86 ± 0.78	1.50 ± 0.01	-6.3 ± 0.9	0.0	99.8	0.0	0.2	4.1	709
273	-22.93	-1.75 ± 1.59	-0.15 ± 0.04	-0.23 ± 0.06	-0.09 ± 1.17	3.65 ± 1.82	-3.29 ± 1.77	-	6.03 ± 2.41	0.95 ± 0.90	1.22 ± 0.01	-	65.0	10.0	0.0	25.0	3.6	590
241	-24.27	-2.20 ± 1.40	0.15 ± 0.04	0.19 ± 0.05	-	3.31 ± 1.20	-0.26 ± 1.17	-	4.30 ± 1.67	2.41 ± 0.79	1.46 ± 0.01	-(*)	15.4	84.6	0.0	0.0	8.3	100
													29.8	70.2	0.0	0.0		

Table 3. Definitions of the Lick system (Worthey & Ottaviani 1997; Trager et al. 1998). Columns 3 and 4 give the pseudo-continua regions. (*) – indices in magnitudes.

Index	Line/band	$\Delta\lambda(\text{PC}_I)$	$\Delta\lambda(\text{PC}_S)$
H δ_a	4083.500–4122.250	4041.600–4079.750	4128.500–4161.000
CN $_1^*$	4142.125–4177.125	4080.125–4117.625	4244.125–4284.125
CN $_2^*$	4142.125–4177.125	4083.875–4096.375	4244.125–4284.125
Ca II λ 4227	4222.250–4234.750	4211.000–4219.750	4241.000–4251.000
G λ 4300	4281.375–4316.375	4266.375–4282.625	4318.875–4335.125
H γ_a	4319.750–4363.500	4283.500–4319.750	4367.250–4419.750
Fe II λ 4531	4514.250–4559.250	4504.250–4514.250	4560.500–4579.250
C $_2\lambda$ 4668	4634.000–4720.250	4611.500–4630.250	4742.750–4756.500
H β	4847.875–4876.625	4827.875–4847.875	4876.625–4891.625
$D_n(4000)$	Δ_{inf} 3850.000–3950.000	Δ_{sup} 4000.000–4100.000	

where I_i are the spectral indices, P_i the pseudo-continua and K_i are normalizing factors (necessary for the compatibility between indices with different typical values). For the Lick indices, K_i are the absolute differences between the maximum and minimum values possible for each index in the template spectra, and for $D_n(4000)$ it is the observed value for this index. For each observed spectrum we run the synthesis varying the w_i values with a step of 1 per cent, in two distinct runs: the first only with the solar-metallicity templates, and the next with only the subsolar-metallicity templates. Fig. 7 shows the observed spectra and the best-fitting synthetic result. Table 2 (columns 14–17) presents the synthesis result as the percentual contribution of each template to the total spectrum at 4200 Å, as well as the percentual mass contribution $M(\text{per cent})$ of each template.

It is very interesting that all the 12 galaxies of our sample are best fitted by the set of four solar metallicity rather than models with subsolar metallicity: the solutions with solar metallicity are better than the subsolar solutions by 2–80 per cent in χ (1–34 per cent in average differences between observed and synthetic parameters). The average dispersion of the observed quantities [EWs, continuum fluxes and the $D_n(4000)$ index] in relation to the synthetic ones in the best-fitting solution is about 5 per cent. Our results show that the bulk of the stars in the cluster galaxies are evolved ($t \geq 3$ Gyr). Three galaxies of the sample present significant (>20 per cent) flux contribution of stars with an age of 1.0 Gyr. In six objects we detected a contribution of very young ($t \sim 0.1$ Gyr) stellar populations, possibly associated with active star formation. The average percentual mass contribution of each template is 65.1, 33.7, 1.1 and 0.1 per cent for $t = 7.0, 3.0, 1.0$ and 0.1 Gyr, respectively.

In order to analyse the radial behaviour of the stellar population properties of the cluster, we have defined a parameter Q which unifies the age information and quantifies the amount of ‘old’ and ‘new’ stars present in each galaxy. We have defined it as

$$Q = \sum_{i=1}^4 \frac{M(\text{per cent})}{100 \times t_i^2}, \quad (6)$$

where t_i is the age of the template i in Gyr. For an ‘old’ galaxy with 100 per cent of 7.0 Gyr stellar population, $Q \approx 0$, and for a ‘young’ galaxy with 100 per cent of stars with 0.1 Gyr, $Q = 100$. Fig. 8 shows the radial dependence of the Q parameter; the galaxies are plotted as circles whose radius is related to the galaxy luminous mass (see Section 6). It is evident from this figure that the galaxies

whose stellar population appears to be old and single are in the central region of the cluster, while in the peripheric regions are the objects whose star formation was prolonged.

5.3 [O II] emission equivalent widths

The [O II] λ 3727 was the only emission line detected in the spectra of four of our galaxies (for objects ID302 and ID241 this line was not detectable due to contamination of a telluric line). The other galaxies do not show any detectable emission line. The emission-line strengths in galaxies are associated with star formation regions, where young stars provide ultraviolet photons to ionize the gas. In addition, the EW of [O II] line can be used as indicator of the star formation rate. The EW of [O II] λ 3727 for the observed galaxies was measured using the IRAF/NOAO packages, by fitting a Gaussian to this line; the line limits were estimated visually. The results are listed in Table 2.

Magris, Binette & Bruzual (2003) have computed an extensive set of stellar population synthesis models which contains the EWs and the intensities of the lines [O II] λ 3727, H β , [O III] λ 5007, H α and [N II] λ 6584 as a function of the burst age. They were calculated assuming metallicities from $Z = 0.004$ –0.03, a Salpeter IMF, star formation rates both continuous and exponential, in this latter case with varying time-scales τ , and whose stars cover a mass range with a fixed lower mass $M_{\text{low}} = 0.09 M_{\odot}$ and upper masses $40 M_{\odot} \leq M \leq 120 M_{\odot}$. We have compared our measured EW[O II] with those of Magris et al. (2003) with solar metallicity. For each galaxy, we have calculated the theoretical EW[O II] $_{\text{model}}$ value using the mass contribution $M(\text{per cent})_i$ of each template as given in Table 2, using the expression

$$\text{EW[O II]}_{\text{model}} = \frac{\sum_{i=1}^4 F_{L,i} M(\text{per cent})_i}{\sum_{i=1}^4 F_{L,i} M(\text{per cent})_i / \text{EW[O II]}_i}, \quad (7)$$

where $F_{L,i}$ is the theoretical line flux. Fig. 9 shows this comparison. We first note that the theoretical predictions vary strongly depending on the model parameters. Nevertheless, the observed values could be well matched with models with $60 M_{\odot} < M_{\text{up}} < 120 M_{\odot}$ and with star formation time-scales $1.0 < \tau < 3.0$ Gyr. The EW of the galaxy ID226 fits well a model with $\tau = 3.0$ Gyr and $M_{\text{up}} = 60 M_{\odot}$ and galaxy ID157 fits a model with $\tau = 1.0$ Gyr and $M_{\text{up}} = 120 M_{\odot}$, while for galaxies ID175 and ID182 the observed EWs are fitted by intermediate values of these variables. In their N -body simulations, Diaferio et al. (2001) have found that the gas of newly accreted galaxies no longer cools to form stars and thus their star formation rate drops in time-scales of $1.0 < \tau < 2.0$ Gyr, agreeing with our results.

6 ABSOLUTE MAGNITUDES AND LUMINOUS MASSES

Absolute $M_{AB,i'}$ magnitudes were calculated using the synthetic spectra. First, we have transformed the synthetic spectra to the redshift of its galaxy and calibrated them using the i'_{AB} magnitudes. Note that the GMOS filters are defined in the AB system such that

$$i'_{AB} = -2.5 \log_{10} f_i(\text{erg s}^{-1} \text{cm}^{-2} \text{Hz}^{-1}) - 48.60. \quad (8)$$

We have then transformed the spectra again to the rest-frame system, applied the $(1+z)^2$ correction for cosmological dimming, recalculated the i' magnitude of the source and added the distance modulus, calculated to the galaxy redshift. Absolute magnitudes are given in

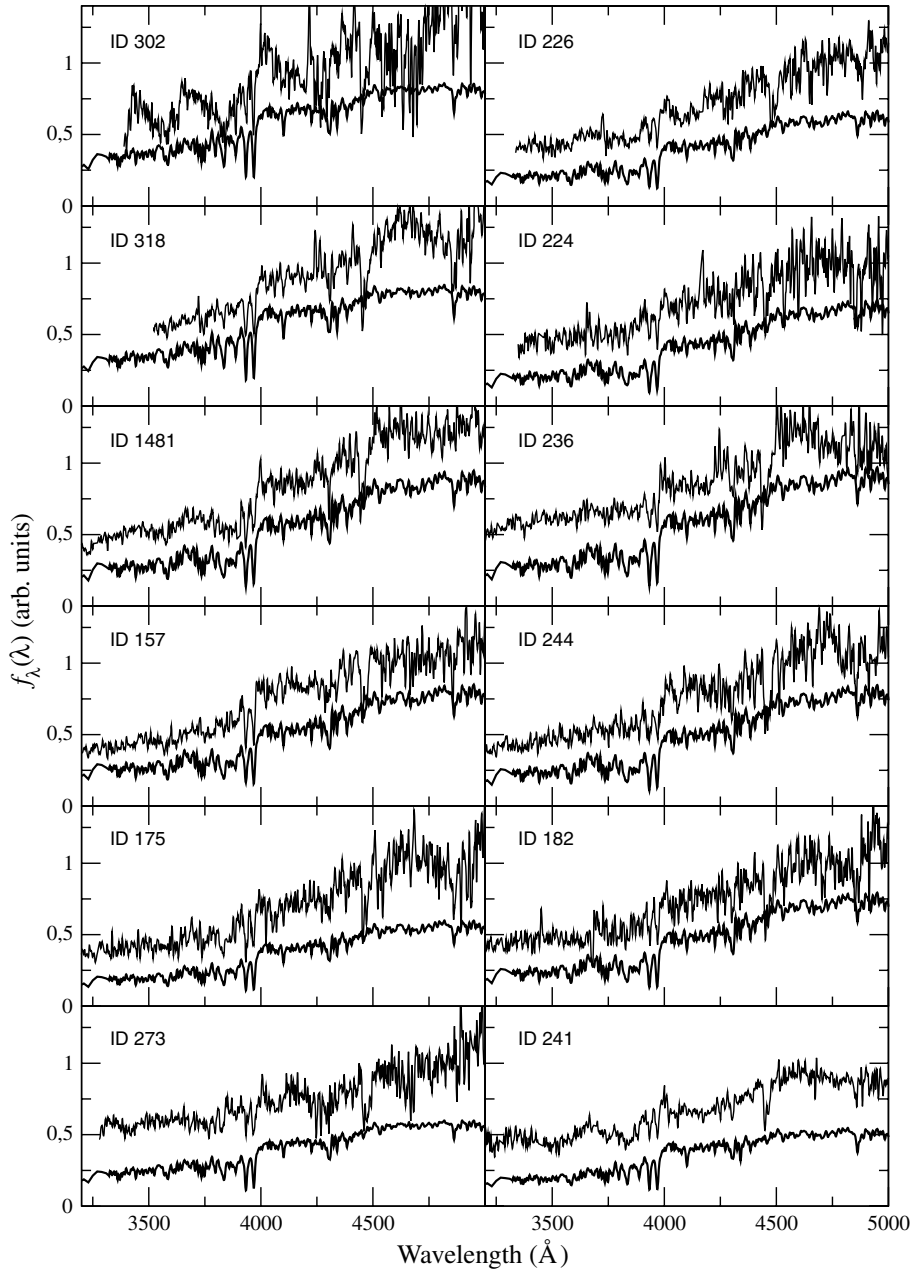


Figure 7. Synthesis results.

column 2 of Table 3. The 12 observed galaxies are very luminous; the range in luminosity is $-24.27 < M_{AB,i'} < -22.93$.

We have also estimated for these galaxies the luminous masses as follows. Each Bruzual & Charlot (2003) template is given in units of $L_{\odot} \text{ \AA}^{-1}$ and normalized to a total mass of $1 M_{\odot}$. We can compare directly the flux density of these templates with the flux density of the calibrated synthetic spectrum given above, and therefore calculate both the total luminous mass associated with the calibrated spectrum and the mass fraction of each template in respect to the total mass, with the equation

$$M_{\text{LUM}} = 4\pi \frac{f_{\lambda}(4200\text{\AA})(3.0857 \times 10^{24} D_L)^2}{L_{\odot} \times L_{1 M_{\odot}}(4200 \text{\AA})}, \quad (9)$$

where D_L is the luminosity distance of the galaxy in Mpc (calculated from its redshift using the chosen cosmology), $f_{\lambda}(4200 \text{\AA})$ is the

calibrated flux of the galaxy (in $\text{erg s}^{-1} \text{cm}^{-2} \text{\AA}^{-1}$) at 4200\AA and $L_{1 M_{\odot}}(4200 \text{\AA})$ is the luminosity per solar mass of the synthesis solution. The total luminous mass for each galaxy is given in Table 2. We found that our galaxies span a moderate range in luminous mass ($2.9 \times 10^{11} M_{\odot} < M < 10.5 \times 10^{11} M_{\odot}$). The experimental uncertainty on the luminous mass is around 30 per cent; this value was estimated from the flux uncertainty at 4200\AA , since the M_p depends mainly on this value.

Besides the X-ray diffuse emission observed in clusters of galaxies (a tracer of the local gravitational potential), relic radio objects (and eventually diffuse radio emission) are often found in these systems. The existence of these radio sources in clusters of galaxies is usually explained considering that the source galaxy (for the radio relics) is in relative motion with respect to its circundant ICM. For LCDCS-S001, a source of radio emission at 1.4 GHz was detected

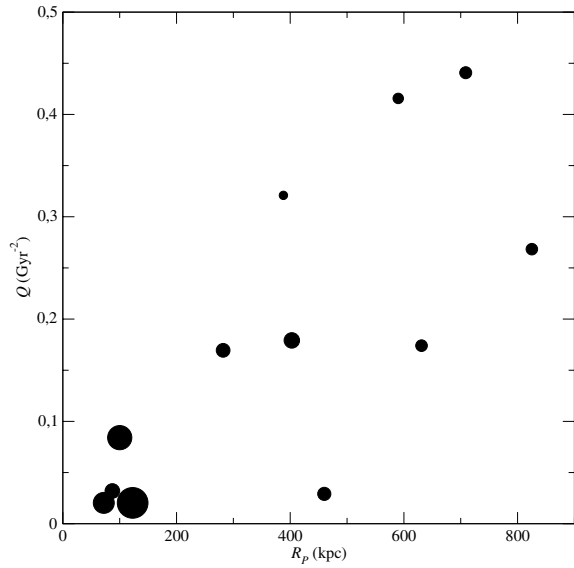


Figure 8. Radial dependence of the Q parameter; galaxies are plotted as circles, whose radius is related to the galaxy luminous mass.

with the VLA at the centre of this cluster (Becker, White & Helfand 1994), coinciding with the position of the most massive galaxies, as shown in Fig. 10. High-resolution radio imaging of this field would be valuable in order to identify the source object and to study its properties in detail.

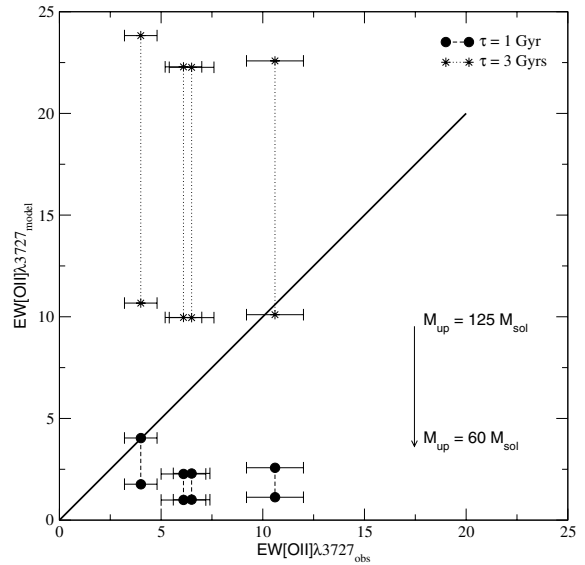


Figure 9. Comparison of the $[\text{O II}]\lambda 3727$ EWs with the theoretical predictions of Magris et al. (2003). The thick line corresponds to a perfect match between model and observation; thin lines give an estimate of the uncertainties of the $\text{EW}[\text{O II}]$ measurements.

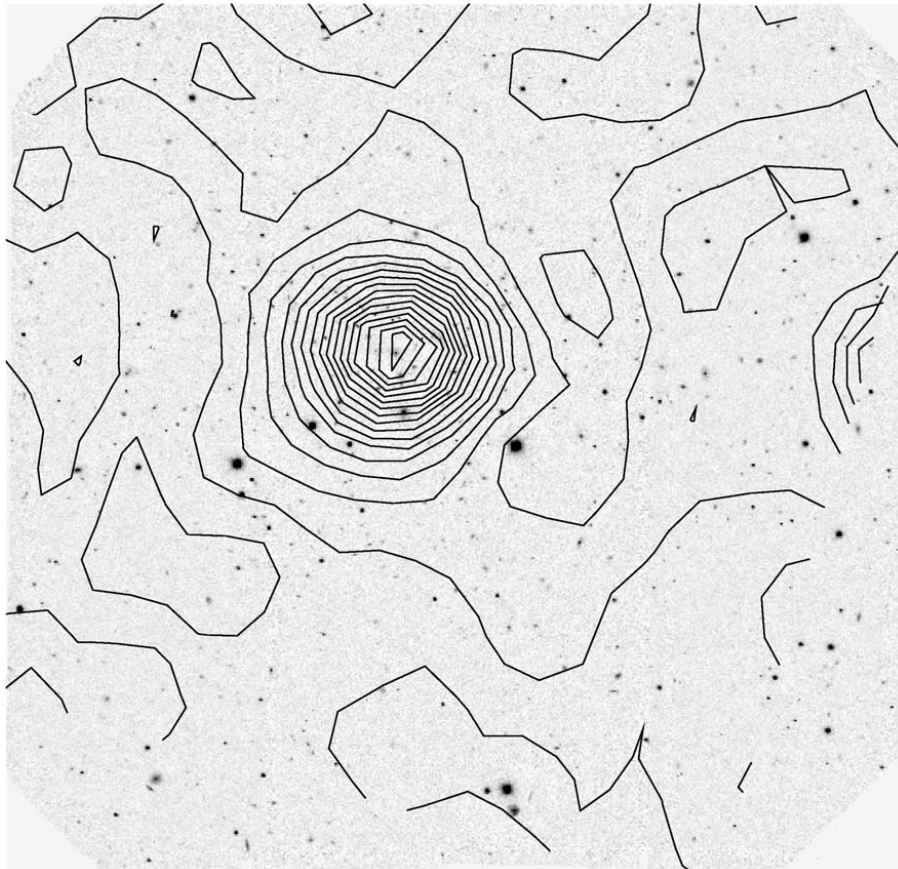


Figure 10. VLA 1.4 GHz contours overlaid on the field image. Note the remarkable coincidence between the visual centre of the cluster and the centre of radio emission.

7 CONCLUSIONS

We present kinematic parameters and stellar population properties of the galaxies members of the cluster LCDCS-S001, determined by spectroscopic data obtained with the GMOS instrument in the Gemini South Observatory. An i' -band image was obtained for the cluster field, where we have selected objects with non-stellar brightness profiles, providing a sample of objects of interest; multi-object spectroscopic observations centred on 7500 Å were obtained for 30 objects. Our most important results are summarized below.

(i) Spectral features were successfully identified for 20 objects, and were used to determine the galaxy redshift. The most common spectral features found for the galaxy cluster are the absorption lines Ca II H and Ca II K, the Balmer lines, G λ 4300 and the emission line [O II]. We found that 12 objects are cluster members and estimate a median redshift of 0.709 for this cluster.

(ii) The velocity dispersion was calculated from the redshifts of the 12 cluster members, and was found to be $\sigma = 727 \pm 185 \text{ km s}^{-1}$. The distribution of recession velocities of the cluster members was used to determine the projected mass of the cluster, and was found to be $3.54 \times 10^{14} {}^{+2.33}_{-1.41} M_{\odot}$.

(iii) Lick indices and the $D_n(4000)$ index were measured and used to determine the stellar population properties of the galaxies, by means of a spectral synthesis using the evolutive spectrophotometric models of Bruzual & Charlot (2003). We found that the stellar population of the cluster members can be well described by solar-metallicity templates, and that the bulk of stellar population of these galaxies is between 3.0 and 7.0 Gyr; in general, the flux contribution of younger stars in the spectra does not exceed 20 per cent at 4200 Å.

(iv) [O II] λ 3727 emission was detected for four galaxies, three of which show the strongest contribution of younger stars among the galaxies observed. The EW of the [O II] λ 3727 line was compared with H II regions models of Magris et al. (2003). We found that our EW[O II] values could be well matched with models with $60 M_{\odot} < M_{\text{up}} < 120 M_{\odot}$ and with star formation time-scales $1.0 < \tau < 3.0$ Gyr.

(v) The cluster centre is associated with radio (1.4 GHz) emission, what indicates that important dynamical effects are taking

place in the core of this cluster. High-resolution radio imaging is necessary to identify the source properties.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors acknowledge the financial support of the Brazilian Institution CNPq and also the referee Dave Carter for his useful comments.

REFERENCES

- Barr J., Davies R., Jorgensen I., Bergmann M., Crampton D., 2005, *AJ*, 130, 445
- Becker R. H., White R. L., Helfand D. J., 1994, in Crabtree D. R., Hanisch R. J., Barnes J., eds, *ASP Conf. Ser.*, Vol. 61, *Astronomical Data Analysis Software and Systems III*. Astron. Soc. Pac., San Francisco, p. 165
- Bruzual G., Charlot S., 2003, *MNRAS*, 344, 1000
- Demarco R. et al., 2005, *A&A*, 432, 381
- Diaferio A., Kauffmann G., Balogh M. L., White S. D. M., Schade D., Ellingson E., 2001, *MNRAS*, 323, 999
- Gonzalez A. H., Zaritsky D., Dalcanton J. J., Nelson A., 2001, *ApJS*, 137, 117
- Heisler J., Tremaine S., Bahcall J. N., 1985, *ApJ*, 298, 8
- Henry J. P., 2002, in Chen L. W., Ma C. P., Ng K. W., Pen U. L., *ASP Conf. Ser. Vol. 257, AMiBA 2001: High-z Clusters, Missing Barions, and CMB Polarization*. Astron. Soc. Pac., San Francisco, p. 151
- Jorgensen I., Bergmann M., Davies R., Barr J., Takamiya M., Crampton D., 2005, *AJ*, 129, 1249
- Longhetti M., Rampazzo R., Bressan A., Chiosi C., 1998, *A&AS*, 130, 251
- Magris G., Binette L., Bruzual G., 2003, *ApJS*, 149, 313
- Maraston C., 2005, *MNRAS*, 362, 799
- Postman M., Lubin L. M., Oke J. B., 1998, *AJ*, 116, 560
- Salpeter E. E., 1955, *ApJ*, 121, 161
- Small T. A., Ma C.-P., Sargent W. L. W., Hamilton D., 1998, *ApJ*, 492, 45
- Trager S. C., Worthey G., Faber S. M., Burstein D., Gonzalez J. J., 1998, *ApJS*, 116, 1
- van Dokkum P. G., Franx M., Fabricant D., Illingworth G. D., Kelson D. D., 2000, *ApJ*, 541, 95
- Worthey G., Ottaviani D. L., 1997, *ApJS*, 111, 377

This paper has been typeset from a $\text{\TeX}/\text{\LaTeX}$ file prepared by the author.

B.2 Krabbe, Rembold & Pastoriza 2007

Field galaxies at intermediate redshift ($0.2 < z < 0.8$) in the direction of the galaxy cluster LCDCS-S001

A. C. Krabbe^{*}, S. B. Rembold and M. G. Pastoriza

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, Cep 91359-050, Porto Alegre, RS, Brazil

Accepted -. Received -.

ABSTRACT

We present spectroscopic and photometric analysis for eight field galaxies in the direction of the galaxy cluster LCDCS-S001. The spectra were obtained with the GMOS instrument in the Gemini South Observatory. The objects were selected in an i' band image and the multi-object spectroscopic observations were centered at 7500 \AA . For the galaxies ID 440 and ID 461 we have determined redshifts of $z = 0.7464$ and $z = 0.7465$, respectively. For the other six galaxies we have confirmed the redshift calculated by Rembold & Pastoriza (2006). The redshifts of the field galaxies are in the range of $0.2201 < z < 0.7784$. We determined the blue and visual luminosities and they are brighter than $M_B = -18.64$. The galaxies ID 180, ID 266, ID 461 follow the Faber-Jackson relation of the Coma and Virgo early-type galaxies, and therefore do not present a brightening of the B luminosity as observed in galaxies at higher redshifts. The stellar velocity dispersion was measured for five galaxies (ID 146, ID 180, ID 266, ID 428 and ID 440) and estimated to be in the range of $200 < \sigma < 346 \text{ km s}^{-1}$. Lick indices were measured and used to determine the stellar population properties of galaxies ID 120 and ID 146, by means of spectral synthesis. The first galaxy, ID 120, presents in its spectrum absorption and emission lines, and we have found that the main contribution in the flux at $\lambda 5870 \text{ \AA}$ is of a 0.1 Gyr stellar population of solar metallicity. For ID 146, the dominant flux contribution at $\lambda 4200 \text{ \AA}$ is provided by a stellar population of 10 Gyr of subsolar metallicity. From stellar population synthesis we estimated reddening values of $E(B - V) = 0.90$ and $E(B - V) = 0.82$ for ID 120 and ID 146, respectively. According to classical diagnostic diagrams the emission lines present in the spectrum of ID 120 indicate that it is a starburst galaxy.

Key words: galaxies: clusters: general – galaxies: stellar content – galaxies: intermediate-redshift

1 INTRODUCTION

Galaxy clusters are one of the fundamental sites to study the formation and evolution of galaxies. Many observational studies in cluster galaxies have revealed that galaxy properties such as colours, morphology and stellar populations vary at different redshifts. Butcher & Oemler (1984) have found in intermediate redshift clusters that the fraction of blue galaxies (Butcher & Oemler 1984) and galaxies with star formation (Poggianti et al. 1999) is higher than in clusters of the local universe. Luminosity evolution was also observed for galaxies at intermediate redshift with respect to the local galaxies. There was a brightening in blue magnitude in the Faber-Jackson relation (Ziegler & Bender 1997; Fritz et al. 2005).

Differences between the stellar population of cluster and field galaxies at intermediate and higher redshifts have been revealed. Serote Roos et al. (2005) have found that the field galaxies seem to host less evolved stellar populations than cluster members; and

van Dokkum et al. (2001) found that the field early-type galaxies are about 20 % younger than cluster early-type galaxies. Moreover, significant offsets between field and cluster galaxies were derived at $z = 0.7$ by Treu et al. (2002). However, few observational works on clusters and field galaxies at intermediate redshifts have been published to confirm these results.

In a previous work Rembold & Pastoriza (2006) (hereafter Paper I) presented a study on the kinematic parameters and stellar population properties of galaxies of cluster LCDCS-S001 ($z = 0.7$). In the field of view of this galaxy cluster several galaxies were observed at intermediate redshifts which are not cluster members. In particular, ID 120 at $z = 0.2201$ shows in its spectrum very bright emission lines apparently typical of starburst galaxies. We have studied these galaxies and report in the present paper the more important spectroscopic and photometric results such as redshifts, stellar population, blue luminosity and for ID 120 we discuss the properties of the ionized gas. The paper is structured as follows. In Sect. 2 we describe the observations and data reduction. In Sect. 3 we present the determination of redshifts and velocity dispersions. In Sect. 4 we describe the determination of absolute magnitudes

^{*} E-mail: angela.krabbe@ufrgs.br

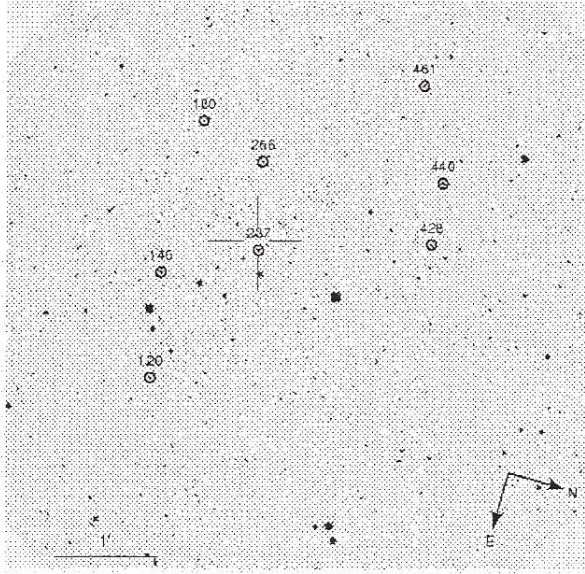


Figure 1. i' band image of the galaxy cluster LCDCS-S001 with the field galaxies marked with circles and the visual center of the cluster marked with a cross.

and the relation between luminosity and velocity dispersion. Sec. 5 deals with the stellar population synthesis, describing the measurements of Lick indices, the method used and the results obtained. In Sec. 6 we determine the properties of the nebular gas and the nature of the ionization source. The conclusions are given in Sect. 7. Throughout this paper we adopt a cosmological model with $H_0 = 71 \text{ km s}^{-1}$, $\Omega_M = 0.27$ and $\Omega_V = 0.73$.

2 OBSERVATIONS AND DATA REDUCTIONS

The current paper is based on spectroscopic data obtained on March 2004 with the Gemini Multi-Object Spectrograph (GMOS) of the Gemini South Observatory. The GMOS mask was built using as reference an i' filter image obtained with GMOS, which covered an area of $330 \times 330 \text{ arcsec}^2$, with a total integration time of 300 seconds. The detector was binned at 2×2 pixels, giving a spatial scale of $0.146 \text{ arcsec pxl}^{-1}$. The objects included in this study are listed in Table 1. We used a grid of $400 \text{ grooves mm}^{-1}$. The spectra were obtained in the 5560 to 9720 \AA range with a dispersion of $0.67 \text{ \AA pxl}^{-1}$ and a spectral resolution of $R \approx 1918$. Two masks were needed to include all observed objects. The exposure time for each mask was limited to 1200 seconds to minimize the effects of cosmic rays and to obtain a signal-to-noise higher than 3.

The data reduction followed the standard procedures of bias correction, flat-fielding, cosmic ray cleaning, sky subtraction, wavelength and flux calibrations, and 1D spectra extraction, and was made using mainly the *IRAF* software. The procedures we followed in the data reduction are described in detail in Paper I. Figure 1 shows the full area imaged by GMOS and the analyzed objects, which are numbered and marked with circles. Figure 2 shows the isophotal maps in the i' band for each galaxy of our sample. In Figure 3 we present one dimensional spectra where the most prominent lines are identified and listed in Table 1.

3 DETERMINATION OF REDSHIFTS AND VELOCITY DISPERSIONS

The spectroscopic redshifts for ID 120, ID 146, ID 180, ID 237, ID 266, and ID 428 were taken from Paper I. In this work we determined the redshift only for the galaxies ID 440 and ID 461. The redshift of these galaxies was calculated by the average recession velocity given by the individual lines and estimated to be around $z = 0.7464$ and $z = 0.7465$ for ID 440 and ID 461, respectively. The galaxy cluster LCDCS-S001 has a median cluster redshift of 0.709 and an estimated velocity dispersion of $\sigma = 727 \text{ km s}^{-1}$ (see Paper I), therefore the last galaxies are not cluster members. Note that the galaxies of our sample can be separated into two sets: one (ID 120, ID 146, ID 237) located to the east of the cluster center, in the redshift range $0.2201 < z < 0.3910$; and the other set of galaxies (ID 266, ID 428, ID 440, ID 461) is to the west of the center and the redshift is in the range $0.7464 < z < 0.7784$. The galaxy ID 180 to the west of the cluster center is at redshift $z = 0.6508$. The error associated with the redshift for each galaxy, estimated from the standard deviation of the individual redshifts, are practically negligible, below 1%.

The velocity dispersions, σ , of the observed galaxies were determined from the measurements of corrected full-width-at-half-maximum, $FWHM$, assuming Gaussian profiles for the absorption lines. The effects of the instrumental dispersion and resolution on the observed $FWHM$ were estimated from the measurements of the absorption lines $\text{Ca II } \lambda 8542$ and $\text{Ca II } \lambda 8662$ observed in the spectrum of a G star identified in the field. We have found that the velocity dispersions for most of our galaxies (ID 146, ID 180, ID 266, ID 428, ID 440) are in the range $200 < \sigma < 346 \text{ km s}^{-1}$. The galaxies ID 120, ID 237 and ID 461 have velocity dispersions of the order of the instrumental resolution and therefore are not estimated. The values of redshift and velocity dispersions σ are listed in Table 1.

4 DETERMINATION OF ABSOLUTE MAGNITUDES

In this paper we have estimated the absolute magnitudes M_B and M_V for our sample of galaxies using the values of i'_{AB} photometric magnitude taken from Paper I and the B and V magnitudes derived from the observed spectra. In order to calculate these magnitudes we have calibrated the observed spectra using the i'_{AB} photometric magnitude. Note that the GMOS filters are defined in the AB system as

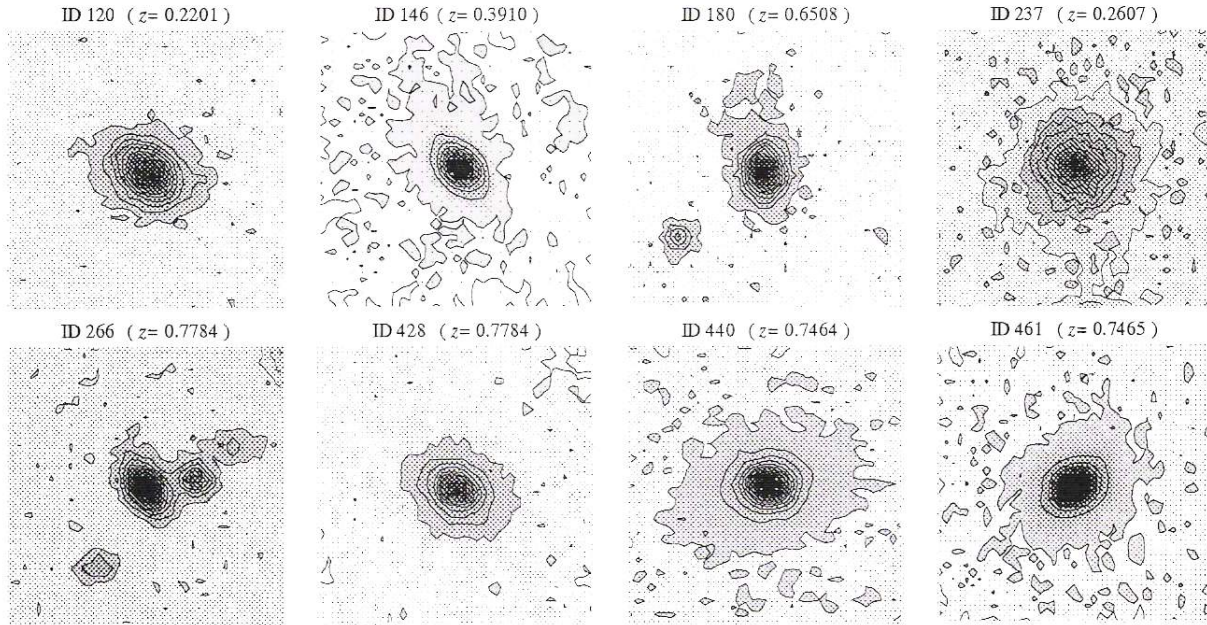
$$i'_{AB} = -2.5 \log_{10} f_\nu (\text{erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}) - 48.60. \quad (1)$$

We have transformed the spectra to the restframe system and applied for the fluxes the $(1+z)^2$ correction for cosmological dimming. Then, we have calculated the B and V magnitudes from the spectra by integrating the fluxes through a set of filter response curves using the *sbands* routine of the *onedspec* package of the *NOAO/IRAF*. Finally, we added this magnitude to the distance modulus, calculated as a function of the galaxy redshift z adopting the cosmological model assumed in this paper. The values of M_B , M_V and also of M'_{AB} (taken from Paper I) are listed in Table 1. We verify that our field galaxies display a correlation between redshift and absolute magnitude in i'_{AB} band as well as in the V band. This means that high luminosity galaxies are detected at higher redshift, while low luminosity galaxies are detected mainly at lower redshifts. This behavior is a selection effect for samples that are chosen based on magnitudes. The total error associated with the absolute magnitudes was estimated to be in the range of 0.12 to 0.37 mag .

Table 1. Coordinates, redshifts, absolute magnitudes and spectral lines of the observed galaxies

ID	$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	z	σ (km s ⁻¹)	i'_{AB}	$M_{AB,i'}$	M_B	M_V	Spectral lines
120	10 ^h 06 ^m 25 ^s .20	-12 ^h 58 ^m 56 ^s .6	0.2201	...	21.42	-18.75	...	-18.20	CH λ 4300, H β λ 4861, [O III] λ 4959, [O III] λ 5007, Mg I λ 5167, NaD λ 5890, [N II] λ 6548, H α λ 6563, [N II] λ 6584, [S II] λ 6717, [S II] λ 6731
146	10 06 21.10	-12 59 07.7	0.3910	217 \pm 19	21.50	-20.11	-18.64	...	Fe I λ 3631, Fe I λ 3720, Fe I λ 3827, H γ λ 3835, Ca II λ 3934, Ca II λ 3968, H δ λ 4101, Ca I λ 4226, CH λ 4300, Fe I λ 4383, H β λ 4861, [N I] λ 5200
180	10 06 14.90	-12 59 07.9	0.6508	274 \pm 58	21.75	-21.20	-20.66	...	Ca II λ 3934, Ca II λ 3968, CH λ 4300, H γ λ 4340
237	10 06 19.22	-12 58 17.0	0.2607	...	20.82	-19.46	...	-18.95	H β λ 4861, [O III] λ 5007
266	10 06 15.80	-12 58 28.8	0.7784	200 \pm 23	21.89	-21.54	-21.29	...	H10 λ 3798, H γ λ 3835, H δ λ 3889, Ca II λ 3934, Ca II λ 3968
428	10 06 17.14	-12 56 41.6	0.7784	278 \pm 89	21.82	-22.08	-22.45	...	Ca II λ 3934, Ca II λ 3968
440	10 06 14.71	-12 56 44.8	0.7464	346 \pm 12	20.98	-22.34	-22.01	...	Ca II λ 3934, Ca II λ 3968
461	10 06 11.24	-12 57 10.8	0.7465	...	20.47	-22.85	-22.52	...	Ca II λ 3934, Ca II λ 3968

Conventions: α, δ : equatorial coordinates;


Figure 2. i' band images and contours of the observed galaxies. All frames are 5.99×5.99 arcsec².

This error was estimated considering (a) the uncertainties due to the continuum signal-to-noise ratio in each spectrum and (b) the uncertainties of the i' magnitude, which are mainly due to errors on the count fluctuations, the assumption of the zero-point and the lack of a color term correction.

The field galaxies in our sample are very luminous with blue luminosity in the range of $-18.64 < M_B < -22.52$. Their luminosities are comparable with the luminosities of galaxies at intermediate redshifts (Mouhcine et al. 2006; Nakamura et al. 2006; Ziegler & Bender 1997).

5 FABER-JACKSON RELATION

It is well known that elliptical and lenticular galaxies follow the scaling relation between galaxy luminosity and velocity dispersion

(Faber & Jackson 1976), which is widely used to obtain important information about elliptical galaxies. This is called the Faber-Jackson relation and is valid both for local and intermediate redshift galaxies. We searched in our sample if there are early-type galaxies that follow this relation and present a brightening of blue magnitude with respect to local clusters of galaxies as inferred by Ziegler & Bender (1997).

In Figure 4 the M_B versus σ relation for the galaxies ID 146, ID 180, ID 266, ID 428 and ID 440 is plotted and also compared with data of a sample of Coma and Virgo elliptical galaxies (Dressler et al. 1987) and elliptical galaxies of clusters at $z = 0.37$ (Ziegler & Bender 1997). As can be seen in this Figure, the galaxies ID 180, ID 266, ID 428 and ID 440 follow the Faber-Jackson relation indicating that they are early-type galaxies. The isophote maps of the first three galaxies are typical of ellipticals. In the case of ID

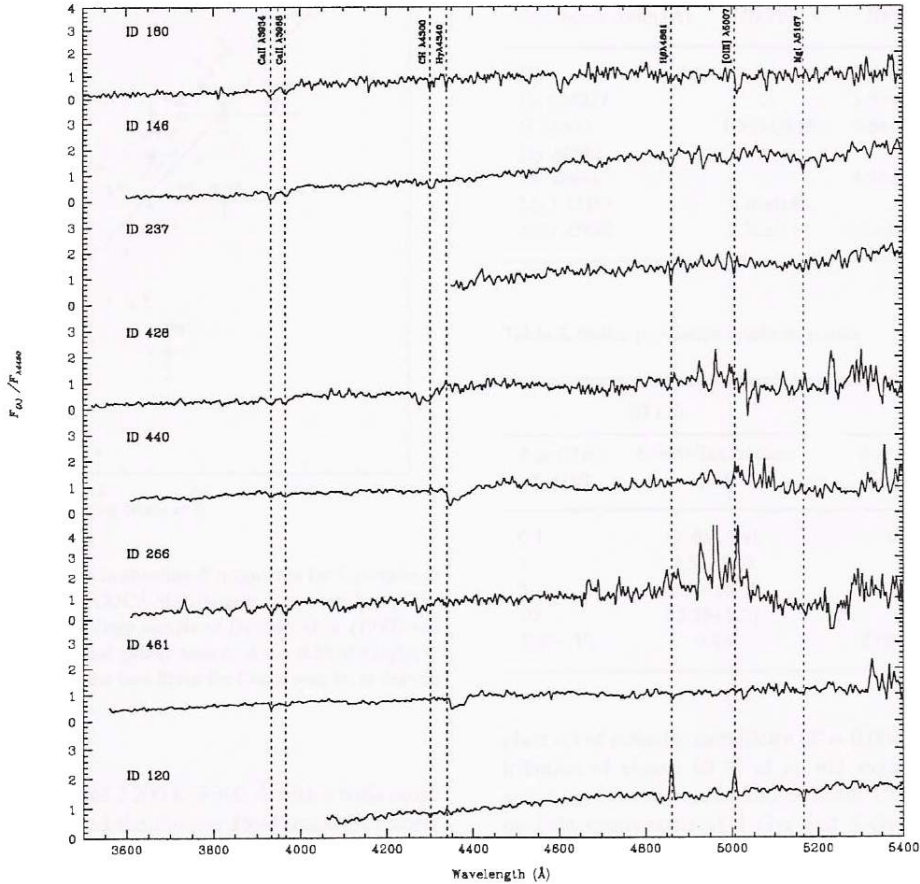


Figure 3. Spectra of the field galaxies in the of 3500 to 5400 Å. The most prominent absorption and emission lines are marked.

440 the isophotal map shows an extended structure probably due to the presence of a disc, therefore this galaxy may be lenticular. Deep imaging with higher spatial resolution is necessary to confirm the morphology of these galaxies.

The galaxy ID 146 follows the Faber-Jackson relation marginally, that is, a difference of about 2 mag is present between this galaxy and the derived fit by (Ziegler & Bender 1997) for Coma galaxies. Also, it can be seen in Figure 2 that the more external isophote shows an extended structure. Therefore, this galaxy probably has a morphology intermediate between lenticular and early spiral. The remaining galaxies ID 120, ID 237 and ID 461, have velocity dispersions of the order of the instrumental resolution and due to their isophotal map morphology they might be spiral galaxies.

The most important result obtained in this section is that the early-type field galaxies (ID 146, ID 180, ID 266, ID 428 and ID 440) have velocity dispersions and luminosities comparable to those of members of Coma and Virgo clusters and do not present a brightening of blue magnitude as observed by Ziegler & Bender (1997) for elliptical galaxies at $z = 0.37$.

6 STELLAR POPULATION SYNTHESIS

We have performed the stellar population synthesis method developed by Bica (1998), in order to describe the age distribution of the stellar population of these galaxies and get some insights about their metallicity. This synthesis method uses the equivalent widths W_λ of spectral absorption features and measured continuum fluxes F_λ at a given wavelength and compares them to the same quantities measured from a base of simple stellar population elements, which in turn have known ages and metallicities. The algorithm used is based on an upgraded version of Schmitt et al. (1996), which also corrects the effect of the internal extinction that affects the stellar population.

The employed W_λ were those defined by the Lick system (Worthey & Ottaviani 1997; Trager et al. 1998). Previous to the measurements of the W_λ and F_λ the spectra have been normalized at 5870 Å for ID 120 and at 4200 Å for ID 146 and ID 180. The W_λ values for each galaxy are listed in Table 2. The base elements that we have used were taken from the Bruzual & Charlot (2003) evolutionary stellar population models, which are based on a high resolution library of observed stellar spectra. This library allows us to derive a detailed spectral evolution of simple stellar populations

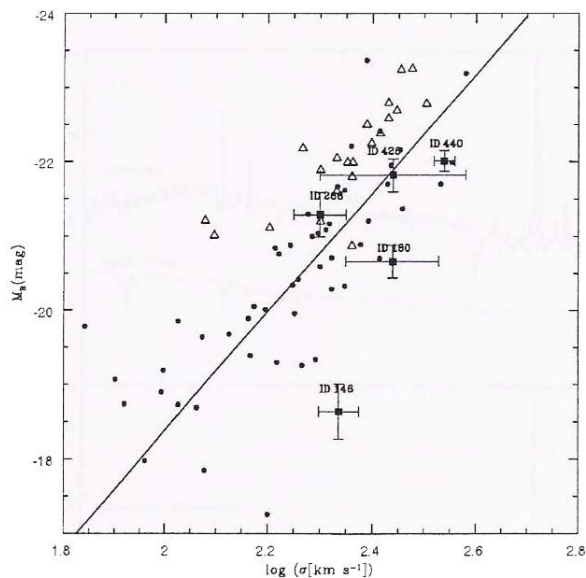


Figure 4. Faber-Jackson relation in absolute B magnitude for 5 galaxies in the field of the galaxy cluster LCDCS-S001 (square with error bars). The circles represent the Coma and Virgo sample of Dressler et al. (1987) and the triangles represent the elliptical galaxy sample at $z = 0.37$ of Ziegler & Bender (1997). The solid line is the best fit for the Coma sample, as derived by Ziegler & Bender (1997).

across the wavelength range of 3 200 to 9 500 Å with a wide range of metallicities. We have used the *Padova 1994 tracks* as recommended by Bruzual & Charlot (2003).

In the present work, we derived the stellar population for ID 120 ($z = 0.22$) and ID 146 ($z = 0.39$), the only galaxies in our sample with enough measured Lick indices that allow us to perform a reliable stellar population synthesis. Following the cosmological model adopted, the age of the universe at redshift $z = 0.22$ and $z = 0.39$ is around 10 and 9 Gyrs, respectively. Ten and 9 Gyrs were the upper limit ages for the spectral base of ID 120 and ID 146, respectively. The synthetic base consists of a set of 12 spectra with ages of 0.1, 1.0, 5.0, 9.0 and 10.0 Gyrs and metallicities of $Z = 0.05$, $Z = 0.02$ (solar) and $Z = 0.004$. Note that we have chosen this range of metallicities because it was only possible to measure a limited number of Lick indices in our spectra. The synthesis results for ID 120 and ID 146 are presented in Table 3 as the percentual contribution of each template to the normalized spectrum, and the $E(B - V)$ values obtained from the synthesis. Figures 5 and 6 show the spectra corrected for reddening and the synthesized population spectra constructed by the sum of the base spectra according to the proportions given by the synthesis. According to the stellar population synthesis, the galaxy ID 120 has an important contribution of young stellar populations (0.1 Gyr), about 47%. Despite this contribution of a younger population, it is still made up of about 32 % of an old stellar population (10 Gyr) and the remaining is of intermediate age stellar population. A very large reddening of $E(B - V) = 0.82$ was obtained from the synthesis. A solar metallicity is a better fit for this galaxy. In a general way, the estimates of old, intermediate and young stellar populations for ID 120 are in agreement with those derived by Serote Roos et al. (2005) for field galaxies at intermediate redshifts.

For the galaxy ID 146 its spectrum is best fitted by the tem-

Table 2. Lick indices

Equivalent width (Å)	ID 120	ID 146	ID 180
H δ	...	2.56 ± 0.13	...
Ca I $\lambda 4227$	...	1.57 ± 0.14	...
G $\lambda 4300$	1.324 ± 0.13	5.64 ± 1.13	6.67 ± 0.67
H γ $\lambda 4340$	...	...	2.91 ± 0.87
H β $\lambda 4861$	...	4.20 ± 0.50	...
Mg I $\lambda 5167$	1.70 ± 0.43	...	...
NaD $\lambda 5890$	2.76 ± 0.44	10.14 ± 0.61	...

Table 3. Stellar population synthesis results

ID 120		ID 146	
Age (Gyr)	$\lambda 5870$ flux fraction (%)	Age (Gyr)	$\lambda 4200$ flux fraction (%)
$Z=0.02$		$Z=0.004$	
0.1	46.64 ± 2.91	0.1	5.21 ± 4.00
1	8.51 ± 5.63	1	18.89 ± 4.88
5	13.56 ± 9.10	5	16.74 ± 3.36
10	32.29 ± 6.27	9	59.16 ± 2.91
$E(B - V)$	0.82	$E(B - V)$	0.90

plate set of subsolar metallicity ($Z = 0.004$) with a dominant contribution of almost 60 % of an old stellar population (10 Gyr) and a significant contribution of about 19% and 17% from intermediate components of 1 Gyr and 5 Gyr, respectively. Also, a young (0.1 Gyr) stellar population was marginally detected (≈ 5 %). The synthesis indicates a noticeable reddening in the spectrum, $E(B - V) = 0.90$.

Differences between the stellar population of field galaxies and cluster members have been reported by Serote Roos et al. (2005). These authors have performed stellar population synthesis in the cluster members of CL 0048-2942 ($z \sim 0.64$), as well as, in the field galaxies ($0.2229 < z < 0.6287$ and $0.6502 < z < 0.8215$) and have found in a general way, that field galaxies seem to host less evolved stellar populations than cluster members. Unfortunately, since we can only derive the stellar population for two galaxies, ID 120 and ID 146, we cannot compare the stellar populations of field galaxies and cluster LCDCS-S001 members.

7 IONIZED GAS

As discussed earlier, the spectrum of the galaxy ID 120 presents conspicuous emission lines. In this section we investigate the physical properties and the ionization source of the gas in this galaxy.

First, we subtracted the contribution of the stellar population from the spectrum using the results of the stellar population synthesis. Then, we estimated the line intensities using Gaussian line profile fitting procedures, which are listed in Table 4.

In order to identify the main excitation source of the gas in ID 120 we used the standard diagnostic diagrams with emission line ratios of easily observed lines, such as, the classical diagrams $\log([O \text{ III}] \lambda 5007 / H\beta)$ versus $\log([N \text{ II}] \lambda 6584 / H\alpha)$ and $\log([O \text{ III}] \lambda 5007 / H\beta)$ versus $\log([S \text{ II}] \lambda 6717, 6731 / H\alpha)$ (Veilleux & Osterbrock 1987). They are applied either for nearby galaxies

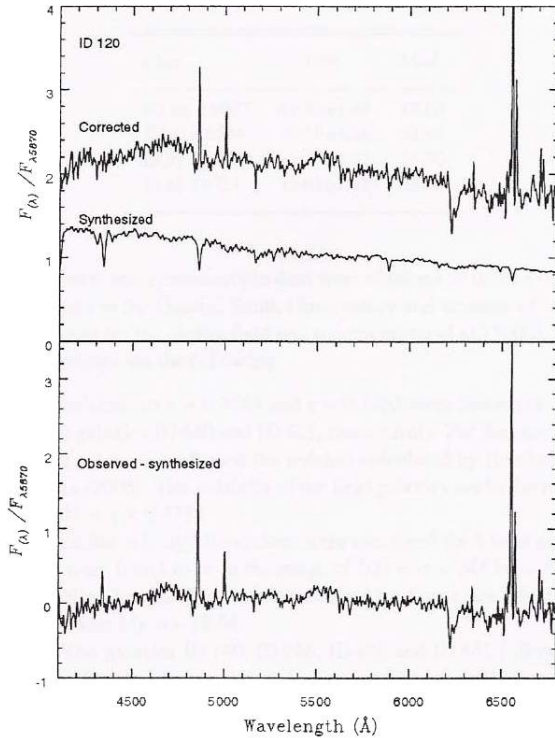


Figure 5. Stellar population synthesis for ID 120. Top panel: spectrum corrected for reddening and the synthesized spectrum. Bottom panel: pure emission spectrum. The corrected spectrum has been shifted by a constant.

(Pastoriza et al. 1999) and to galaxies at higher redshifts (Maier et al. 2005; Lamareille et al. 2006). In these diagnostic diagrams, the emission line ratios of ID 120 are located H II region zone.

We derived the electron density N_e from the $[S\ II]\lambda 6716/\lambda 6731$ intensity ratio by solving numerically the equilibrium equations for a n -level atom using the *temden* routine of the *nebular* package of *STSDAS/IRAF* assuming an electron temperature of 10 000 K. The energy levels, transition probabilities and collisional strength values for $[S\ II]$ were taken respectively from Bowen (1960), Keenan et al. (1993) and Ramsbottom et al. (1996). A value of $N_e = 377 \pm 184\text{ cm}^{-3}$ was estimated, which is compatible with the ones derived in the range of $N_e \approx 30 - 400\text{ cm}^{-3}$ by Puech et al. (2006) in 6 galaxies at $z = 0.55$ and are typical values of classical galactic H II regions (Copetti et al. 2000) as well as of giant extragalactic H II regions (Castaneda et al. 1992).

Considering that the emission lines of ID 120 are produced in an H II region we have employed the photoionization code *Cloudy/96.03* (Ferland 2002) to produce a model of H II region that reproduces the observed emission lines intensities. Basically, the input nebular parameters in the models are the metallicity Z , ionization parameter U , upper stellar mass limit M_{up} , age A and electron density N_e . The M_{up} , A and $\log(U)$ were chosen to be initially $40 M_{\odot}$, 2 Myr and -2.5, respectively, and were changed interactively until a suitable solution was found, following the same fitting procedures adopted by Dors & Copetti (2006) (see description details in this paper). Besides, we have assumed in our models an electron density of $N_e = 377\text{ cm}^{-3}$ and solar metallicity - since

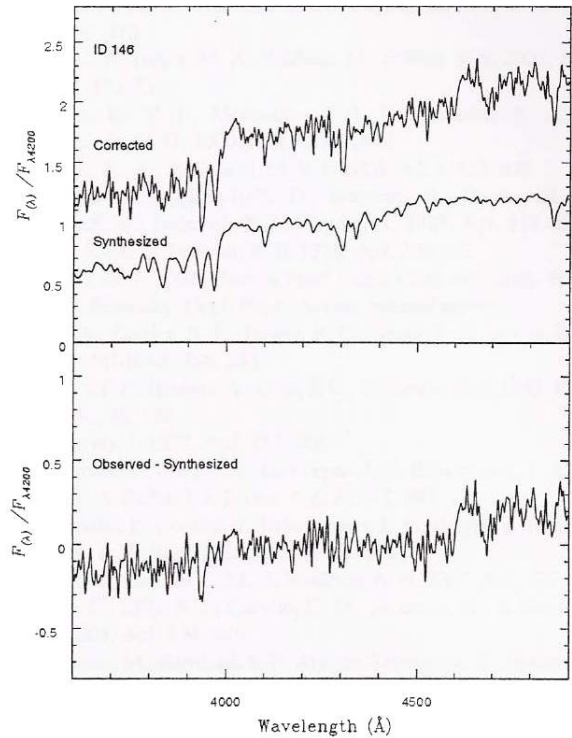


Figure 6. Stellar population synthesis for ID 146. Top panel: spectrum corrected for reddening and synthesized spectrum. Bottom panel: spectrum without the stellar component. The corrected spectrum has been shifted by a constant.

the synthesis results indicate that the spectrum of ID 120 is better fitted with this metallicity.

We found an excellent agreement between the observational data and the model of $12 + \log(O/H) = 8.65$, $M_{up} = 100 M_{\odot}$, and age of 5.5 Myr (see Table 4). The oxygen abundance derived is compatible with the solar composition of $12 + \log(O/H) = 8.69$ estimated by Allende Prieto et al. (2001) and with measurements of abundance derived for other star forming galaxies at intermediate redshift (Barrientos et al. 1996; Contini et al. 2002; Lilly et al. 2003; Lamareille et al. 2006; Mouhcine et al. 2006). For example, Mouhcine et al. (2006) derived oxygen abundances for a sample of 40 luminous field galaxies with redshifts in the range of $0.22 < z < 0.8$ and found that their $12 + \log(O/H)$ values are ranging from 8.4 to 9.0, with a median of 8.7. Besides, these studies about metallicity in galaxies at intermediate redshift have confirmed that the relation between luminosity and metallicity found in these galaxies is very similar to the relation obtained for galaxies in the local universe. The values of $12 + \log(O/H) = 8.65$ and $M_B = -18.75$ derived for ID 120 are compatible with the values of luminosity and metallicity for galaxies at intermediate redshifts found by these authors.

8 CONCLUSIONS AND FINAL REMARKS

We present spectroscopic and photometric analysis for eight field galaxies in the direction of the galaxy cluster LCDCS-S001. The

Table 4. Predicted and observed relative line fluxes ($H\beta = 100$)

Line	Obs.	Mod.
[O III] λ 5007	41.95 \pm 1.97	48.00
[N II] λ 6584	98.50 \pm 4.24	98.00
[S II] λ 6717	36.18 \pm 2.02	36.00
[S II] λ 6731	32.61 \pm 3.61	33.00

photometric and spectroscopic data were obtained with the GMOS instrument in the Gemini South Observatory and consists of an i' -band image for the cluster field and spectra centered at 7500 Å. The main findings are the following:

(i) Redshifts of $z = 0.7464$ and $z = 0.7465$ were determined for the field galaxies ID 440 and ID 461, respectively. For the other six galaxies we have confirmed the redshift calculated by Rembold & Pastoriza (2006). The redshifts of the field galaxies are in the range of $0.2201 < z < 0.7784$

(ii) Stellar velocity dispersions were measured for 5 field galaxies and were found to be in the range of $200 < \sigma < 346 \text{ km s}^{-1}$.

(iii) Blue luminosities were calculated for 6 galaxies which are brighter than $M_B = -18.64$.

(iv) The galaxies ID 180, ID 266, ID 428 and ID 461 follow the Faber-Jackson relation and therefore are early-type. In these galaxies we did not detect a brightening of the B luminosity with respect to the local galaxies.

(v) Lick indices were measured for ID 120 and ID 146 and used to determine their stellar population properties, by means of spectral synthesis. In a general way, we found that ID 146 has an dominant contribution of an old stellar population ($\approx 10 \text{ Gyr}$) of sub-solar metallicity. ID 120 presents a spectrum with both emission and absorption lines, having an important contribution, of about 47 %, of young stellar population and a significant contribution of about 32% of older population ($\approx 10 \text{ Gyr}$). The spectrum of ID 120 is better fitted with solar metallicity. Large reddening values of $E(B - V) = 0.90$ and $E(B - V) = 0.82$ were derived for ID 120 and ID 146, respectively.

(vi) According to the classical diagnostic diagrams the emission lines present in ID 120's spectrum are produced in an H II region. An electron density of $N_e = 377 \pm 184 \text{ cm}^{-3}$ was derived from the $[S \text{ II}]\lambda 6716/\lambda 6731$ ratio.

(vii) The values of $12 + \log(O/H) = 8.65$ and $M_B = -18.75$ derived for ID 120 are compatible with the values of luminosity and metallicity found by other authors for galaxies at intermediate redshifts.

Acknowledgments We thank the referee, Dr. Florence Durret, for helpful comments and suggestions. This work has been partially supported by the Brazilian institution CNPQ.

REFERENCES

Allende Prieto, C., Lambert, D. L., & Asplund, M. 2001, ApJ, 556, L63
 Barrientos, L. F., Schade, D., & Lopez-Cruz, O. 1996, ApJ, 460, L89
 Bica, E. 1988, A & A, 195, 9
 Bowen, I. S. 1960, ApJ, 132, 1
 Bruzual, G., & Charlot, S. 2003, MNRAS, 344, 1000

Butcher, H., & Oemler, A., Jr. 1984, ApJ, 285, 426
 Castaneda, H. O., Vilchez, J. M., & Copetti, M. V. F. 1992, A & A, 260, 370
 Contini, T., Treyer, M. A., Sullivan, M., & Ellis, R. S. 2002, MNRAS, 330, 75
 Copetti, M. V. F., Mallmann, J. A. H., Schmidt, A. A., & Castañeda, H. O. 2000, A & A, 357, 621
 Dors, O. L., Jr., & Copetti, M. V. F. 2006, A&A, 452, 473
 Dressler, A., Lynden-Bell, D., Burstein, D., Davies, R. L., Faber, S. M., Terlevich, R. J., Wegner, G., 1987, ApJ, 313, 42
 Faber, S. M., & Jackson, R. E. 1976, ApJ, 204, 668
 Ferland, G. J. 2002, Hazy, a brief introduction to Cloudy 96.03, Univ. Kentucky, Dept. Phys., Astron. internal report
 Fritz, A., Ziegler, B. L., Bower, R. G., Smail, I., & Davies, R. L. 2005, MNRAS, 358, 233
 Keenan, F. P., Hibbert, A., Ojha, P. C., & Conlon, E. S. 1993, Phys. Scr. A, 48, 129
 Kornnedy, J. 1977, ApJ, 217, 406
 Lamareille, F., Contini, T., Le Borgne, J.-F., Brinchmann, J., Charlot, S., & Richard, J. 2006a, A & A, 448, 893
 Lamareille, F., Contini, T., Brinchmann, J., Le Borgne, J.-F., Charlot, S., & Richard, J. 2006b, A & A, 448, 907
 Lilly, S. J., Carollo, C. M., & Stockton, A. N. 2003, ApJ, 597, 730
 Maier, C., Lilly, S. J., Carollo, C. M., Stockton, A., & Brodwin, M. 2005, ApJ, 634, 849
 Mouhcine, M., Bamford, S. P., Aragón-Salamanca, A., Nakamura, O., & Milvang-Jensen, B. 2006, MNRAS, 369, 891
 Nakamura, O., Aragón-Salamanca, A., Milvang-Jensen, B., Arimoto, N., Ikuta, C., & Bamford, S. P. 2006, MNRAS, 366, 144
 Pastoriza, M. G., Donzelli, C. J., & Bonatto, C. 1999, A & A, 347, 55
 Poggianti, B. M., Smail, I., Dressler, A., Couch, W. J., Barger, A. J., Butcher, H., Ellis, R. S., & Oemler, A. J. 1999, ApJ, 518, 576
 Puech, M., Flores, H., Hammer, F., & Lehnert, M. D. 2006, A & A, 455, 131
 Ramsbottom, C. A., Bell, K. L., & Stafford, R. P. 1996, ADNDT, 63, 57
 Rembold S., & Pastoriza, M. G. 2006, MNRAS, in press
 Schmitt, H. R., Bica, E., & Pastoriza, M. G. 1996, MNRAS, 278, 965
 Serote Roos, M., Lobo, C., Durret, F., Iovino, A., & Márquez, I. 2005, A & A, 429, 101
 Trager, S. C., Worthey, G., Faber, S. M., Burstein, D., & Gonzalez, J. J. 1998, ApJS, 116, 1
 Treu, T., Stiavelli, M., Casertano, S., Møller, P., & Bertin, G. 2002, ApJ, 564, L13
 van Dokkum, P. G., Franx, M., Kelson, D. D., & Illingworth, G. D. 2001, ApJ, 553, L39
 Veilleux, S., & Osterbrock, D. E. 1987, ApJS, 63, 295
 Worthey, G., & Ottaviani, D. L. 1997, ApJS, 111, 377
 Ziegler, B. L., & Bender, R. 1997, MNRAS, 291, 527

This paper has been typeset from a TeX/LaTeX file prepared by the author.