

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE FÍSICA

FOTOMETRIA FOTOGRÁFICA SUPERFICIAL  
DAS GALÁXIAS NGC 2855 E NGC 6771\*

*Maria de Fátima Saraiva Schröder*

FT 95.45.D (P.99)

Dissertação realizada sob a orientação da Dra. Miriani Griselda Pastoriza, apresentada ao Instituto de Física da UFRGS em preenchimento parcial dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Física.

\* Trabalho parcialmente financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES).

Porto Alegre

1984

*Para*

*Nilva, Sulei, Celso e Karina.*



## Agradeco

A Miriani Pastoriza pela indicaçãõ do trabalho e pela constante orientaçãõ e apoio durante sua realizaçãõ, assim como por ter feito parte das observações.

A Thaisa Bergmann por ter cedido duas de suas placas e pelas vãrias sugestões e esclarecedoras discussões.

A Horãcio Dottori pelas valiosas sugestões.

Ao Grupo de Astronomia em geral pelo apoio.

Aos astrõnomos do Observatõrio Nacional, Nicolacci da Costa, Paulo Pellegrini, Charles Ritẽ e Reinaldo de Carvalho por terem nos cedido o programa de tratamento de imagens por eles desenvolvido e orientado em sua aplicaçãõ, e principalmente ao Charles pela inestimãvel ajuda pres-tada no uso do microdensitõmetro PDS e do computador PDP-8.

A Adalberto Vasquez por ter nos cedido o programa BTALL de ajuste de curvas e nos orientado em sua aplicaçãõ.

A Arthur Boos pela assistẽncia junto ao computador HP21.

Ao pessoal do Observatõrio Astrofõsico Brasileiro pela atençãõ dispensada no perõodo de observaçãõ.

Ao Isaãas pela ajuda nas observações em Morro Santana.

A todos os colegas de sala pela colaboraçãõ e apoio e particu-  
larmente ao Sãrgio Bisch pelo auxõlio na elaboraçãõ dos programas computa-  
cionais.

A Cleto Tartarelli e Maria Cecilia do Amaral pelo cuidado dis-  
pensado às fõguras e ã datilografia.

Ao Celso pela ajuda na cõpia das placas e na elaboraçãõ dos de-  
senhos, e principalmente pelo apoio e carinho de todos os momentos.

A todas as demais pessoas que de alguma forma contribuõram pa-  
ra a realizaçãõ deste trabalho.

## RESUMO

Fotometria fotográfica superficial no sistema BV foi realizada para duas galáxias SO's do hemisfério sul, NGC 2855 e NGC 6771. Foram obtidos mapas de isofotas nas duas cores e determinados parâmetros geométricos e integrados característicos das galáxias, tais como ângulo de posição, inclinação, diâmetros, magnitudes e cores integradas. Cada perfil de luminosidade foi decomposto em contribuição devido ao bojo e ao disco, sendo cada componente ajustada com leis adequadas. Para NGC 2855, a lei de de Vaucouleurs descreveu bem o bojo, enquanto o disco mostrou forma exponencial. Para NGC 6771 tanto o bojo nuclear, que se verificou ser barrado, como o disco, foram melhor ajustados por exponenciais. Foram identificadas componentes adicionais de luminosidade tais como uma lente bem desenvolvida em NGC 6771 e um anel interno, fragmentado em NGC 2855 e bem definido, contribuindo com grande parte da luz azul, em NGC 6771. Nesta galáxia o eixo menor, orientado quase perpendicularmente ao plano do disco, apresenta indícios de outra componente de luminosidade além do bojo e do disco visto inclinado. O brilho superficial central do disco foi encontrado ser mais fraco que o valor padrão de Freeman nas duas galáxias. Os parâmetros de ajuste do bojo e do disco foram usados para determinar as razões entre as luminosidades dessas duas componentes assim como sua contribuição à luminosidade total. A dominação da luz do bojo sobre a do disco ficou evidente nas duas galáxias. A partir dos perfis de luminosidade nas duas cores foram estimados os gradientes de cor ( $\mu_B - \mu_V$ ). Em ambas as galáxias os índices de cor locais decresceram do centro em direção à região externa, sendo esse efeito relativamente suave em NGC 2855 e mais pronunciado em NGC 6771.



## ABSTRACT

Photographic surface photometry in the BV system was made for two southern SO's galaxies, NGC 2855 and NGC 6771. Isophote B and V maps were obtained as well as geometric and integrated parameters as position angles, inclination, diameters, magnitudes and integrated colors. Each luminosity profile was decomposed into bulge and disk contributions, each component being fitted to convenient laws. For NGC 2855 de Vaucouleurs' law described well the bulge whereas the disk showed an exponential distribution. For NGC 6771 the barred nuclear bulge as well as the disk was best fitted by exponential laws. Additional luminosity components due to an inner fragmented ring were identified in NGC 2855 and due to both a quite prominent lens and a well defined ring in NGC 6771. In this galaxy the minor axis, oriented almost edge-on, present clues of another luminosity component besides the bulge and the thin disk. For both galaxies the disk central surface brightness was found to be fainter than the standart value observed by Freeman. The fitting parameters were used to determine the bulge-to-disk luminosity ratios as well as their contribution to total luminosity. The domination by the bulge light over the disk light was clear in both galaxies. From the B and V luminosity profile the color gradients were estimated. For both objects the local color indices decreased from inner to outer regions, this effect being relatively smooth in NGC 2855 and more prominent in NGC 6771.

## ÍNDICE

I - INTRODUÇÃO	1
I.1 - Morfologia e Origem das Galáxias SO's	1
I.2 - Distribuições de Luminosidade Observadas em Galáxias SO's	4
I.3 - Objetivos do Trabalho	6
II - APRESENTAÇÃO DOS OBJETOS ESTUDADOS, OBSERVAÇÃO E REDUÇÃO DOS DADOS	9
II.1 - Apresentação dos Objetos	9
II.2 - Material Observacional	12
II.3 - Redução Fotométrica das Placas Fotográficas	14
III - PARÂMETROS GEOMÉTRICOS E PARÂMETROS INTEGRADOS	24
III.1 - Parâmetros Geométricos	24
III.2 - Parâmetros Integrados	25
III.3 - Conclusões	32
IV - PERFIS DE LUMINOSIDADE: DISTRIBUIÇÕES DE BRILHO, COMPONENTES DE LUMINOSIDADE E GRADIENTES DE COR	35
IV.1 - Construção dos Perfis de Luminosidade	35
IV.2 - Determinação dos Perfis Médios	40
IV.3 - Decomposição dos Perfis de Luminosidade	42
IV.4 - Razão entre as Luminosidades do Bojo e do Disco, Frações de Luminosidade e Magnitude Absoluta de cada Componente	51
IV.5 - Perfis ( $\mu_B - \mu_V$ ) - Gradientes de Cor	54
IV.6 - Conclusões	57
V - DESEMPENHO DO MICRODENSITÔMETRO ZEISS-JENA	61
VI - CONCLUSÕES FINAIS	64



VI.1 - Resultados Principais	64
VI.2 - Sugestões para Complementação do Trabalho	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
TABELAS	72
FIGURAS	87

## I - INTRODUÇÃO

### I.1 - Morfologia e Origem das Galáxias S0's

A classe das galáxias S0's (lenticulares) permaneceu ignorada até 1936, quando foi introduzida por Hubble como uma classe mais ou menos hipotética para preencher uma aparente lacuna entre os tipos E7 e Sa. A razão da dificuldade em seu reconhecimento está na sua grande semelhança com galáxias elípticas ou espirais Sa em placas de pequena escala. No entanto, com o acúmulo de boas fotografias de longa exposição, tomadas entre 1936 e 1950, foram reconhecidos numerosos sistemas mais achatados que E7 porém sem resquícios de estrutura espiral, ficando estabelecida observacionalmente a classe S0.

Objetos S0's têm a aparência suave de elípticas, embora sua distribuição de luminosidades lembre aquela de espirais sem braços. São caracterizadas por um núcleo brilhante e uma lente central rodeada por um envelope fraco, difuso e algumas vezes extenso. À maneira das espirais, apresentam um plano central bem definido, distinto do núcleo, constituindo o disco da galáxia. Nos estágios mais próximos das espirais aparecem linhas circulares de absorção. Sandage (1961) divide a classe em três grupos: S0<sub>1</sub>, S0<sub>2</sub> e S0<sub>3</sub>. O tipo S0<sub>1</sub> é o primeiro na classe, sendo o mais próximo da forma E. Ele apresenta uma forma alisada, com uma distribuição de luz contínua, sem vestígios de faixas de absorção ou qualquer estrutura espiral. As galáxias S0<sub>2</sub> já apresentam alguma estrutura no disco e leves que-



bras em sua distribuição de luminosidade. O subgrupo  $SO_3$  tem como aspecto mais marcante uma faixa de absorção rodeando o núcleo, geralmente menos visível no lado distante, o que se acredita ser um efeito de orientação.

De Vaucouleurs (1959a) também distingue três estágios na classe lenticular, denotados  $SO^-$ ,  $SO^0$  e  $SO^+$ , além de um estágio de transição entre  $SO$  e  $Sa$  designado  $SO/a$ .

A classe  $SO$  também aparece na seqüência das barradas, onde se caracteriza por apresentar um núcleo, uma lente de baixa intensidade concêntrica com o núcleo e ocasionalmente um envelope externo e/ou um anel externo. Tanto na classificação de Sandage quanto na de de Vaucouleurs se mantêm os três estágios distinguidos na seqüência das normais.

A origem das galáxias  $SO$ 's tem sido exhaustivamente estudada por vários pesquisadores, devido à sua importância na questão de evolução galáctica. O fato dessas galáxias terem a aparência de espirais das quais foi retirada a componente de população I parece sugerir uma relação evolutiva entre as duas classes (Spitzer and Baade, 1951). Por outro lado, o fato das espirais e  $SO$ 's possuírem um achatamento intrínseco maior que o das elípticas parece constituir um impedimento à evolução ao longo da seqüência de Hubble, favorecendo a idéia de que os tipos morfológicos das galáxias são definidos na época de sua formação (Sandage et al., 1970).

Com base nesses fatos, as teorias presentes sobre a origem das  $SO$ 's podem ser divididas em dois grupos principais, conforme considerem que a estrutura e conteúdo atuais de uma galáxia são produtos de suas interações com galáxias vizinhas,



ou de suas condições iniciais de formação (Burstein, 1979a).

As teorias do primeiro grupo propunham que as S0's eram inicialmente espirais das quais o pó e o gás foram removidos por algum processo como colisão em cúmulos de galáxias (Spitzer and Baade, 1951), por pressão de arraste devido ao movimento do gás dentro dos cúmulos (Gunn and Gott, 1972), por ventos galácticos (Mathews and Baker, 1971; Faber and Gallagher, 1976) ou outros. Um modelo recente de Larson, Tinsley and Caldwell (1980) propõe uma hipótese modificada da teoria das espirais despojadas do gás, segundo a qual tanto as espirais como as S0's teriam, originalmente, extensos envelopes ricos em gás, o qual seria acrescido continuamente ao disco, compensando a perda de gás por formação de estrelas. Nesse contexto, as galáxias S0's seriam sistemas dos quais esse gás periférico e difuso, e não o gás denso dos discos, foi removido por colisão.

Um dos fundamentos básicos das teorias ambientais é a observação de que galáxias S0's tendem a se agrupar em cúmulos. Entretanto, elas dificilmente explicam a existência de S0's isoladas.

Outros argumentos usados pelos adeptos das teorias do segundo grupo contra a formação das S0's por transmutação das espirais são as diferentes razões entre as luminosidades do bojo e do disco ( $\frac{B}{D}$ ) entre espirais e S0's (Burstein, 1979b; Boroson, 1981), o maior tamanho absoluto do bojo das S0's em relação ao das espirais (Dressler, 1980) e a falta generalizada de evidências de que as influências ambientais possam modificar significativamente as propriedades de galáxias (Bothum, 1982).

Uma terceira possibilidade sobre a origem das S0's



é de que tanto as condições iniciais de formação, como as condições locais em que vive o sistema, influem na determinação de sua estrutura atual (de Souza, 1983). Contudo, uma solução definitiva para o problema de formação das galáxias SO's não foi apresentada até o momento.

## I.2 - Distribuições de Luminosidade Observadas em Galáxias SO's

A morfologia das galáxias lenticulares, assim como as espirais, pode ser descrita grosseiramente em termos das duas componentes principais, o bojo nuclear (esferóide) e o disco, além de outros detalhes estruturais tais como barras, lentes, anéis internos ou externos, considerados também como componentes distintas, porém secundárias (Kormendy, 1979). Em vista disto, diversos autores têm considerado a questão de separar o perfil de luminosidade dessas galáxias em contribuição devido a componente esferoidal e ao disco.

Várias funções analíticas têm sido usadas para descrever a luminosidade do esferóide. As mais conhecidas são as funções de Hubble (1930), de de Vaucouleurs (1948) e de King (1966), tendo sido as duas primeiras em princípio propostas para descrever perfis de luminosidade de galáxias elípticas, e a de King designada para cúmulos globulares. Nenhuma dessas leis tem qualquer base física, porém foram encontrados ajustando empiricamente os dados. Uma análise e comparação entre essas três funções, feita por Kormendy (1977c), levou-o a concluir que em

bora todas essas funções meçam essencialmente as mesmas quantidades físicas, a lei de de Vaucouleurs  $\log \frac{I}{I_e} = -3.33 \left[ \left( \frac{r}{r_e} \right)^{1/4} - 1 \right]$  é a forma analítica mais conveniente.

Freeman (1970) fez um estudo detalhado sobre as propriedades dos discos em 36 galáxias "face-on" onde essas componentes eram dominantes. Concluiu que seus perfis geralmente seguem uma lei exponencial do tipo  $I = I_0 e^{-\alpha r}$ , que concorda com os resultados encontrados por de Vaucouleurs (1959b) sobre a distribuição de luminosidade nas regiões externas de espirais "late-type".

Outro resultado importante do estudo de Freeman foi a medida de um valor de intensidade central aproximadamente constante em torno de 21.65 mag B/□" para 28 das 36 galáxias estudadas. Esse aspecto foi discutido por Kormendy (1977b) que atribuiu a constância de  $I_0$  ao fato de Freeman não ter levado em conta a contribuição do esferóide à luminosidade dos perfis, concluindo que discos reais poderiam ser bem mais fracos.

Trabalhos recentes em fotometria superficial têm confirmado a adequação das funções citadas para ajustar perfis de luminosidade de galáxias espirais e S0's. Afastamentos dos modelos são geralmente devidos a peculiaridades morfológicas como lentes e anéis, que apresentam distribuição aproximadamente gaussiana (Tsikoudi, 1979a) e devem portanto ser tratadas como componentes à parte.



### I.3 - Objetivos do Trabalho

Como foi comentado na seção I.1, o estudo de galáxias S0's é especialmente interessante devido ao importante papel que desempenham na questão de formação e evolução galáctica.

A tentativa de esclarecer esse problema levou vários pesquisadores, nas últimas décadas, a se deter no estudo morfológico desses sistemas. A maioria das investigações feitas, entretanto, foi baseada em um conjunto limitado de dados fotométricos.

Pesquisas profundas nesse campo, com a aquisição de novos dados, foram realizadas recentemente por Kormendy (1977), Burstein (1979), Tsikoudi (1979) e Boroson (1981). Kormendy estudou galáxias normais e compactas, na maioria S0's, encontrando que a lei  $R^{1/4}$  em geral ajusta os esferóides dessas galáxias, mas em muitas delas o disco é definitivamente não exponencial, sugerindo a existência de um corte interno. Burstein analisou os perfis de luminosidade de 17 galáxias S0's, concluindo que, na maioria, esses sistemas podem ser decompostos em um bojo seguindo a lei  $R^{1/4}$  e um disco mais ou menos exponencial, não requerendo, entretanto, o corte interno proposto por Kormendy. Os parâmetros do bojo e do disco foram usados para determinar uma razão  $\frac{D}{B}$  variando de 0.2 a 3.0. Outro resultado importante de Burstein diz respeito à distribuição de luz de sistemas altamente inclinados em relação ao plano do céu para os quais ele identificou uma nova componente da estrutura galáctica, medida na direção perpendicular ao plano, e que cha-

mou de "disco espesso".

As investigações de Tsikoudi e de Boroson, baseadas em amostras pequenas de galáxias SO's, conduziram a resultados semelhantes aos de Burstein.

A maioria dos estudos mencionados foram realizados na cor B. Um estudo comparativo dos parâmetros fotométricos e estruturais dessas galáxias, nas cores B e V, é importante e necessário para identificar seus subsistemas constituintes e o tipo de população predominante em cada um.

Esse é o primeiro objetivo deste trabalho, para o que escolhemos duas galáxias lenticulares, NGC 2855 e NGC 6771, para as quais determinamos, por meio de fotometria fotográfica no sistema BV, mapas de isofotas, magnitudes e cores integradas, distância, inclinação, distribuição de luminosidade das componentes bojo e disco, razões entre as duas componentes e gradientes de cor.

O segundo objetivo do trabalho foi verificar o desempenho do microdensitômetro Zeiss Jena recentemente adquirido pelo nosso instituto. Essa análise foi feita comparando os resultados por ele obtidos com os resultados do microdensitômetro PDS também utilizado na redução dos dados.

No capítulo II apresentamos as características principais dos objetos estudados, as observações e a redução dos dados. No capítulo III descrevemos a obtenção de alguns parâmetros geométricos e integrados das galáxias, tais como ângulo de posição, inclinação, diâmetros aparentes, magnitudes e cores integradas. A construção, análise e decomposição dos perfis de luminosidade nas duas cores é feita no capítulo IV. No ca-



capítulo V analisamos o desempenho do microdensitômetro ZJ comparado com o PDS. As conclusões finais do trabalho são apresentadas no capítulo VI.

## II - APRESENTAÇÃO DOS OBJETOS ESTUDADOS, OBSERVAÇÃO E REDUÇÃO DOS DADOS

### II.1 - Apresentação dos Objetos

#### II.1.a - NGC 2855

É uma galáxia brilhante, com magnitude azul total estimada em  $B_T = 12.45$ , índice de cor  $(B-V)_T = 0.9$  e diâmetro isofotal em 25 mag B/□"  $D_{25} = 269'$ , no Second Reference Catalogue of Bright Galaxies (RC2; de Vaucouleurs, de Vaucouleurs and Corwin, 1976). Está localizada em  $\alpha = 9^h 19^m$ ,  $\delta = -11^\circ 41'$ ,  $l^{II} = 243.3$  e  $b^{II} = 25.9$ , próxima à constelação da Hydra.

A velocidade radial  $V_{(r)} = 1660$  km/s (RC2) e  $H = 85$  km/s.Mpc conduzem a um módulo de distância  $(m-M) = 31.45$  e um fator de escala  $1'' = 0.09$  Kpc.

Na fotografia mostrada na figura 1.a (placa 71) NGC 2855 apresenta três zonas distintas: a) o núcleo central grande, esférico e brilhante; b) uma região intermediária, de forma mais alongada e menos brilhante mas ainda bem definida; e c) a região de luminosidade difusa do disco, na qual se encontra embebido um anel de absorção fragmentado.

Sandage (1961) identifica uma estrutura espiral nesse anel de absorção. Os braços espirais seriam definidos pelas franjas de  $p\bar{o}$  circulares que dariam à galáxia o aspecto de um tipo em transição entre lenticular "late" e espiral "early". Por isso classificou-a como  $SO_3/Sa(r)$ . No RC2 ela está classificada como (R) SA (rs) 0/a, isto é, uma SO/a (estágio  $T = 0$ ),



sem barra, com um anel interno não bem definido, rodeada por um anel externo.

Fotometria superficial de NGC 2855 foi feita anteriormente por Boroson (1981) num programa que incluía 26 galáxias espirais. Boroson estudou sua distribuição de luminosidade, decompondo seu perfil em contribuições do bojo e do disco. Achou que a primeira dessas componentes era a dominante. Fez também um cálculo acurado da inclinação, encontrando um valor de  $44.3^\circ$ .

Griersmith (1980 a,b) derivou algumas propriedades fotométricas de NGC 2855, juntamente com outras 251 galáxias, com a finalidade de estudar a relação cor-magnitude absoluta para espirais "early-type". Entre os resultados estão as magnitudes e cores em dois diafragmas mostradas nas tabelas III e IV, a magnitude total corrigida  $m_V = 10.85$  e o índice de cor corrigido  $B-V = 0.91$ .

Outros dados existentes sobre NGC 2855 são as medidas dos diâmetros de algumas de suas componentes estruturais por de Vaucouleurs and Buta (1980a). Os valores encontrados foram  $0.21$  para o núcleo,  $1.30$  para a lente,  $0.75$  para o anel interno e  $3.20$  para o pseudo-anel externo. O diâmetro do anel foi usado posteriormente para determinar um módulo de distância de  $30.98$  (Buta and de Vaucouleurs, 1983).

#### II.1.b - NGC 6771

NGC 6771 é a componente mais fraca de um trio de ga

lãxias muito luminoso localizado no Pavãõ. Suas coordenadas sãõ  $\alpha = 19^{\text{h}}4^{\text{m}}$ ,  $\delta = -60^{\circ}.34'$ ,  $l^{\text{II}} = 336^{\circ}.1$  e  $b^{\text{II}} = 209^{\circ}.4$ .

A magnitude B total, índice de cor (B-V) e diãmetro isofotal em 25 mag/□" estimados na RC2 para essa galãxia sãõ  $B_{\text{T}} = 13.54$ ,  $(B-V)_{\text{T}} = 1.06$  e  $D_{25} = 2.57$ . A velocidade radial  $V_{\text{O}} = 4108$  km/s (RC2) e  $H = 85$  km/s.Mpc sugerem um mõdulo de distãncia (m-M) = 33.42 e um fator de escala 1" = 0.234 Kpc.

No RC2 NGC 6771 estã classificada como SB(?) $(r)0^{\text{+sp}}$ , isto ẽ, uma S0 "late" (estãgio T = -1), com um anel interno e talvez uma barra, e um eixo (spindle) por causa de sua orientaçaõ "edge-on". A fotografia da figura 1.e (placa 106) mostra a regiãõ nuclear brilhante e alongada na direçaõ do eixo maior, rodeada por uma regiãõ de luminosidade um pouco mais difusa, de aparẽncia retangular na parte central e afunilando-se para as bordas na direçaõ do eixo maior. Uma franja de absorçaõ ẽ vista atravessando a galãxia nessa direçaõ, passando por baixo do nũcleo.

NGC 6771 teve fotometria fotogrãfica superficial na cor B feita por Sãrsic (1968) que construiu seu mapa de isofo-tas, determinou sua magnitude total corrigida ( $m_{\text{t}} = 12.97$ ) e alguns parãmetros fotomãtricos por ele definidos.

A galãxia ẽ mencionada em trẽs estudos sobre fotome-tria UBV em mũltiplos diafragmas por Sandage (1975), Wegner (1979) e Griersmith (1980 a). Sandage (1975) determinou sua ve-locidade radial  $V_{\text{O}} = 4134$  km/s e magnitude visual na isofota 26 mag/□"  $V_{26} = 12.50$ .

De Vaucouleurs and Buta (1980) calcularam os diãme-tros de sua regiãõ nuclear, de sua lente e de seu anel interno,



encontrando, para o eixo maior de cada componente, os valores 0:30, 1:15 e 0:90 respectivamente.

Sadler (1984 a) recalculou sua magnitude B e o índice de cor (B-V) totais, achando os valores  $B_T = 13.6$  e  $B-V = 1.09$ . Foi observada também em rádio, em 27 GHz, pela mesma autora (1984 b).

## II.2 - Material Observacional

Placas fotográficas diretas foram obtidas com a câmara Cassegrain adaptada ao telescópio de 1.60 m e escala de 12.5 "/mm do Observatório Astrofísico Brasileiro em Pico dos Dias, Brasópolis, MG, em três turnos de observação, realizados em abril de 82, abril de 83 e agosto de 83. Uma combinação de placas 103 a-0 ou II a-0 mais filtro GG 385 foi usado para reproduzir a banda passante B do sistema de Johnson ( $\lambda_{\text{eff}} \sim 4300 \text{ \AA}$ ) e de placas II a-D mais filtro GG-495 para reproduzir a banda passante V do mesmo sistema ( $\lambda_{\text{eff}} \sim 5500 \text{ \AA}$ ). Os detalhes sobre as placas relativas a cada galáxia estão listados nas tabelas I e II.

Para NGC 2855 foram feitas observações fotoelétricas no sistema BV com a finalidade de obter dados adicionais àqueles encontrados na literatura para calibrar a fotometria fotográfica.

As observações foram realizadas em três noites entre fevereiro e abril de 83, no Observatório Astronômico da Univer

cidade Federal do Rio Grande do Sul, em Morro Santana, Porto Alegre, com um telescópio Cassegrain Zeiss-Jena, de 52 cm, f/13 e escala 1.87 ' /mm. Adaptado ao telescópio foi usado um fotômetro fotoelétrico equipado com fotomultiplicadora EMI 9658 RAM.

As medidas foram feitas usando diafragmas circulares com diâmetros de 1!9 e 2!5 e tempos de integração de 32 s ou 64 s no filtro B, e 64 s no filtro V.

O conjunto de estrelas padrões utilizadas para obter os coeficientes de transformação do sistema instrumental ao sistema BV foi tirado da lista de McClure (1976).

O quadro abaixo mostra os resultados das medidas, com desvios padrões calculados pela fórmula

$$\sigma_x = \left[ \frac{1}{n-1} \left( \sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2 \right) \right]^{1/2} \quad (\text{II.1})$$

onde  $n$  é o número de medidas.

RAIO DO DIAFRAGMA (")	V $\sigma$	(B-V) $\sigma$	n
75"	11.38 0.04	0.76 0.08	3
57"	11.66 0.06	0.79 0.01	2



### II.3 - Redução Fotométrica das Placas Fotográficas

Para a redução das placas fotográficas utilizamos dois microdensitômetros: o Photometric Data Systems 1010 A (PDS) e o Zeiss-Jena MD 100 (ZJ). O objetivo desse procedimento foi testar o desempenho deste último aparelho que foi recentemente adquirido por nosso instituto.

As placas 71, 74, 106 e 107 foram reduzidas em ambos os microdensitômetros. Para a redução das demais placas sô usamos o microdensitômetro Zeiss-Jena.

#### II.3.1 - Redução com o Photometric Data Systems (PDS)

Usando uma fenda de  $100 \mu \times 100 \mu$  fizemos, para cada placa, a varredura de uma região retangular centrada na galáxia e de dimensões iguais a duas vezes seus diâmetros máximos aparentes de forma a incluir nessa região parte do céu da placa.

Os "spots" sensitométricos foram varridos em ordem de crescente exposição, usando a mesma fenda usada para a varredura da galáxia. Para as placas de NGC 6771 foram feitas varreduras adicionais com fenda de  $50 \mu \times 50 \mu$ , de uma região contendo apenas a parte central da galáxia. As varreduras foram feitas com movimento "raster" e com passos de mesmo tamanho da largura da fenda.

O método utilizado para reduzir os dados foi aquele desenvolvido no Observatório Nacional e implementado no computador PDP-8 acoplado ao PDS. Esse método se encontra especificado no manual "Image processing at the ON - Surface Photometry" (da Costa et al., 1982), de modo que descreveremos apenas as partes mais importantes de seu desenvolvimento.

As medidas de densidades são convertidas em intensidades via a curva característica da placa, construída ajustando ao conjunto de valores de densidade encontrados para os "spots" sensitométricos, o polinômio proposto por de Vaucouleurs (1968).

$$\log E = \sum_{n=0}^M A_n (\log w)^n$$

onde  $w = 10^{(d-df)} - 1$  é a opacitância,  $d$  é a densidade do "spot" de calibração e  $df$  a densidade do fog químico. Foi escolhido o grau do polinômio  $M = 3$  para todas as placas.

As intensidades assim obtidas se devem à galáxia e ao céu ( $I_{g+c\bar{e}u}$ ), além de estrelas do campo e defeitos da placa. A remoção dessas componentes não desejadas é feita substituindo as densidades das regiões onde elas se encontram por valores obtidos através de interpolação dos pontos vizinhos. Após isso, a intensidade do céu é determinada fazendo a média aritmética de intensidades médias calculadas para duas ou mais regiões diferentes e suficientemente distantes da galáxia para serem representativas do céu ( $I_{c\bar{e}u}$ ). As regiões escolhidas para esse fim foram retângulos de  $\sim 200$  pixels<sup>2</sup>, localizados nas



bordas do retângulo maior contendo a galáxia e parte do céu, conforme o critério explicado anteriormente. A intensidade da galáxia é obtida pela simples subtração  $I_{g+c\acute{e}u} - I_{c\acute{e}u} = I_g$ .

O próximo passo consiste em calibrar fotoeletricamente as intensidades relativas dadas na escala arbitrária do sensitômetro a fim de obter as magnitudes por unidade de área. Para isso, usamos os dados encontrados em publicações (Griersmith, 1980 a; Sandage, 1975) listados na coluna 4 das tabelas III e IV.

A constante de calibração  $K$  é calculada por uma relação do tipo

$$K = m_{\text{fotoel.}}(r) + 2.5 \log L(r)$$

onde  $m_{\text{fotoel.}}(r)$  é a magnitude medida fotoelêtricamente em uma abertura de raio  $r$ , e  $L(r)$  é a luminosidade medida na placa digitalizada dentro de uma região de igual raio  $r$ , centrada no centro da galáxia.

Uma vez determinada a constante de calibração, a magnitude integrada  $m$  é calculada pela equação

$$m = -2.5 \log L - K .$$

Aqui, a luminosidade integrada  $L$  é medida dentro de uma região circular ou retangular previamente escolhida. Para determinar a magnitude integrada total, fizemos a integração dentro de toda a região retangular varrida com o PDS.

A seguir, todo o arquivo em intensidades é transfor

mado em magnitudes superficiais  $\mu$ , aplicando a relação

$$\mu = -2.5 \log I$$

e, a cada ponto, é somada a constante de calibração K. Temos assim a imagem da galáxia em magnitudes. Os perfis de luminosidade são obtidos fazendo leituras dessa imagem ao longo dos eixos desejados.

Com a finalidade de determinar a direção dos eixos maiores e menores da galáxia, assim como o seu achatamento aparente, utilizamos uma rotina que ajusta elipses ao arquivo em magnitudes, pelo método de Carter and Metcalfe (1980), em tantos níveis isoptais quanto se deseja. Para cada elipse são determinados o ângulo que seu eixo maior faz com a direção do eixo de varredura da placa e a razão entre os eixos menor e maior.

### II.3.2 - Redução com o Zeiss-Jena (ZJ)

A varredura das placas foi feita ao longo de vários eixos paralelos à direção leste-oeste para NGC 2855 e sul-norte para NGC 6771, com origem definida mediante uma linha perpendicular à direção do movimento da fenda e separados entre si de 0.5 mm (6.25" na placa). Foi usada uma fenda de  $0.4 \times 0.4 \text{ mm}^2$  que ao percorrer a imagem projetada, a qual é aumentada 20 vezes, tem o tamanho efetivo de  $89.4 \times 89.4 \mu^2$ .

A velocidade de varredura e o tempo de integração na registradora acoplada ao Zeiss-Jena foram escolhidos de modo a



se obter um valor de densidade a cada 0.136" varridos na placa.

Para se conseguir uma boa determinação da linha correspondente ao céu procurou-se estender os perfis a uma distância igual a um diâmetro aparente do objeto.

Uma vez obtidos os perfis, tratou-se de alisá-los de modo a eliminar estrelas do campo e sujeiras de placa.

O método de redução usado a seguir é aquele desenvolvido por Sêrsic em seu "Atlas de Galáxias Australes" (Sêrsic, 1968) que resumiremos a seguir.

Uma vez construída a curva característica da placa, relacionando a deflexão, que é uma medida da densidade, com o logaritmo da exposição que é uma medida de magnitude, determinou-se a intersecção da curva com a deflexão correspondente ao nível do céu, ponto que foi tomado como origem de uma escala de magnitudes aparentes  $\mu_a$  que se referem aos pontos mais brilhantes do que o céu.

Essa curva foi então transformada a fim de permitir relacionar diretamente as deflexões com as magnitudes superficiais verdadeiras ( $\mu$ ) do objeto, a partir da relação

$$\mu - \mu_c = \mu_{rel.} = -2.5 \log (10^{-0.4 \mu_a} - 1) \quad (II.2)$$

onde  $\mu_c$  = brilho superficial médio do céu em torno do objeto.

A seguir foram feitas leituras das coordenadas dos perfis a intervalos de 0.4 ou 0.2 mag em  $\mu_{rel.}$ , a não ser nos

níveis mais fracos ou muito densos onde foram necessários intervalos maiores. As isofotas foram então traçadas manualmente, constituindo os mapas mostrados na figura 2.

Para NGC 2855 (figuras 2 a, b, c e d) as isofotas se apresentam circulares na região nuclear, aumentando continuamente de elipticidade até o início da região do anel. A partir daí se tornam bastante irregulares, com a aparição de várias reentrâncias e saliências que não se repetem em todas as placas.

Para NGC 6771 (figuras 2 e, f e g) as isofotas se apresentam como elipses concêntricas na região interna, aumentando subitamente sua elipticidade na região exterior ao bojo nuclear, quando se tornam muito alongadas. Embora essa galáxia faça parte de um trio, as isofotas externas não apresentam nenhuma distorção evidente devido à interação gravitacional com os demais membros do grupo.

Uma vez traçadas as isofotas, suas áreas  $A$  e seus raios equivalentes  $r^* = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$  (de Vaucouleurs, 1962) foram obtidos.

A luminosidade integrada dentro de cada isofota de magnitude superficial  $\mu$  ( $=\mu_c + \mu_{rel.}$ ) foi determinada a partir da expressão demonstrada por Sérsic (1968)

$$L(\mu) = 10^{-0.4 \mu_c} \left\{ 10^{-0.4 \mu_{rel.}} A(\mu_{rel.}) + 0.921 \int_{\mu_{rel.}}^{\mu} 10^{-0.4 \mu'_{rel.}} A(\mu'_{rel.}) d\mu'_{rel.} \right\} \quad (II.3)$$



Nesta expressão,  $\mu''$  se refere à magnitude da isofota mais brilhante, para a qual se impõe a condição  $A(\mu''_{rel.}) = 0$ .

A integral indicada em (II.3) foi efetuada graficamente, com o auxílio do planímetro, sobre a curva  $10^{-0.4 \mu_{rel.}} A(\mu_{rel.})$  vs  $\mu_{rel.}$  mostrada nas figuras 3.

As magnitudes integradas  $m$  expressam as luminosidades pela relação

$$m = -2.5 \log L(\mu) \quad . \quad (II.4)$$

O conhecimento da luminosidade  $L(\mu)$  requer a determinação da magnitude superficial do céu ( $\mu_c$ ), que calibra o sistema de magnitudes relativas em magnitudes verdadeiras.

Essa determinação foi feita empregando técnicas distintas para cada galáxia, conforme é descrito a seguir.

Para NGC 2855, determinamos  $\mu_c$  comparando magnitudes fotométricas medidas em diferentes diafragmas circulares com as magnitudes relativas integradas obtidas para isofotas com raios equivalentes iguais aos raios das diafragmas. Aqui, chamamos de magnitudes relativas integradas às magnitudes calculadas por

$$m_{rel.} = -2.5 \log \left\{ 10^{-0.4 \mu_{rel.}} A(\mu_{rel.}) + \right. \\ \left. + 0.921 \int_{\mu''_{rel.}}^{\mu_{rel.}} 10^{-0.4 \mu'_{rel.}} A(\mu'_{rel.}) d\mu'_{rel.} \right\} \quad (II.5)$$

Comparando (II.3), (II.4) e (II.5) vemos que

$$m = \mu_c + m_{rel}. \quad (II.6)$$

Se as isofotas forem aproximadamente circulares, não haverá um erro muito grande se considerarmos que as magnitudes integradas verdadeiras ( $m$ ) dessas isofotas coincidem com as magnitudes fotoelétricas calculadas dentro de diafragmas circulares de raios iguais aos das isofotas. Portanto, de (II.6) temos que

$$m_{fotoel.} = \mu_{cZJ} + m_{rel}. \quad (II.7)$$

onde  $m_{fotoel.}$  é a magnitude fotoelétrica medida para a isofota em questão. Por conveniência colocamos o subíndice ZJ no termo que designa a magnitude superficial do céu obtida pela redução com esse aparelho.

Para cada placa, a equação (II.7) foi resolvida tantas vezes quantas eram as medidas fotoelétricas disponíveis. A magnitude do céu para cada placa,  $\bar{\mu}_{cZJ}$ , foi determinada fazendo a média aritmética dos valores obtidos.

O próximo quadro mostra os valores de magnitudes fotoelétricas  $m_{fotoel.}$ , magnitudes relativas  $m_{rel.}$  e magnitude do céu  $\mu_{cZJ}$  determinadas para as placas 71, 74, 213 e 214. Na primeira coluna são listados os raios dos diafragmas usados. As medidas fotoelétricas indicadas de forma convencional na primeira e segunda linhas foram obtidas por Griersmith (1980) e a da terceira linha foi obtido por nós, conforme foi explicado na seção II.1. Na última linha estão listados os valores médios



$\bar{\mu}_C$  obtidos. Os erros em  $\mu_{CZJ}$  são os desvios padrões calculados pela fórmula (II.1).

RAIO DO DIAFRAGMA (")	PLACA Nº 71 (B)			PLACA Nº 74 (V)			PLACA Nº 213 (B)			PLACA Nº 214 (V)		
	B	$m_{Brel.}$	$\mu_{CZ}$	V	$m_{Vrel.}$	$\mu_{CZ}$	B	$m_{Brel.}$	$\mu_{CZJ}$	V	$m_{Vrel.}$	$\mu_{CZJ}$
17.95	13.27	-8.26	21.53	12.26	-7.09	19.35	13.27	-8.9	22.17	12.26	-8.64	20.9
27.20	12.89	-8.68	21.57	11.89	-7.38	19.27	12.89	-9.21	22.10	11.89	-8.99	20.88
57.00	12.45	-9.07	21.52	11.66	—	—	12.45	-9.57	22.02	11.66	—	—
	$\bar{\mu}_{CZJ} = 21.54 \pm 0.02$			$\bar{\mu}_{CZJ} = 19.30 \pm 0.05$			$\bar{\mu}_{CZJ} = 22.09 \pm 0.07$			$\bar{\mu}_{CZJ} = 20.89 \pm 0.01$		

Para NGC 6771 esse método de determinação da magnitude do céu não é adequado devido a que, estando a galáxia de perfil e conseqüentemente as isofotas serem bastante alongadas, não é válido supor que as magnitudes integradas dessas isofotas são iguais às magnitudes fotoelétricas calculadas dentro de diafragmas circulares de raios iguais aos seus raios equivalentes.

Os perfis de luminosidade de uma galáxia obtidos por diferentes métodos e até mesmo de diferentes placas, desde que sejam tomados ao longo dos mesmos eixos devem coincidir ao menos na região intermediária entre o núcleo e a parte mais externa. Considerando isso, superpomos os perfis obtidos a partir das isofotas àqueles obtidos com o PDS. Procuramos a região onde havia coincidência entre eles e determinamos a magnitude do céu pela diferença entre a magnitude superficial calibrada do perfil do PDS e a magnitude superficial relativa do perfil do ZJ.

A tabela V mostra, na coluna (3), os valores determi

nados para  $\mu_c$  pelos métodos descritos. Na coluna (4) estão relacionados os valores de  $\mu_c$  determinados pela redução com o PDS para as placas em que isso for possível. A coluna (5) apresenta os valores adotados para calibrar as magnitudes relativas que, no caso das placas 71, 74 e 106 são a média aritmética entre os valores das colunas (3) e (4). Para a placa 107 tivemos dificuldade de determinar a melhor zona de coincidência entre os perfis do PDS e do ZJ de modo que resolvemos utilizar como constante de calibração a magnitude do céu medida pelo PDS.



### III - PARÂMETROS GEOMÉTRICOS E PARÂMETROS INTEGRADOS

#### III.1 - Parâmetros Geométricos

A partir das elipses ajustadas aos níveis isofotais mais externos determinados pela redução com o PDS das placas B (ver último parágrafo da seção II.3.1), foi determinado o ângulo de posição do eixo maior de cada galáxia, medido em relação à direção norte-sul e de norte para leste.

A inclinação foi estimada considerando que a forma das galáxias S0's pode ser aproximada por um esferóide oblato (Holmberg, 1975). A validade dessa hipótese foi comprovada verificando que as razões axiais  $\frac{b}{a}$  derivadas em níveis isofotais regularmente espaçados se mantinha aproximadamente constante na região mais externa (de Vaucouleurs, 1962). Nesse caso, a inclinação  $i$  do plano equatorial em relação à linha de visada é dada pela relação demonstrada por Hubble (de Vaucouleurs, 1962)

$$\cos^2 i = \frac{q^2 - q_0^2}{1 - q_0^2}$$

onde  $q$  é a razão axial aparente  $\frac{b}{a}$  e  $q_0$  é a razão axial intrínseca do esferóide, que tomamos como 0.25 (Sandage et al., 1970).

A tabela VI mostra o ângulo de posição (coluna 3), a razão axial aparente (coluna 4), o nível de magnitude superficial em que essas propriedades foram calculadas (coluna 2) e a inclinação (coluna 5) das galáxias estudadas. Os valores encon

trados para NGC 2855 podem ser comparados com aqueles medidos por Boroson (1981), de  $AP = 125^\circ$ ,  $\frac{b}{a} = 0.79$  e  $i = 44^\circ.3$ . Os diâmetros aparentes maiores e menores das galáxias, medidos nos níveis mais externos dos mapas de isofotas referentes às placas de maior exposição estão mostrados na tabela VII, em segundos de arco e parsecs, estes últimos tendo sido calculados usando os fatores de escala dados na seção II.1.

### III.2 - Parâmetros Integrados

#### III.2.1 - Magnitudes e Cores Totais

As magnitudes integradas totais obtidas a partir dos dados medidos com o PDS pelo procedimento descrito na seção II.3.1 estão listadas nas colunas (2) e (3) da tabela IX.

A determinação das magnitudes integradas totais seguindo o método de Sérsic, aplicado aos dados medidos com o ZJ, consiste em obter a luminosidade total da galáxia diretamente a partir da expressão (II.3), considerando que o primeiro termo vai a zero à medida que o brilho superficial das isofotas se torna muito fraco. Temos então:

$$L_T = 10^{-0.4 \mu_c} \times 0.921 \int_{\mu_{rel.}}^{\infty} 10^{-0.4 \mu_{rel.}} A(\mu_{rel.}) d\mu_{rel.}$$

Na prática, essa integração foi feita graficamente



após extrapolar a curva  $10^{-0.4 \mu_{rel.}} A(\mu_{rel.})$  na região das grandes áreas, com o objetivo de chegar a valores suficientemente pequenos do integrando para que o primeiro termo da expressão (II.3) se anule. Esse procedimento deve ser muito cuidadoso, sendo que o indicado é fazer simultaneamente a extrapolação da curva  $A(\mu_{rel.})$  vs  $\mu_{rel.}$  (figuras 4) e usar os valores assim obtidos como pontos adicionais à curva acima citada. Essa extrapolação depende intrinsecamente da forma que se esperar o halo da galáxia. Se essa componente tem uma borda bem definida, então a curva das áreas se mostrará assintótica. Por outro lado, se o envelope é extenso, torna-se muito difícil determinar uma isofota limite e, portanto, uma área limite. Em vista disso, optamos por considerar um limite inferior para a área da isofota mais externa, o que foi feito supondo que a curva  $A(\mu_{rel.})$  vs  $\mu_{rel.}$  se torna assintótica após a última área medida. Conseqüentemente, com isso obteremos um limite inferior para a magnitude total.

Existe uma diferença significativa na magnitude determinada desta maneira e aquela determinada quando se faz diretamente a extrapolação da curva  $10^{-0.4 \mu_{rel.}} A(\mu_{rel.})$  vs  $\mu_{rel.}$  através de uma reta unindo os últimos pontos observacionais e o zero.

A evidência do erro neste segundo procedimento se encontra ao fazer o gráfico da curva de luminosidades integradas vs brilho superficial para cada isofota (figuras 5). Quando se faz o integrando  $10^{-0.4 \mu_{rel.}} A(\mu_{rel.})$  cair linearmente até o zero após os últimos pontos observacionais, o que chamaremos de 1ª extrapolação, a luminosidade total calculada não mantém



a forma suave da curva de luminosidades, provocando um achatamento por demais abrupto e em alguns casos até mesmo um declive na região das magnitudes mais fracas. Isso indica que a extrapolação feita dessa maneira não alcança isofotas o suficientemente fracas para que o primeiro termo da expressão (II.3) possa ser desprezado. Já a luminosidade total obtida pela integração da curva extrapolada da maneira previamente descrita, que chamaremos de 2ª extrapolação, é um valor que se ajusta bem à curva prolongada para as zonas mais externas.

Na figura 5, as luminosidades integradas totais calculadas pela 1ª e 2ª extrapolação são colocadas como pontos na curva representados, respectivamente, por um círculo aberto e por um círculo fechado. Para NGC 6771 só a 2ª extrapolação foi feita.

Comparando nessa mesma figura os itens (a) e (c) (placas 71 e 213), (b) e (d) (placas 74 e 214), (e) e (g) (placas 106 e 380), vemos como a luminosidade integrada diminui com a redução do tempo de exposição. Isso evidencia a necessidade de se dispor de no mínimo uma placa com tempo de exposição suficientemente longo para atingir os níveis mais externos da galáxia quando se deseja calcular magnitudes integradas totais.

Os valores de magnitudes totais calculadas por este método estão listados nas colunas (4) e (5) da tabela IX. As colunas (6) e (8) dessa tabela mostram os valores médios entre as magnitudes totais calculadas pelo PDS e pelo ZJ, que consideramos nossos resultados finais para as magnitudes  $m_B$  e  $m_V$  aparentes, a partir das quais calculamos os índices de cor totais aparentes  $(m_B - m_V)_t$  mostrados na coluna (9). Estimativas



dos erros nas magnitudes foram determinadas pela fórmula (II.1) e nas cores por

$$\sigma_{m_B - m_V} = \left[ \sigma_{m_B} + \sigma_{m_V} \right]^2 . \quad (\text{III.1})$$

Comparando nossos resultados para as magnitudes azuis e índices de cor com as medidas fotoelétricas no RC2, encontramos que, para NGC 2855,  $m_{B_t} = 12.44$  concorda muito bem com a magnitude  $B_T = 12.45$ , ao passo que o índice de cor  $(m_B - m_V)_t = 0.97$  se mostra mais vermelho que aquele no RC2,  $(B-V)_T = 0.90$ .

Para NGC 6771, a magnitude azul  $m_{B_t} = 13.76$  é mais fraca que  $B_T = 13.54$  no RC2. O índice de cor integrado em  $r^* \cong 27''$ ,  $(m_B - m_V) \cong 1.05$ , concorda com a medida fotoelétrica de Sandage (1975),  $(B-V) = 1.09$ . Em  $r^* = 40''$  o índice de cor fica  $(m_B - m_V)_t = 0.90$ , mais azul que  $(B-V)_T = 1.06$  no RC2.

As magnitudes azuis aparentes foram corrigidas por absorção galática  $A_B$ , absorção interna  $A(i)$  e redshift ( $k_B Z$ ) de acordo com a fórmula:

$$m_B^o = m_B - A_B - A(i) - k_B Z .$$

A correção por absorção galática foi feita de acordo com a relação de Sandage (1973):

$$A_B = 0.132 (\text{cosec } b - 1) \quad ; \quad |b| = 50 .$$

As correções por absorção interna e redshift foram feitas de acordo com as fórmulas no RC2

$$A(i) = \alpha(T) \log R_{25}$$

$$k_B Z = k'_B CZ$$

onde  $\alpha(T)$  e  $k'_B$  dependem do estágio (T) ao longo da seqüência de Hubble e  $\log R_{25}$  é o logaritmo da razão entre os diâmetros maior e menor na isofota  $\mu_B = 25$ .

Os índices de cor aparentes foram corrigidos de acordo com o RC2:

$$(m_B - m_V)'' = (m_B - m_V) - E(B-V) - E_{B-V}(i) - k_{B-V} Z$$

com

$$E(B-V) = \frac{A_B}{R+1} \quad ; \quad E_{B-V}(i) = \frac{A(i)}{R+1} \quad \text{e} \quad k_{B-V} Z = k'_{B-V} CZ$$

onde

$$R = \frac{3.1 + 0.3 (B-V)}{1 - 0.2 A_B} \quad \text{e} \quad k'_{B-V}$$

tem significado equivalente ao de  $k'_B$ .

A longitude galática  $b$ , as variáveis  $\alpha(T)$ ,  $\log R_{25}$ ,  $k'_B$  e  $k'_{B-V}$ , assim como a velocidade radial  $CZ$  foram retiradas do RC2. A tabela VIII mostra as parcelas de correção.

As magnitudes azuis e índices de cor corrigidos es-



tão listados nas colunas (7) e (10) da tabela IX. As magnitudes azuis absolutas, mostradas na última coluna dessa tabela, foram calculadas usando os módulos de distância dados na seção II.1.

### III.2.2 - Distribuição de Luminosidades e Cores Integradas

As figuras 6 mostram as curvas de luminosidade em função do raio equivalente  $r^*$ , construídas a partir dos dados obtidos com o ZJ pela combinação das placas com tempos de exposição diferentes.

O mesmo efeito observado na figura 5 novamente se nota aqui, ou seja, os pontos das placas de menor exposição se tornam sistematicamente menos brilhantes que os das outras, não servindo portanto para determinar as luminosidades totais mas ajudando muito na definição das regiões internas.

As quantidades  $r_1^*$ ,  $r_e^*$  e  $r_3^*$ , marcadas ao longo das curvas de luminosidade, foram obtidas a partir das luminosidades integradas relativas, definidas por de Vaucouleurs (1962) como

$$k(r^*) = \frac{L(r^*)}{L_T}$$

e correspondem, respectivamente, a  $k(r^*) = \frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{3}{4}$ .

Os índices de concentração definidos por  $C_{21} = \frac{r_e^*}{r_1^*}$  e  $C_{32} = \frac{r_3^*}{r_e^*}$  (de Vaucouleurs e Agüero, 1973) foram calculados nas duas cores. Os valores encontrados são mostrados no quadro abaixo:

GALÁXIA	SISTEMA	$C_{21}$	$C_{32}$
NGC 2855	B	2.14	1.70
	V	2.22	1.69
NGC 6771	B	2.18	1.74
	V	1.89	1.88

Os índices referentes aos perfis de luminosidade B podem ser comparados com aqueles dados no diagrama da figura 4 em de Vaucouleurs e Agüero (1973). Esse diagrama está reproduzido na figura 7, onde nossos resultados, representados por círculos cheios, foram acrescentados aos dados originais. A comparação mostra que os índices  $C_{21}$  têm valores compatíveis com os esperados para galáxias de tipo  $T = 0$  e  $T = -1$ . Os índices  $C_{32}$ , porém, encontram-se um pouco deslocados em relação à curva teórica no diagrama, mostrando valores mais próximos daqueles esperados para galáxias com  $T > 0$ . É claramente notado, entretanto, que os desvios de nossas medidas em relação a curva teórica não são maiores que o espalhamento observacional geral mostrado na figura.

As magnitudes integradas  $m_B$  e  $m_V$ , em função dos raios equivalentes das isofotas, foram obtidas medindo valores de luminosidade integrada nas curvas da figura 6, em pontos regularmente espaçados a intervalos de  $2''$ . Os resultados obtidos estão listados, respectivamente, nas colunas (2) e (3) da tabela



X para NGC 2855 e XI para NGC 6771, juntamente com os índices de cor integrados mostrados nas colunas (4) das mesmas tabelas. O gradiente de cor inferido desses resultados para cada galáxia se mostra menor em NGC 2855, cujos índices de cor apresentam uma variação  $\Delta(m_B - m_V)(r^*) = -0.3$  desde  $r^* = 2''$  até  $r^* = 56''$ , e mais acentuado em NGC 6771, os índices de cor variando desde 1.30 em  $r^* = 4''$  até 0.90 em  $r^* = 40''$ .

### III.3 - Conclusões

NGC 2855, com magnitude absoluta  $M_B = -19.25$ , é uma galáxia moderadamente luminosa quando comparada com outras lenticulares e espirais "early-type" (Freeman, 1975).

Apresenta-se inclinada em relação à linha de visada por um ângulo de  $\sim 45^\circ$ . Suas dimensões máximas (em B) de 11.2 kpc e 8.55 kpc são comparáveis com as dimensões de outras S0's medidas por Tsikoudi (1977 a,b).

O índice de cor integrado em isofotas apresenta uma variação  $\Delta(m_B - m_V)(r^*) \sim 0.3$  desde as proximidades do centro galáctico até o raio equivalente mais externo. O índice de cor total  $(m_B - m_V)_t = 0.97 \pm 0.10$ , após correção por absorção galáctica, absorção interna e redshift se torna  $(m_B - m_V)_t = 0.89 \pm 0.10$ , compatível portanto com a cor normalmente encontrada em elípticas e S0's, cujo valor médio é  $(B-V) = 0.89 \pm 0.04$  (de Vaucouleurs e de Vaucouleurs, 1972).

O perfil de luminosidade integrada ( $L(r^*)$ ), no sistema

B, mostra que metade da luminosidade total da galáxia está contida numa isofota cujo raio efetivo equivalente é  $r_c^* = 1.65$  kpc, correspondendo a  $\sim 30\%$  do raio equivalente total da galáxia. Os índices de concentração  $C_{21} = 2.14$  e  $C_{32} = 1.70$  indicam que a luz está menos concentrada do que o esperado para o tipo  $T = 0$ , conforme figura 4 em de Vaucouleurs e Agüero (1973).

No sistema V, o índice de concentração  $C_{21}$  se mostra um pouco maior que o correspondente em B, porém  $C_{32}$  permanece praticamente igual. Uma variação nos índices de concentração medidos em um sistema em relação aos medidos em outro se manifestará como uma contribuição ao gradiente de cor.

NGC 6771 tem magnitude absoluta  $M_B = -20.25$ , sendo mais brilhante que a média entre as galáxias de seu tipo.

É visível no céu em orientação quase "edge-on", com um ângulo de inclinação de  $\sim 80^\circ$ . Suas dimensões máximas, em B, foram encontradas ser de 33.45 kpc e 8.08 kpc, o que a caracteriza como uma galáxia extensa. Seu raio equivalente efetivo é 3.08 kpc, correspondendo a  $\sim 33\%$  do raio total. Como em NGC 2855, os índices de concentração  $C_{21} = 2.18$  e  $C_{32} = 1.74$  caem abaixo daqueles dados por de Vaucouleurs e Agüero (1973) para o tipo  $T = -1$ . Quando medidos no sistema V, os dois índices de concentração variam em relação aos valores medidos em B, a variação sendo maior, no entanto, para  $C_{21}$  do que para  $C_{32}$ .

O índice de cor integrado varia desde  $(m_B - m_V) = 1.3$  na parte interna até o valor total  $(m_B - m_V)_t = 0.90$ , que uma vez



corrigido se torna  $(m_B - m_V)_t^0 = 0.74$ , valor relativamente pequeno para o tipo morfológico da galáxia, indicando que NGC 6771 estaria entre as lenticulares mais azuis.

#### IV - PERFIS DE LUMINOSIDADE: DISTRIBUIÇÕES DE BRILHO, COMPONENTES DE LUMINOSIDADE E GRADIENTES DE COR

##### IV.1 - Construção dos Perfis de Luminosidade

Para NGC 2855 foram medidos oito perfis radiais em ângulos de posição de  $33^\circ$ ,  $68^\circ$ ,  $133^\circ$ ,  $158^\circ$ ,  $223^\circ$ ,  $248^\circ$ ,  $303^\circ$  e  $338^\circ$ , quatro dos quais correspondem aos semi-eixos aparentes maiores e menores da galáxia. No caso de NGC 6771 apenas 4 perfis foram traçados, em ângulos de posição correspondentes a esses semi-eixos.

Para as placas 71, 74, 106 e 107, varridas no PDS, esses perfis foram traçados simplesmente fazendo leituras da placa digitalizada em magnitudes ao longo dos eixos desejados. Foram escolhidos espaçamentos entre os pontos que definem os perfis de 1.25" ou 0.7", conforme se tratassem de medidas com fenda de  $100 \times 100 \mu^2$  ou  $50 \times 50 \mu^2$ , respectivamente. Para as demais placas, varridas apenas no ZJ, os perfis foram obtidos medindo a posição de cada nível isofotal em relação ao centro da isofota mais interna, em pontos localizados ao longo dos semi-eixos aparentes maiores e menores. Os perfis assim obtidos não têm um espaçamento radial regular entre seus pontos requerendo uma posterior interpolação quando isso se tornar necessário.

Nas figuras 8 e 9 são mostrados os perfis de luminosidade de NGC 2855 e NGC 6771, respectivamente, nas cores B e V, ao longo dos eixos maior e menor. Como esses perfis apresentam características diferentes, faremos a análise de cada um separadamente.



## IV.1.a - Perfis B de NGC 2855

Aparecem nas figuras 8 a-b. Apresentam dados de duas placas diferentes, 71 e 213, a primeira varrida com o PDS e a segunda com o ZJ. O acordo entre esses dados está dentro de um erro médio de 0.08 até  $\mu_B \leq 21.3$ , aumentando levemente para 0.09 nas regiões mais fracas. Aqui, chamamos erro médio à média dos desvios padrões em  $\mu_B$  para os dois conjuntos de medidas, os quais foram calculados pela relação

$$\sigma_{\mu} = \left[ (\mu_1 - \bar{\mu})^2 + (\mu_2 - \bar{\mu})^2 \right]^{1/2}$$

onde  $\mu_1$  e  $\mu_2$  se referem aos dados das placas 71 e 213, respectivamente, e  $\bar{\mu}$  é o valor médio desses dados. As medidas de  $\mu_2$  neste cálculo não são necessariamente os dados medidos diretamente nas isofotas, mas foram obtidos pela interpolação destes em intervalos de 1!25 ou múltiplo desse valor, conforme a conveniência, de maneira a permitir a comparação dos dados das duas placas no mesmo ponto.

Como esperamos que as medidas do PDS sejam mais precisas que as do ZJ, que além disso são feitas a intervalos mais largos, ocultando a existência de detalhes finos evidentes quando consideramos os dados do PDS, basearemos nossa análise posterior apenas nestes últimos dados, tendo em conta que são corretos dentro do erro determinado.

Observando os perfis, notamos a presença de pequenas elevações centradas em  $a \approx \pm 22''$  e  $b \approx \pm 18''$ , que podem ser iden

tificadas, na placa de 100 min de exposição (figura 1.a) com a região mais brilhante que segue ao anel de absorção que se encontra rodeando a região nuclear. Os outros pequenos picos localizados simetricamente no eixo menor em  $b \sim \pm 24''$  e que podem ser observados mais nitidamente também no eixo maior em  $a \sim \pm 28''$ , parecem indicar a presença de outro anel, mais tênue, envolvendo o anterior, ou então que se trata de um único anel mais largo, porém fragmentado. Isso sugere a existência de uma estrutura espiral incipiente em NGC 2855 que a caracteriza como um tipo transitório entre  $SO_3$  e  $Sa(r)$  (Sandage, 1961). A lente da galáxia observada por de Vaucouleurs e Buta (1980) como tendo diâmetros maior e menor de respectivamente  $39''$  e  $30''$  não aparece de forma evidente nos perfis, o que indica que, se ela existe, deve ser pouco desenvolvida.

#### IV.1.b - Perfis V de NGC 2855

Os perfis V de NGC 2855 ao longo dos eixos maior e menor aparecem nas figuras 8 c-d. Também apresentam dados de duas placas, 74 e 214, resultantes em ambos os casos da varredura no ZJ, devido a não termos medidas do PDS ao longo dos eixos em questão. Da mesma forma que ocorreu com as placas B, não se notou, aqui, um aumento significativo e sistemático da dispersão entre os dois conjuntos de dados à medida que os brilhos superficiais se tornam mais fracos. A média dos desvios padrões permanece em torno de 0.09 até  $\mu_V = 20$ , passando para 0.12 nas regiões mais fracas.



Os aspectos visíveis nos perfis B ficam difíceis de detectar aqui, devido a que os dados se encontram mais espaçados. Considerando a média desses dados, a distribuição resultante é bastante alisada, o que concorda com a distribuição em B a menos dos pequenos picos mencionados.

#### IV.1.c - Perfis B de NGC 6771

Aparecem nas figuras 9 a-b. Apresentam dados das placas 106 e 380, a primeira varrida com o PDS e a segunda com o ZJ. Para os dados do PDS, os quinze primeiros pontos de cada semi-eixo maior foram obtidos na varredura com fenda de  $50 \times 50 \mu^2$ , assim como os oito primeiros pontos de cada semi-eixo menor. Os demais dados foram obtidos na varredura com a fenda maior.

No eixo maior, o acordo entre as placas está dentro de um erro de 0.04 na região com  $20.6 \leq \mu_B \leq 21.3$ . Na região mais interna o erro é de 0.10 e na região mais externa, até  $\mu_B \sim 23.3$ , de 0.08. Para magnitudes mais fracas, o desacordo entre as placas aumenta grandemente até  $\mu_B = 23.7$  onde a placa 380 atinge seu limite. No eixo menor, a dispersão entre os dados é de 0.09 na região até  $\mu_B \sim 20.9$ , diminuindo para 0.04 na região com  $20.9 \leq \mu_B \leq 21.6$  e novamente aumentando para 0.15 até  $\mu_B \sim 25.0$ .

Os aspectos mais marcantes no perfil do eixo maior são os largos patamares, simetricamente colocados em cada lado do centro galáctico, se estendendo, no eixo maior, de  $a = \pm 14''$  até  $a = \pm 30''$ . Esses patamares apresentam claramente as carac-

terísticas do que Kormendy (1979) definiu como a lente da galáxia, no sentido de apresentarem um gradiente de brilho muito suave internamente a uma margem bem definida, seguida de uma brusca queda no brilho superficial.

Na região interna, os perfis se mostram levemente bojados, aspecto que aparentemente confirma a existência do núcleo barrado.

Os eixos menores não apresentam nenhum aspecto evidente na curva de luminosidade que decresce regular e rapidamente do centro para as extremidades.

#### IV.1.d - Perfis V de NGC 6771

Aparecem na figura 9 c-d. Apresentam dados do PDS para uma única placa, a 107. Como nos perfis B, os quinze primeiros pontos de cada semi-eixo maior, e os oito primeiros de cada semi-eixo menor foram obtidos com a fenda de  $50 \times 50 \mu^2$ , sendo os demais resultantes da varredura com a fenda de  $100 \times 100 \mu^2$ .

O eixo menor exibe, na região interna, a mesma forma arredondada observada nos perfis B. Mais abaixo, aparecem os patamares largos localizados de  $a \cong \pm 14''$  até  $a \cong \pm 28''$ . O eixo menor também mostra a mesma forma simples do eixo menor dos perfis B.

A tabela XII mostra os dados de  $\mu_B$  e  $\mu_V$  ao longo dos oito semi-eixos medidos para NGC 2855. Esses dados são tais como foram observados nos perfis do PDS, referindo-se à placa 71, no caso de  $\mu_B$  ou 74, no caso de  $\mu_V$ . Exceção é feita aos dados



de  $\mu_V$  ao longo dos 4 semi-eixos principais, que se tratam de valores médios entre os dados do ZJ obtidos a partir das duas placas, 74 e 214.

A tabela XIII lista  $\mu_B$  e  $\mu_V$  ao longo dos eixos maiores e menores aparentes de NGC 6771. Os valores de  $\mu_B$  são valores médios entre os dados das placas 106 e 380 para  $\mu_B \leq 23$ . Para magnitudes mais fracas contribuíram apenas os dados da placa 106.

#### IV.2 - Determinação dos Perfis Médios

Para NGC 2855, os oitos perfis de luminosidade listados na tabela XII foram combinados entre si de maneira a obter um perfil promediado elipticamente conforme o método desenvolvido por Boroson (1981). Para isso uma elipse, centrada no núcleo, foi ajustada a uma isofota externa (ver último parágrafo da seção II.3.1). O raio da elipse em cada ângulo em relação ao eixo maior foi determinado pela expressão

$$r^2 = \left[ \frac{\cos^2(\theta - \theta_0)}{a^2} + \frac{\sin^2(\theta - \theta_0)}{b^2} \right]^{-1}$$

onde  $a$  e  $b$  são os eixos maior e menor da elipse e  $\theta_0$  é o ângulo de posição do eixo maior.

A seguir, cada um dos oito perfis foi combinado com o perfil oposto (separado de  $180^\circ$ ) e os quatro perfis resultan

tes foram alongados de acordo com o raio da elipse naquele ângulo  $\theta$  correspondente ao perfil em questão. Isso foi feito multiplicando o espaçamento entre os pontos que definem o perfil por um fator  $\frac{a}{r}$ . Então, os quatro perfis já alongados foram novamente combinados num único perfil.

Os dados dos perfis B e V promediados elipticamente estão listados na tabela XIV. Os erros médios nos perfis B são 0.07 para  $\mu_B \leq 21$  mag, 0.22 para  $\mu_B \geq 23$  mag e 0.10 na região intermediária; nos perfis V são 0.06 para  $\mu_V \leq 20$  mag e 0.16 para  $\mu_V > 20$  mag. Os erros médios de que falamos têm um significado semelhante ao descrito na seção IV.1.a, primeiro parágrafo, com a diferença de que, em vez de 2 conjuntos de medidas, agora temos 4 conjuntos, de modo que os desvios padrões em cada ponto foram determinados por

$$\sigma_{\mu} = \left[ \frac{1}{3} \sum_{i=1}^4 (\mu_i - \bar{\mu})^2 \right]^{1/2} .$$

Com a finalidade de testar a qualidade de nossos dados, fizemos uma comparação entre os perfis B obtidos por nós e aqueles medidos por Boroson (1981) para a mesma galáxia. Essa comparação está representada de forma gráfica na figura 10 como desvios  $\Delta\mu_B$  ao longo do perfil promediado elipticamente. No tam-se diferenças sistemáticas entre os dados presentes e os de Boroson de até 0.6 mag em  $\mu_B < 18.5$ . O grande número de pontos em  $20.5 < \mu_B < 22.5$  apresentando dispersão muito pequena em torno de  $\Delta\mu_B = -0.2$  sugere que em parte a razão da grande discrepância entre os dados pode ser devida a uma diferença de ca



libração entre os dois conjuntos de pontos. Infelizmente, o fato de não dispormos de observações de outros autores nos impede uma melhor estimativa da precisão de nossos dados.

Para NGC 6771, os dados não foram promediados elipticamente porque esse procedimento não teria validade uma vez que isofotas elípticas de uma galáxia de perfil não podem ser relacionadas de forma simples com o perfil do eixo maior no plano principal da galáxia, condição necessária para uma decomposição disco-bojo (Burstein, 1979 b).

Nesse caso, obtivemos dois perfis médios em cada cor, um representando a distribuição de luminosidades no plano da galáxia, e o outro representando a distribuição de luminosidades no plano perpendicular àquele. O primeiro foi obtido pela combinação dos dados dos dois semi-eixos maiores, e o segundo pela combinação dos dados dos dois semi-eixos menores. No perfil B do eixo maior os pontos mais fracos que 24 mag, que já apareciam em meio a muito ruído na placa 106, foram corrigidos pelos dados obtidos por Pacheco (1983), a partir de uma placa do ESO.

A tabela XV lista os dados dos perfis médios ao longo dos eixos maior e menor aparentes de NGC 6771.

#### IV.3 - Decomposição dos Perfis de Luminosidade

A separação dos perfis de luminosidade médios em contribuições devido ao bojo e ao disco para as galáxias em estu-

do foi feita seguindo o método iterativo de decomposição de Kormendy (1977 c). Esse método primeiramente assume duas funções de ajuste, uma para o bojo e outra para o disco, as quais Kormendy e autores de outros estudos prévios escolheram como sendo, respectivamente, a lei  $R^{1/4}$  (de Vaucouleurs, 1949, 1959 a, 1962) e a lei exponencial (Freeman, 1970). A seguir, dois intervalos de raio são escolhidos, um no qual o disco domina claramente o perfil, e outro no qual o bojo contribui para a maioria da luz. Entre esses dois intervalos existe uma região de transição na qual a soma das duas funções não precisa necessariamente ajustar o perfil observacional. A função do disco é ajustada por mínimos quadrados aos dados dentro do intervalo dominado por esta componente. A contribuição do disco assim calculada é então subtraída dos dados observacionais ao longo de todo o raio, e estes dados corrigidos são ajustados com a função do bojo no intervalo dominado pela sua luz. Esta contribuição é agora subtraída do perfil observado original, e o processo é repetido até que convirja.

Neste trabalho, decidimos em princípio usar as mesmas leis de ajuste já utilizadas com sucessos em estudos anteriores, ou seja, a lei de de Vaucouleurs para o bojo e a lei exponencial para o disco. Em unidades de magnitudes/□", essas leis se expressam, respectivamente, como

$$\mu = \mu_e + 8.325 \left[ \left( \frac{r}{r_e} \right)^{1/4} - 1 \right] \quad (\text{IV.1})$$

e

$$\mu = \mu_{11} + 1.0857 \mu r \quad (\text{IV.2})$$



Na equação (IV.1),  $r_e$  é o raio efetivo dentro do qual metade da luz do bojo está contida e  $\mu_e$  é o brilho superficial em  $r_e$ . Na equação (IV.2),  $\alpha$  é o inverso da escala de distância da exponencial e  $\mu_0$  é o brilho superficial na origem.

O ajuste por mínimos quadrados foi feito através de um programa implementado no computador HP 2100 A do Instituto de Física pelo Prof. Adalberto Vasquez e pela Profa. Alice Maciel.

O procedimento acima descrito foi seguido para as duas galáxias NGC 2855 e NGC 6771. No caso da primeira, as funções (IV.1) e (IV.2) ajustaram o perfil de luminosidade B promediado elipticamente apesar de, na região do disco, a qualidade do ajuste não ser muito boa devido a dispersão dos dados dessa componente. O método não pode ser aplicado aos perfis V porque, aparentemente, as placas V não foram expostas o suficiente para serem impressionadas pela luz do disco.

Os perfis B e V promediados elipticamente estão mostrados nas figuras 11 a-b, assim como a decomposição em bojo e disco, quando foi possível.

No perfil B, na região intermediária entre a parte interna e externa, notamos uma elevação no perfil, baixa porém alargada, que o coloca acima da soma dos modelos. Essa elevação constitui uma contribuição adicional à luminosidade, aparentemente provindo da combinação de vários picos do tipo daqueles observados ao longo dos eixos maior e menor e devidos à presença do anel. Os parâmetros derivados para o bojo e o disco, com  $r_e$  e  $\alpha^{-1}$  dados em seg.arc. e Kpc, estão mostrados na tabela XVI. O brilho superficial central do disco foi corrigido por extinção galática usando os valores dados na tabela VIII,

e por inclinação como em Freeman (1970):

$$\mu_{o_c} = \mu_o - A_B + 2.5 \log \frac{a}{b} .$$

O brilho superficial efetivo do bojo foi corrigido apenas por absorção galática.

Os parâmetros da tabela XVI podem ser comparados com os medidos por Boroson (1981), no sistema B, e que são:  $\mu_o = 22.78$ ;  $\alpha^{-1} = 39''.09$ ,  $\mu_e = 22.79$  e  $r_e = 12''.15$ .

A diferença mais significativa entre os dois conjuntos de parâmetros está no raio efetivo da componente bojo. O valor encontrado por nós, de  $17''.14$ , é quase igual ao do raio equivalente efetivo medido para a isofota que encerra metade da luminosidade total da galáxia (figura 6 a). Isso implica que a componente bojo contribui com grande maioria da luz da galáxia. Os parâmetros do disco variam muito após descontar a forte contribuição do esferoide. O valor final de  $\mu_{o_c}$  é pequeno comparado com o valor padrão de Freeman ( $\mu_{o_c} = 21.65$  mag.). O valor de  $\alpha^{-1}$ , entretanto, está dentro do intervalo de variação observado por esse autor.

A figura 12 mostra a relação entre a magnitude azul absoluta e a escala de distância  $\alpha^{-1}$ , conforme encontrada por Freeman (1970). Os dados desse autor são representados por círculos abertos e fechados. NGC 2855, representada pela cruz, mantém a correlação esperada.

No caso de NGC 6771, a decomposição do eixo maior ficou complicada pela presença da barra. Como não conseguimos se



parar essa componente do núcleo, resolvemos persistir no processo de decomposição, tendo em conta, porém, que a função ajustada à parte interna do perfil não estará descrevendo a distribuição de luminosidade da componente bojo, mas sim da soma das componentes bojo+barra. Esse procedimento, embora não nos permita verificar a distribuição de luminosidade do bojo, nos permite verificar a distribuição do disco, uma vez descontada a contribuição das componentes internas.

Tentamos inicialmente uma decomposição usando a lei  $R^{1/4}$  na parte interna e a lei exponencial na região do disco.

O resultado dessa decomposição está mostrado na figura 13 a para o perfil B e 13 b para o perfil V. Nela podemos apreciar como uma distribuição  $R^{1/4}$  contribui significativamente em todo o raio, à exceção da região onde aparece a lente, cuja contribuição faz o perfil se elevar bastante acima do modelo. A proeminência da região interna força o disco a ficar tão fraco que é praticamente inexistente, o que parece incompatível com o tipo morfológico da galáxia. O valor excepcionalmente grande de  $\alpha^{-1}$ , ultrapassando o próprio diâmetro da galáxia, não tem qualquer significado: é uma simples consequência do método de decomposição dos perfis, que ajusta o bojo e o disco (ou, no presente caso, a componente (barra+bojo) e o disco) de maneira a conservar a luminosidade de cada componente, fazendo com que  $\alpha^{-1}$  e  $r_e$  se tornem maiores à medida que  $\mu_0$  e  $\mu_e$  se tornem mais fracos.

Os parâmetros de ajuste para esta primeira decomposi

ção do eixo maior estão mostradas na tabela XVII-a. As correções foram feitas como para NGC 2855.

A tentativa de ajuste do eixo menor foi feita considerando que o perfil do eixo menor de galáxias S0's "edge-on", embora seja predominantemente devido à luminosidade do bojo, contém também alguma contribuição do disco (Burstein, 1979 c). Assim, o mesmo método de decomposição aplicado ao eixo maior permanece válido também para o eixo menor, com uma ligeira modificação na função de ajuste do disco, que assumimos como sendo aquela derivada por Burstein (1979 c) para um disco fino inclinado:

$$\mu(x_0, z) = \mu_0 + 1.0857 \alpha x_0 \left[ 1 + \frac{z^2 \sec^2 i}{x_0^2} \right]^{1/2} \quad (\text{IV.3})$$

onde  $x_0$  é a distância ao longo do eixo maior no plano do céu,  $z$  é a linha perpendicular ao eixo maior numa distância radial  $x_0$  e  $i$  é o ângulo de inclinação. Exatamente na direção do eixo menor da galáxia,  $x_0 = 0$  e

$$\mu(z) = \mu_0 + 1.0857 \alpha z \sec i = \mu_0 + 1.0857 \alpha' z \quad (\text{IV.3a})$$

com  $\alpha' = \alpha \sec i$ .

No entanto, ao efetuar a decomposição do perfil, a curva de de Vaucouleurs ajustada à parte interna a partir de  $\sim 6''.5$  passa a declinar menos rapidamente que a curva observa-



da, impedindo assim de prosseguir o processo iterativo de decomposição.

Esse efeito ocorreu tanto nas curvas B como nas V e aparentemente implica em que, ou o bojo de NGC 6771 não segue a lei de de Vaucouleurs ou está, também na direção perpendicular ao plano da galáxia, completamente oculto pela barra.

Uma simples análise visual dos perfis sugere que eles podem ser muito bem aproximados por uma reta na região interna. Resolvemos então tentar como função de ajuste para essa região uma exponencial do mesmo tipo daquela usada para o disco "face-on", mantendo a função (IV.3a), para ajustar o disco inclinado. Daqui por diante nos referiremos a esta decomposição feita com duas exponenciais como segunda decomposição.

Como resultado, a soma das duas exponenciais reproduziu bastante bem o perfil observacional no sistema V. Em B, esse perfil ficou um pouco acima da soma dos modelos na região entre  $\sim 6''$  e  $12''$ .

Os perfis B e V ao longo do eixo menor, com as funções de ajuste referentes às diferentes componentes, estão mostrados nas figuras 13 c-d. A tabela XVII-b mostra os parâmetros de ajuste. As correções de  $\mu_o$  e  $\mu_e$  foram feitas como para NGC 2855.

O próximo passo foi verificar se a distribuição exponencial se ajustava também à região interna do eixo maior.

Tornamos então a fazer a decomposição dos eixos maiores, usando agora duas exponenciais, uma para a parte interna e outra para a parte externa. Os parâmetros convergiram após a segunda iteração, com uma qualidade de ajuste superior àquela



obtida na decomposição com a lei de de Vaucouleurs. O disco fundamental resultante desta decomposição é mais brilhante que o medido na 1ª decomposição, embora ainda seja bem mais difuso que os discos de Freeman (1970). Seus parâmetros estão mostrados na tabela XVII-c. As figuras 13 e-f mostram os perfis observacionais B e V e as funções de ajuste. É notável a presença da lente, que eleva os perfis bastante acima da soma dos modelos. No perfil B aparece, na margem externa da lente, uma componente adicional devida possivelmente a um anel interno.

Comparando os valores nas tabelas XVII-b e c vemos como os brilhos superficiais relativos à região interna e ao disco coincidem em  $r = 0$ . Esperava-se, no entanto, que a escala de distância do eixo menor,  $\alpha'^{-1}$ , quando corrigida por inclinação, também coincidissem com a escala de distância do eixo maior,  $\alpha^{-1}$ . O fato disso não ocorrer obviamente significa que não estamos medindo a mesma componente nos dois eixos. Considerando que a escala de distância medida no eixo maior corresponde mais provavelmente à do disco verdadeiro, então, quando visto inclinado, ele ficará totalmente oculto pela componente interna, contribuindo apenas à luminosidade dos pontos mais brilhantes desta.

Por outro lado, se subtraímos do eixo menor a contribuição do disco tal como medido no eixo maior, apenas corrigido por inclinação, e ajustamos a lei exponencial ou a lei de de Vaucouleurs a este perfil corrigido, no primeiro caso a curva teórica declina, na região externa, muito mais rapidamente que a curva observacional, e no segundo caso acontece o oposto, sendo que a soma dos modelos de qualquer modo não ajusta a parte



externa do perfil. Isso sugere fortemente que essa parte contém contribuição de outra componente além da componente interna. Além do mais, a fotografia da galáxia nos mostra que mesmo na direção do eixo menor existe uma distribuição de luz difusa ao redor da região interna brilhante. A forma retangular ("box-shaped") dessa distribuição e o fato dela apresentar um gradiente exponencial na direção perpendicular ao plano do disco lembra a componente chamada "disco espesso" detectada por Burs<sub>te</sub>in (1979 c) em SO's vistas de perfil.

Portanto, a distribuição de luminosidade de NGC 6771 na direção do eixo menor é dominada, na região interna, pelas contribuições do disco fino, do bojo e possivelmente de barra, sendo que a soma dessas contribuições tem forma aproximadamente exponencial, com parâmetros listados nas colunas de 12 a 13 da tabela XVII-b. A região externa do perfil é dominada pela contribuição do "disco espesso" com parâmetros listados nas colunas de 9 a 11 da mesma tabela, sendo que na coluna 11 devemos interpretar os valores de  $\mu^{-1}$  como a própria escala de distância desse disco.

Na direção do eixo maior a distribuição de luminosidades contém contribuições de bojo e da barra, que dominam a região interna do perfil, e do disco fino, que predomina na região externa. Como ocorreu em NGC 2855, a magnitude central corrigida do disco, em B, é mais fraca que o valor padrão de 21.65. Neste caso, no entanto, também  $\alpha^{-1}$  mantém um valor fora do intervalo de variação observado por Freeman. Como podemos ver na figura 12, onde NGC 6771 é representada por um "X", a escala de distância encontrada é  $\approx 2$  kpc maior do que a esperada para a magnitude absoluta da galáxia.

Uma questão que ficou em aberto é se a distribuição



exponencial se deve apenas à contribuição da barra ou se é uma característica do próprio bojo. Se assim fosse, esse não seria um resultado sui-generis: Johnson, em 1961 (Holmberg, 1975) encontrou que 3 sistemas S0's medidos por ele apresentaram uma distribuição de luminosidade aproximadamente linear com a distância radial, variando apenas a declividade da reta de acordo com a região de ajuste; Liller, em 1960, e van Houten, em 1961 (Holmberg, 1975), chegaram a resultados semelhantes; Burstein (1979) encontrou uma distribuição exponencial para o bojo de NGC 4474 e Eric Jensen (1982) para NGC 4565. Portanto, seria conveniente dispor de uma placa bem pouco exposta, onde a região interna aparecesse com nitidez de maneira a podermos ver qual a sua verdadeira forma.

#### IV.4 - Razão entre a Luminosidade do Bojo e a Luminosidade do Disco, Frações de Luminosidade e Magnitude Absoluta de Cada Componente

Medidas quantitativas da razão  $L_{\text{BOJO}}/L_{\text{DISCO}}$  assim como da contribuição de cada componente à luminosidade total, podem ser facilmente obtidas uma vez efetuada a decomposição iterativa dos perfis de luminosidade e obtidos os parâmetros de ambos o bojo e o disco, o que nos permite então calcular a luminosidade das duas componentes.

A luminosidade do disco foi obtida integrando a lei exponencial sobre uma superfície circular de raio  $r_t$ , onde  $r_t$  é o raio máximo medido para a galáxia. Temos então:

$$L_{\text{DISCO}}(r_t) = 2\pi I_0 \left\{ \frac{1}{\alpha} - e^{-\alpha r_t} \left( \frac{r_t}{\alpha} + \frac{1}{\alpha} \right) \right\}$$



A luminosidade total da componente interna, no caso de NGC 6771, foi obtida pela mesma relação acima. No caso de NGC 2855, a qual apresenta distribuição  $R^{1/4}$ , foi determinada integrando a lei de de Vaucouleurs sobre uma superfície circular de raio  $r_t$ , como resumimos a seguir:

$$L_{\text{BOJO}}(r_t) = 2\pi e^{7.668} I_e \underbrace{\int_0^{r_t} e^{ar^{1/4}} r dr}_{I_1}, \quad \text{com } a = -\frac{7.668}{r_e^{1/4}}$$

Integrando por partes:

$$I_1 = e^{ar^{1/4}} \frac{r^2}{2} \Big|_0^{r_t} - \frac{1}{2} \underbrace{\int_0^{r_t} r^2 e^{ar^{1/4}} \frac{1}{4} ar^{-3/4} dr}_{I_2}$$

Fazendo a troca de variável:  $y = ar^{1/4}$

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{1}{a} \int_0^{ar^{1/4}} y^8 e^y dy = \\ &= e^y \left( y^8 + \sum_{k=1}^8 (-1)^k 8 \times 7 \times \dots \times (9-k) y^{8-k} \right) \Big|_0^{ar^{1/4}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{\text{BOJO}}(r_t) &= \pi I_e e^{7.668} \left\{ e^{ar^{1/4}} r_t^2 - \frac{1}{a} \left[ e^{ar^{1/4}} \times \left( (ar^{1/4})^8 + \right. \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \left. + \sum_{k=1}^8 (-1)^k 8 \times 7 \times \dots \times (9-k) (ar^{1/4})^{8-k} \right) - 8! \right] \right\} \end{aligned}$$

A tabela XVIII nos mostra as magnitudes absolutas do bojo e do disco ( $M_{\text{BOJO}}$  e  $M_{\text{DISCO}}$ ), a razão entre as luminosidades de cada componente ( $L_{\text{BOJO}}/L_{\text{DISCO}}$ ) e as frações de luminosidade do bojo ( $L_{\text{BOJO}}/L_{\text{TOTAL}}$ ) e do disco ( $L_{\text{DISCO}}/L_{\text{TOTAL}}$ ) nas cores B e V para as duas galáxias. Para NGC 6771 foram considerados apenas os parâmetros medidos ao longo do eixo maior, na 2ª decomposição. Por questão de homogeneidade na tabela, chamaremos de bojo no caso desta galáxia, toda sua componente interna, que sabemos ter contribuição também da barra.

Para NGC 2855 não foi possível fazer um estudo comparativo das propriedades de cada componente em B e em V uma vez que o disco não foi detectado nas placas V. Na cor B foi encontrada uma razão bastante grande entre as luminosidades do bojo e do disco, que já era esperada pela aparência fotográfica da galáxia, sendo consistente com resultados de trabalhos feitos por Burstein (1979) e Dressler (1980), sugerindo que as galáxias SO's são sistemas com razões  $L_{\text{BOJO}}/L_{\text{DISCO}}$  geralmente grandes. Mesmo assim ela está levemente exagerada devido a um efeito do método de determinação do perfil médio usado. Uma vez que os bojos tendem a ser mais esféricos que os discos, suas excentricidades aparentes são menores que aquelas dos discos. Ao usarmos o mesmo fator em todo  $r$  para alongarmos cada perfil de modo a que apareçam como seriam vistos na galáxia "face-on", os perfis ficam espichados demais na região do bojo e, em consequência o perfil promediado elipticamente fica mais brilhante, nessa região, do que o perfil verdadeiro do eixo maior. Comparando o perfil promediado elipticamente com o perfil do eixo maior estimamos esse efeito em, no máximo, 0.1 mag.



O resultado previsto na seção anterior de que a componente bojo contribui com grande parte da luz da galáxia ficou de fato verificado: a luminosidade dessa componente é 80% da luminosidade total, 15% sendo devida ao disco e os restantes 5% ao anel.

No caso de NGC 6771 a razão  $L_{\text{BOJO}}/L_{\text{DISCO}}$  é 2.40 em B e 3.72 em V. A soma das luminosidades das duas componentes, em B, constitui 60% da luminosidade total da galáxia, deixando uma parcela de 40% a ser contribuída pela lente e pelo possível anel. Em V, a soma das luminosidades dos modelos do bojo e do disco atinge 90% da luminosidade total. As cores integradas de cada componente resultaram ser  $(m_B - m_V)_{\text{BOJO}} = 1.28$  e  $(m_B - m_V)_{\text{DISCO}} = 0.82$ .

#### IV.5 - Perfis $(\mu_B - \mu_V)$ - Gradientes de Cor

Uma tentativa de detectar a possível existência de um gradiente de cor nas galáxias estudadas foi feito subtraindo os perfis radiais de brilho superficial  $\mu_B(r)$  e  $\mu_V(r)$ . Embora a determinação de gradientes de cor em pequena escala exija medidas de brilho superficial bem mais precisas que as nossas (Boroson et al., 1983), uma variação na cor dentro de uma região suficientemente grande para conter parte do disco da galáxia, se existe, pode ser detectada com medidas menos acuradas.

As figuras 14 a-b apresentam os perfis  $(\mu_B - \mu_V)$  de NGC 2855 ao longo dos eixos aparentes maior e menor. O perfil

do eixo menor se encontra alongado por um fator  $\frac{a}{b}$  de maneira a permitir uma melhor comparação com o do eixo maior. Na região em  $|a|, |b| \leq 1''$  os dados foram omitidos devido a possíveis efeitos de saturação das placas nessa zona. Os pontos vizinhos, no entanto, sugerem que a cor do núcleo é  $\sim 1.1$ .

Podemos notar que ao longo dos semi-eixos positivos existe uma variação líquida em  $(\mu_B - \mu_V)$  de  $\sim 0.2$  no eixo maior e  $\sim 0.3$  no eixo menor. Nos semi-eixos negativos a cor permanece quase constante em torno de 1.2 no eixo maior e 1.1 no eixo menor, embora com uma flutuação bastante grande para  $r \geq 25''$ . Essa assimetria nos eixos em relação ao centro galáctico parece ser uma característica real de NGC 2855, pois é consistente com a imagem da galáxia. A região vermelha em  $r \cong 16''$  corresponde ao anel de absorção que se encontra bem acentuado nesse quadrante. No quadrante oposto o anel não aparece bem definido, mas se ele existe e está fragmentado, isso poderia justificar a grande flutuação de cor nessa região.

Os erros em  $(\mu_B - \mu_V)$ , calculados pela relação (III.1) apenas substituindo as magnitudes integradas  $m_B$  e  $m_V$  que aparecem nessa fórmula pelas magnitudes superficiais  $\mu_B$  e  $\mu_V$  apresentaram valores médios de 0.12 na região com  $18.1 \leq \mu_B \leq 21.3$ . Nas regiões mais fracas, o erro médio aumenta para 0.15.

O perfil  $(\mu_B - \mu_V)$  promediado elipticamente, mostrado na figura 14 c, proporciona o gradiente de cor local líquido da galáxia à medida que aumenta o raio galactocêntrico. Ele permanece praticamente constante até em torno de  $30''$ , quando se torna um pouco mais azul. Essa ausência de gradiente de cor na região central provavelmente tem como causa a característica frag



mentária do anel, que dá aos perfis uma aparência assimétrica em relação ao centro galático. Devido a isso, as componentes azuis e vermelhas de cada perfil, em vez de aparecerem reforçadas no perfil resultante de todos eles, se tornam alisadas. O pequeno gradiente de cor líquido desde o centro até  $r \sim 30''$  está de acordo com os resultados da análise de gradientes de cor em esferoides galáticos feita por Wirth (1981) através de fotometria fotoelétrica.

Os perfis  $(\mu_B - \mu_V)$  de NGC 6771 ao longo dos eixos maior e menor aparentes estão mostrados nas figuras 15 a-b. Os perfis são suficientemente simétricos em relação à origem para permitir a estimativa da cor das diferentes componentes sem necessidade de estabelecer um perfil médio. Os dados mais centrais foram omitidos pela mesma razão que em NGC 2855.

O eixo maior apresenta: a) uma componente interna vermelha, de cor  $\sim 1.2$ ; b) a região da lente, com  $(\mu_B - \mu_V) \sim 0.9$ ; c) uma componente muito azul, com  $(\mu_B - \mu_V) \sim 0.4$  ocorrendo na região imediatamente posterior à lente e que identificamos com o anel e d) uma região com  $(\mu_B - \mu_V)$  já muito flutuante, com um valor médio  $(\mu_B - \mu_V) \sim 0.8$ , correspondendo espacialmente ao início da região dominada pelo disco nos perfis B e V.

Observando a seqüência das cores nas diferentes componentes notemos que, excluindo o anel, existe um gradiente de cor de  $\sim 0.4$  mag desde o centro até a máxima distância em que pudemos medir a galáxia nas duas cores.

No eixo menor são observadas as mesmas variações, ocorrendo porém bem mais bruscamente que no eixo maior.

#### IV.6 - Conclusões

O perfil de luminosidade de NGC 2855, em B, se apresenta como de tipo I na classificação de Freeman (1970), uma vez que se mantém mais brilhante que a extrapolação do disco em todo  $r$  observável. Em V essa classificação não pode ser aplicada porque, embora nas partes brilhantes o perfil mantenha a mesma forma observada em B, nas partes mais fracas ele se funde bem mais rapidamente com o céu, de maneira que o disco não pode ser medido.

O perfil B parece ser composto de um extenso bojo nuclear com uma distribuição de luminosidades obedecendo a lei  $R^{1/4}$  que domina o perfil até  $\sim 55''$ , onde se torna dominante a contribuição do disco que embora não seja exatamente exponencial pode ser aproximado por uma função desse tipo, o que concorda com resultados encontrados para grande parte de discos de S0's (Burstein, 1979 b). Na região de transição entre o bojo e o disco o perfil observacional fica, em um intervalo de  $\sim 20$  seg.arc., acima da soma dos modelos dessas duas componentes, constituindo um patamar alargado embora não muito saliente devido, provavelmente, à contribuição do anel. O brilho superficial central corrigido do disco,  $\mu_{0c} = 23.25$  mag B/□", resultou significativamente mais fraco que o valor médio de 21.65 mag B/□" encontrado por Freeman (1970). Isso caracteriza NGC 2855 como uma galáxia de disco fraco, à semelhança das S0's compactas medidas por Kormendy (1977 c), assim como algumas galáxias tardias (Romanishin et al., 1982; de Vaucouleurs, 1974). A



escala de distância  $\alpha^{-1} = 3.35$  Kpc, entretanto, tem valor compatível com aqueles encontrados para galáxias normais, estando dentro dos valores esperados para galáxias com sua magnitude absoluta de acordo com a figura 7 em Freeman (1970).

A razão  $L_{\text{BOJO}}/L_{\text{DISCO}} = 5.22$ , em B, está no limite superior do intervalo de valores encontrados para esse parâmetro por Burstein (1979 b). A componente bojo contribui com 80% da luminosidade B total da galáxia, enquanto o disco contribui com apenas 15%. A luminosidade restante é devida ao anel.

A variação do índice de cor local, conforme determinada pelo perfil  $(\mu_B - \mu_V)$  promediado elipticamente, é muito pequena na região interna, ficando em torno de 1.1 até  $r \sim 30''$ , quando diminui levemente para 1.0. Nas partes mais externas da galáxia os índices de cor não puderam ser determinados devido a que essas partes não ficaram expostas nas placas V.

NGC 6771, ao longo dos eixos maior e menor aparentes, apresenta distribuições similares tanto em B como em V. Sua forma simétrica em relação ao centro galáctico permite a determinação de dois perfis radiais médios, perpendicular entre si, que descrevem adequadamente a distribuição de luminosidades ao longo dos eixos principais.

Na direção do eixo maior, os perfis B e V se apresentam como de tipo I na classificação de Freeman (1970). Nessa direção podem ser notadas três componentes distintas entre si: a) a componente interna, constituída pelo bojo nuclear mais a barra, que se estende até a  $\sim 12''$  e cuja distribuição de luminosidades se ajusta a uma lei exponencial; b) o disco exponencial, dominante na parte externa da galáxia e c) a lente, domi



nando o perfil na região com  $12'' \leq a \leq 30''$ . No perfil B aparece ainda uma contribuição adicional devida possivelmente a um anel interno.

Ao longo do eixo menor, a parte brilhante contém contribuição do bojo nuclear barrado e do disco fino, enquanto a região mais fraca é dominado por uma componente com as características de um "disco espesso" de acordo com Burstein (1977 c).

O brilho superficial do disco fino, medido no sistema B, resultou fraco em relação ao valor padrão de  $21.65 \text{ mag B}/\square$  encontrado por Freeman (1970). Da mesma forma, a escala de distância  $\alpha^{-1} = 7.45 \text{ Kpc}$  é grande comparada àquelas encontradas por esse autor para galáxias lenticulares e espirais. Os parâmetros encontrados são característicos dos discos difusos observados por Kormendy (1977 c) em algumas galáxias S0's compactas.

A razão entre as luminosidades da componente interna e do disco em B, é 2.4, estando entre as maiores daquelas medidas por Burstein (1979 b) para galáxias sem barra. Em V essa razão é maior, como era esperado.

A componente interna contribui com 42% da luminosidade de B total de NGC 6771; o disco contribui com 18% e 40% é contribuída pela lente mais o anel. Em V, 71% da luminosidade total vem da componente interna e 19% do disco, restando apenas 10% à ser contribuída pela lente.

As cores integradas das componentes (bojo+barra), com  $(m_B - m_V) \sim 1.28$  e disco, com  $(m_B - m_V) = 0.82$ , são semelhantes às cores locais médias dessas componentes conforme observadas no perfil  $(\mu_B - \mu_V)$ . Nesse mesmo perfil notamos que o disco e a len



te apresentam cores parecidas, o que sugere o mesmo conteúdo estelar. A cor do anel, muito azul, indica ser ele um aspecto de população I.

Com relação à existência ou não de um gradiente de cor concluimos que, desconsiderando o anel, a galáxia apresenta uma variação  $\Delta(\mu_B - \mu_V) \sim -0.4$  desde o centro até o disco. Esse comportamento está de acordo com o resultado comumente encontrado de que a maioria das galáxias "early-type" se tornam mais azuis à medida que aumenta o raio galactocêntrico (Borson et al., 1983; Tsikoudi, 1977; Caldwell, 1983; van der Kruit e Searle, 1981).

## V - DESEMPENHO DO MICRODENSITÔMETRO ZEISS-JENA

Com a finalidade de estabelecer um nível de confiança para o microdensitômetro Zeiss-Jena, a partir de cujas medidas construímos os mapas de isofotas que embasaram grande parte da fotometria fotográfica realizada, fizemos uma comparação entre os perfis radiais provenientes desses mapas e aqueles obtidos pela redução com o PDS, conforme descrevemos neste capítulo.

A comparação está feita graficamente na figura 16, em termos de diferenças de magnitude  $\Delta(\mu_{ZJ} - \mu_{PDS})$ , para perfis tomados ao longo dos mesmos eixos e originários das mesmas placas.

Para os perfis B as diferenças  $\Delta\mu$  oscilam em torno de zero, com dispersão máxima de 0.2 mag, até  $\mu_B = 21$  mag. A partir daí começam a aparecer diferenças sistemáticas que atingem 0.9 mag no pior caso. Essas diferenças se dão no sentido de que os dados do ZJ são mais brilhantes que os do PDS, o que vai de encontro como o resultado encontrado no capítulo III de que as magnitudes azuis totais medidas com o primeiro aparelho são em geral mais brilhantes que aquelas medidas com o segundo.

No caso dos perfis V, os desvios localizados na região central, embora não apresentem uma tendência sistemática, são de grande amplitude, atingindo 0.6 mag. Na região com  $\mu_V$  de 19 a 21 mag, adquirem um valor médio de -0.2, com dispersão de mesma ordem em torno desse valor. Nas partes mais externas,



as diferenças assumem um sentido contrário, os dados do ZJ se mostrando crescentemente mais fracos que os do PDS, à exceção dos dados do eixo menor de NGC 6771, para o qual  $\Delta\mu$  se torna cada vez mais negativo. A amplitude máxima dos desvios é de 0.8 mag.

Considerando que os perfis do PDS traduzem mais fielmente os perfis de luminosidade verdadeiros das galáxias, então os desvios observados se devem a erros nos perfis do ZJ. Podemos apontar como possíveis fontes desses erros:

1º) A precisão do movimento vertical do microdensitômetro ZJ é de 0.1 mm, introduzindo um erro de 1".25 na localização vertical dos pontos nos mapas de isofotas. Esse erro se transmite aos perfis;

2º) Os traçados microdensitométricos são bastante ruidosos nas regiões de baixa luminosidade, dificultando a determinação do nível do céu. Se esse nível for sub ou sobreestimado, cada nível isofotal será, por sua vez, sobre ou subestimado respectivamente, esse efeito sendo tanto maior quanto menor for o brilho superficial do nível em questão;

3º) Ainda devido ao ruído nos traçados microdensitométricos, torna-se difícil determinar com precisão onde o sinal do objeto começa a se superpor ao do céu. A última consequência disso é uma alteração na forma e tamanho das isofotas mais externas;

4º) O método utilizado para varrer a placa, em perfis paralelos, faz com que apenas um deles passe pelo centro da galáxia, o que prejudica a precisão das isofotas centrais.

Erros adicionais podem ainda ser introduzidos não por limitações do aparelho mas sim por limitação do método utilizado na calibração das placas. Erros desse tipo, entretanto, são estáveis, tendo como único efeito deslocar igualmente todo o perfil para cima ou para baixo.

Acreditamos que entre as fontes de erro citadas, a 2ª e a 3ª são as que mais contribuíram para efeitos observados na região externa. A 1ª e a 4ª, por sua vez, possivelmente são as responsáveis principais pelos largos desvios observados na região interna.

Certamente, o número de objetos estudados é muito pequeno para que possamos estabelecer definitivamente se os efeitos que observamos são sistemáticos ou não e, no primeiro caso, quais as verdadeiras causas de sua ocorrência. Somente um estudo continuado sobre placas de uma amostra significativa de galáxias nos permitirá fazer uma investigação mais cuidadosa sobre as limitações do microdensitômetro e fontes de erro.



## VI - CONCLUSÕES FINAIS

Na primeira seção deste capítulo apresentamos e discutimos os principais resultados do trabalho realizado. Na segunda seção colocamos algumas sugestões para complementá-lo.

### VI.1 - Resultados Principais

As galáxias estudadas, NGC 2855 e NGC 6771, embora pertençam à mesma classe morfológica, são objetos de aparências visuais bastante distintas entre si, devido às suas diferentes orientações em relação à linha de visada (NGC 2855 tem  $i \approx 45^\circ$  e NGC 6771 tem  $i \approx 80^\circ$ ) e diferentes condições locais em que vivem (NGC 2855 é um objeto isolado ao passo que NGC 6771 faz parte de um grupo de três galáxias).

A determinação dos parâmetros integrados de NGC 2855 nos mostrou que ela é uma galáxia medianamente luminosa, com magnitude absoluta  $M_B = -19.25$  e dimensões aparentes máximas 11.2 kpc e 8.55 kpc. Seu índice de cor integrado  $(m_B - m_V)_t = 0.89$  é normal para as galáxias de seu tipo.

A análise dos perfis de luminosidade B e V indica estar essa galáxia morfológicamente constituída por duas componentes principais: a) um bojo nuclear dominante, seguindo uma lei de luminosidade  $R^{1/4}$  e contendo 80% da luminosidade B total da galáxia; e b) um disco mais ou menos exponencial, com baixo brilho superficial e relativamente pouco extenso, no qual se encontra imerso um anel fragmentado. Os índices de cor lo-

cais determinados no perfil  $(\mu_B - \mu_V)$  promediado elipticamente se mostram constantes em torno de 1.1 na região interna, diminuindo levemente para 1.0 na região do anel. Considerando porém os perfis  $(\mu_B - \mu_V)$  traçados separadamente ao longo de cada eixo, se apresentam pequenas regiões sensivelmente mais azuis, com  $(\mu_B - \mu_V) \sim 0.7$ , localizadas no anel e vinculadas provavelmente a zonas de formação estelar.

NGC 6771, quando comparada com NGC 2855, é uma galáxia mais brilhante ( $M_B = -20.25$ ), mais extensa (dimensões aparentes de 33.45 kpc e 8.08 kpc) e mais azul ( $(m_B - m_V)_T^0 = 0.74$ ). A análise e decomposição dos perfis de luminosidade também indica uma estrutura mais complexa que a de NGC 2855, constituída das seguintes componentes: a) um bojo nuclear barrado, cuja distribuição de luminosidade pode ser aproximada por uma exponencial; b) uma lente muito saliente; c) o disco exponencial, fraco como em NGC 2855 porém mais extenso e d) um anel com espessura de aproximadamente 10" envolvendo a lente. A distribuição de luminosidade ao longo do eixo menor sugere a presença de que Burstein (1979) chamou "disco espesso" em galáxias S0's e que foi identificado também em espirais por van der Kruit e Searle (1981 b) e por Wirth (1981) embora esses autores considerem que esse disco espesso não se trata de uma nova componente galáctica como disse Burstein mas sim uma distorção da componente esferoidal devido ao campo gravitacional do disco.

O gradiente de cor nessa galáxia se mostra mais acentuado que em NGC 2855, variando de  $(\mu_B - \mu_V) \sim 1.2$  no centro até  $(\mu_B - \mu_V) \sim 0.8$  no disco, sem considerar o anel muito azul, com  $(\mu_B - \mu_V) \sim 0.4$  localizado entre a lente e a região onde o disco



se torna dominante. Considerando que a metalicidade é o principal fator determinando diferenças de cor em galáxias E e S0 (Larson et al., 1980; Wirth, 1981) concluímos que provavelmente existe um acentuado gradiente metálico desde a região interna até o disco de NGC 6771. O fato da galáxia aparecer mais azul que a maioria das S0's sugere a presença de regiões dominadas por população muito jovem. Aparentemente o anel, cuja cor é semelhante à dos discos de espirais tardias (Freeman, 1975) concentra regiões desse tipo.

Uma característica comum entre as duas galáxias estudadas foi o baixo brilho superficial central do disco, confirmando mais uma vez a existência de galáxias com discos fracos (de Vaucouleurs, 1974; Kormendy, 1977 c; Romanishin et al., 1982). O fato desse disco aparecer em um objeto como NGC 6771, que vive agrupado com outros, parece indicar que sua presença não tem relação com o isolamento da galáxia, como haviam sugerido Romanishin et al. (1982).

Tanto NGC 2855 como NGC 6771 apresentam razões entre as luminosidades do bojo e do disco bastante grandes, estando na extremidade do intervalo de variação desse parâmetro observado por Burstein (1979 b) para um conjunto de S0's. Isso, aliado ao fato de que tanto Burstein como Boroson (1981) encontraram que as galáxias com disco de mais baixo brilho superficial central eram as que tinham os bojos mais luminosos em relação ao disco sugere uma possível correlação entre o brilho superficial do disco e a proeminência da componente esferoidal. Por outro lado, discos com brilho superficial igualmente fracos foram detectados também em galáxias tardias, o que prejudica es-



sa correlação.

No que se refere à confiabilidade do microdensitômetro Zeiss-Jena, concluímos que, embora esse seja um aparelho de recursos limitados comparado com outros mais sofisticados como o PDS, essas limitações não chegam a prejudicar excessivamente a leitura dos dados das placas. A introdução de pequenos melhoramentos como um aumento na precisão do movimento vertical, o que permitirá o traçado de perfis microdensitométricos mais próximos uns dos outros, o tornará um instrumento capaz de reproduzir bastante bem a distribuição de densidades das placas fotográficas, principalmente nas suas regiões mais densas.

## VI.2 - Sugestões para Complementação do Trabalho

a) Todas as placas tiradas, mesmo as de menor exposição, não tiveram uma boa resolução no núcleo. No caso de NGC 6771 o problema ficou agravado pela forma não bem definida dessa componente. Torna-se então necessário fazer observações fotográficas bem rápidas de maneira a permitir ver melhor a forma do perfil de luminosidade próximo ao centro galático. Por outro lado, exposições mais longas também são necessárias, principalmente em V, para o estudo das distribuições de luminosidade na parte externa do disco, que não foi atingido em nenhuma das galáxias;

b) É interessante complementar a fotometria realizada com observações na banda passante U, o que nos permitiria obter gráficos cor-cor que nos dariam informações sobre a meta



licidade das galáxias;

c) A orientação de NGC 6771 é adequada para um estudo mais aprofundado da distribuição de luminosidade perpendicular ao plano do disco. Isso requer o traçado de vários perfis da galáxia nessa direção, o que possibilitará verificar se, em diferentes distâncias radiais, a distribuição em  $z$  mantém a mesma forma observada no eixo menor para pontos afastados do plano;

d) Romanishin et al. (1982) encontraram que, em uma galáxia espiral por eles estudada apresentando disco de brilho superficial desusadamente baixo, havia uma descontinuidade na razão massa/luminosidade exatamente na região onde o brilho superficial do disco cai rapidamente, ilustrando a existência de galáxias onde as distribuições de massa e luminosidade não são bem acopladas. O fato disso ocorrer exatamente onde inicia o disco fraco parece indicar que é ele o causador do fenômeno que então deve ser observado em todas as galáxias com esse tipo de disco. Portanto é importante estudar a distribuição de massa de NGC 2855 e NGC 6771 para verificar o comportamento de sua distribuição massa/luminosidade;

e) É interessante fazer um estudo de fotometria fotográfica em um conjunto grande de galáxias espirais e SO's para verificar se existe de fato alguma correlação entre o tamanho do bojo e o brilho superficial central do disco.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BOROSON, T., 1981. Ap.J.Suppl. 46, 117.
2. BOROSON, T.A., THOMPSON, I.B. and SCHECTMAN, A. 1983. Astron.J. 12, 1707.
3. BOTHUM, G.D., 1982. Ap.J.Suppl. 50, 23.
4. BURSTEIN, D., 1979a. Ap.J.Suppl. 41, 435 (paper I).
5. BURSTEIN, D., 1979b. Ap.J.Suppl. 234, 435 (paper II).
6. BURSTEIN, D., 1979c. Ap.J.Suppl. 234, 829 (paper III).
7. BUTA, R. and VANCOULEURS, G., 1983. Ap.J.Suppl. 51, 149.
8. CALDWELL, N., 1983. Ap.J. 268, 90.
9. CARTER, D. and METCALFE, N. 1980. M.N.R.A.S. 191, 325.
10. DA COSTA, L.A.N., CARVALHO, R.R., RITÉ, C.P. and PELLEGRINI, P.S.S., 1982. "Image Processing at the O.N.I-Surface Photometry", publicações do Observatório Nacional, nº 2.
11. DE SOUZA, R., 1983. Tese de Doutorado. Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo.
12. DE VAUCOULEURS, G., 1948. Ann. d'Ap., 11, 247.
13. DE VAUCOULEURS, G., 1959a. Handbuch der Physik, 53, 276.
14. DE VAUCOULEURS, G., 1959b. Handbuch der Physik, 53, 311.
15. DE VAUCOULEURS, G., 1962 in IAU Symposium No. 15, Problems of Extragalactic Research, ed. G.C.McVittic (New York: Macmillan), p. 3.
16. DE VAUCOULEURS, G., 1968. Applied Optics I, 1513.
17. DE VAUCOULEURS, G. and DE VAUCOULEURS, A., 1972, M.N.R.A.S., 77, 1.
18. DE VAUCOULEURS, G. and AGÜERO, E., 1973. Pub. A.S.P., 85, 150.



19. DE VAUCOULEURS, G., 1974. em IAU Symposium No. 58, The Formation and Dynamics of Galaxies, ed. J.R.Shakisschaft (Boston:Reidel), p. 335.
20. DE VAUCOULEURS, G., DE VAUCOULEURS, A. and CORWIN, H.H., 1976. Second Reference Catalogue of Bright Galaxies (RC2) - Austin University of Texas Press.
21. DE VAUCOULEURS, G. and BUTA, R., 1980. Astron.J. 85, 637.
22. DRESSLER, A., 1980. Ap.J., 236, 351.
23. FABER, S.M. and GALLAGHER; J.S., 1976. Ap.J. 204, 365.
24. FREEMAN, K.C., 1970, Ap. J., 160, 811.
25. FREEMAN, K.C., 1975 in Galaxies and the Universe, ed. A. Sandage, M.Sandage and J.Kristian (Univ.Chicago Press, Chicago), p.
26. GRIERSMITH, D. 1980a. Astron.J. 85, 789.
27. GRIERSMITH, D. 1980b. Astron.J. 85, 1135.
28. GUNN, J.E. and GOTT, J.R., 1972. Ap.J. 176, 1.
29. HOLMBERG, E., 1975 in Galaxies and the Universe, ed. A. Sandage, M.Sandage and J.Kristian (Univ.Chicago Press, Chicago), p.
30. HUBBLE, E., 1930. Ap.J. 71, 231.
31. JENSEN, E.B. and THUAN, T.X., 1982. Ap.J.Suppl. 50, 421.
32. KING, I., 1966. Ap.J. 71, 64.
33. KORMENDY, J., 1977a. Ap.J. 214, 359 (paper I).
34. KORMENDY, J., 1977b. Ap.J. 218, 333 (paper II).
35. KORMENDY, J., 1977c. Ap.J. 217, 406 (paper III).
36. KORMENDY, J., 1979. Ap.J. 227, 714.
37. KORMENDY, J., 1980 em ESO Workshop on two dim.Photometry.

38. LARSON, R.B., TINSLEY, B.M. and CALDWELL, C.N., 1980. *Ap. J.* 237, 692.
39. McCLURE; R.D., 1976. *Astron.J.* 81, 182.
40. PACHECO, J.A. de F., 1983. Comunicação privada.
41. ROMANISHIN, W., STROM, S.E. and STROM, K.M., 1982. *Astrop. J.* 258, 77.
42. SADLER, E.M., 1984a. *Astron.J.* 89, 34 (paper II).
43. SADLER, E.M., 1984b. *Astron.J.* 89, 93 (paper III).
44. SANDAGE, A., 1961. *The Hubble Atlas of Galaxies* (Carnegie Inst. Washington Publ. 618, Washington, DC).
45. SANDAGE, A., FREEMAN, K.C. and STOKES, N.R., 1970, *Ap.J.* 160, 831.
46. SANDAGE, A., 1973. *Ap.J.* 183, 711.
47. SANDAGE, A., 1975. *Ap.J.* 202, 563.
48. SĒRSIC, J.L., 1968. *Atlas de Galāxias Australes*. Universidade de Cōrdoba.
49. SPITZER, L. and BAADE, W., 1951. *Ap.J.* 113, 413.
50. TSIKOUDI, V., 1979a. *Ap.J.* 234, 842 (paper I).
51. TSIKOUDI, V., 1979b. *Ap.J. Suppl.* 43, 365 (paper II).
52. VAN DER KRUIT, P.C. and SEARLE, L., 1981. *Astron. Astrophys.* 95, 105.
53. WEGNER, G., 1979. *Ap.Sp.Sc.* 60, 15.
54. WIRTH, A., 1981. *Astron.J.* 86, 981.



TABELA I - Placas usadas para NGC 2855.

NÚMERO DA PLACA	DATA	EMULSAO	FILTRO	EXPOSIÇÃO (min.)	SENSITOMETRIA (min.)
71	21-22/02/82	103 a-0	GG-385	100	45
74	22-23/02/82	II a-D	GG-495	90	45
213	08-09/04/83	103 a-0 hip.	GG-385	35	22
214	08-09/04/83	II a-D	GG-495	55	45

TABELA II - Placas usadas para NGC 6771.

NÚMERO DA PLACA	DATA	EMULSAO	FILTRO	EXPOSIÇÃO (min.)	SENSITOMETRIA (min.)
106	20-21/05/82	II a-0	GG-385	120	78
107*	20-21/05/82	II a-D	GG-495	110	50
380	11-12/08/83	103 a-0	GG-385	30	20

\*A sensitometria da placa 107 foi feita sobre o céu sendo, portanto, inadequada para calibrá-la. Considerando que as curvas características de placas diferentes que receberam tratamentos similares (provindas da mesma caixa, expostas similarmente e reveladas de forma idêntica) são semelhantes (Kormendy, 1980), calibramos a placa 107 com a sensitometria de outra placa (105) obtida na mesma noite e preenchendo as condições acima citadas.

TABELA III - Calibração das placas V medidas com o PDS.

GALÁXIA	NÚMERO DA PLACA	RAIO DO DIAFRAGMA (")	V	$L_V$	$K_V$	FONTE
NGC 2855	74	17.95	12.26	$0.225 \times 10^4$	20.64	G
		27.20	11.89	$0.296 \times 10^4$	20.57	G
						$\langle K \rangle = 20.60$
NGC 6771	107	17.95	13.04	$0.149 \times 10^5$	23.47	G
		27.10	12.93	$0.110 \times 10^5$	23.51	S
		27.20	12.76	$0.170 \times 10^5$	23.34	G
						$\langle K \rangle = 23.44$

FONTES: Griersmith, 1980; S - Sandage, 1975.

TABELA IV - Calibração das placas B medidas com o PDS.

GALÁXIA	NÚMERO DA PLACA	RAIO DO DIAFRAGMA (")	B	$L_B$	$K_B$	FONTE
NGC 2855	71	17.95	13.21	$0.117 \times 10^5$	23.44	G
		27.20	12.89	$0.158 \times 10^5$	23.39	G
						$\langle K \rangle = 23.42$
NGC 6771	106	27.10	14.02	$0.535 \times 10^5$	25.84	S

FONTES: G - Griersmith, 1980; S - Sandage, 1975.



TABELA V - Calibração das placas medidas com o Zeiss-Jena.

GALÁXIA	NÚMERO DA PLACA	$\mu_{CZJ}$	$\mu_{CPDS}$	$\mu_{C\text{ adotado}}$
NGC 2855	71 (B)	21.54	21.44	21.49
	74 (V)	19.30	19.10	19.20
	213 (B)	22.09	—	22.09
	214 (V)	20.89	—	20.89
NGC 6771	106 (B)	22.28	22.07	22.17
	107 (V)	—	20.72	20.72
	380 (B)	21.32	—	21.32

TABELA VI - Parâmetros geométricos de NGC 2855 e NGC 6771.

GALÁXIA	$\mu$ (mag B/□")	A.P. ( $^{\circ}$ )	b/a	i ( $^{\circ}$ )
NGC 2855	24.70	123	0.73	45
NGC 6771	24.72	117	0.30	80

TABELA VII - Diâmetros aparentes de NGC 2855 e NGC 6771.

GALÁXIA	SISTEMA	$\mu$ (mag/□")	DIÂMETRO MAIOR (") (kpc)	DIÂMETRO MENOR (") (kpc)
NGC 2855	B	24.50	120.0 11.2	91.2 8.5
	V	22.70	93.7 8.8	65.6 6.2
NGC 6771	B	25.17	143.0 33.4	34.5 8.1
	V	23.72	93.7 21.7	28.1 6.2

TABELA VIII - Correções das magnitudes integradas de NGC 2855 e NGC 6771.

GALÁXIA	$A_B$	A (i)	$K_B Z$	E (B-V)	$E_{B-V}$ (i)	$K_{B-V} Z$
NGC 2855	0.17	0.04	0.03	0.04	0.01	0.02
NGC 6771	0.16	0.36	0.06	0.04	0.08	0.04



TABELA IX - Magnitudes e cores totais de NGC 2855 e NGC 6771

NGC	$m_{B_t}^{PDS}$	$m_{V_t}^{PDS}$	$m_{B_t}^{ZJ}$	$m_{V_t}^{ZJ}$	$m_{B_t}$	$m_{B_t}^{\circ}$ $\sigma$	$m_{V_t}$ $\sigma$	$(m_B - m_V)_t$ $\sigma$	$(m_B - m_V)_t^{\circ}$ $\sigma$	$M_B$
2855	12.52	11.48	12.37	11.46	12.44 0.10	12.20 0.10	11.47 0.01	0.97 0.10	0.89 0.10	-19.25
6771	13.78	12.89	13.75	12.85	13.76 0.02	13.17 0.02	12.87 0.03	0.90 0.04	0.74 0.04	-20.25

Coluna 1: classificação NGC

Coluna 2: magnitude azul total aparente calculada com o PDS

Coluna 3: magnitude visual total aparente calculada com o PDS

Coluna 4: magnitude azul total aparente calculada com o ZJ

Coluna 5: magnitude visual total aparente calculada com o ZJ

Coluna 6: magnitude azul aparente final, obtida fazendo a média de  $m_{B_t}^{PDS}$  e  $m_{B_t}^{ZJ}$

Coluna 7: magnitude azul total corrigida por absorção galática, absorção interna e redshift

Coluna 8: magnitude visual total aparente final obtida pela média de  $m_{V_t}^{PDS}$  e  $m_{V_t}^{ZJ}$

Coluna 9: Índice de cor total aparente

Coluna 10: Índice de cor total corrigido por absorção galática, absorção interna e redshift

Coluna 11: magnitude azul absoluta

TABELA X - Magnitudes e Índices de cor integrados para NGC 2855.

$r^*$	$m_B(r^*)$	$m_V(r^*)$	$(m_B - m_V)(r^*)$
2	16.00	14.80	1.20
4	15.00	13.77	1.16
6	14.36	13.20	1.16
8	14.00	12.92	1.08
10	13.77	12.70	1.07
12	13.58	12.52	1.02
14	13.41	12.37	1.04
16	13.30	12.25	1.05
18	13.21	12.13	1.08
20	13.11	12.04	1.07
22	13.02	11.95	1.07
24	12.95	11.88	1.07
26	12.87	11.81	1.06
28	12.81	11.75	1.06
30	12.75	11.69	1.06
32	12.72	11.64	1.08
34	12.66	11.61	1.05
36	12.63	11.57	1.06
38	12.58	11.54	1.04
40	12.55	11.51	1.04
42	12.52	11.48	1.04
44	12.49	11.46	1.03
46	12.46	11.46	1.00
48	12.44	11.46	0.98
50	12.42	11.46	0.96
52	12.41	11.46	0.95
54	12.39	11.46	0.95
56	12.37	11.46	0.93



TABELA XI - Magnitudes e índices de cor integrados para NGC 6771.

$r^*$	$m_B(r^*)$	$m_V(r^*)$	$(m_B - m_V)(r^*)$
2	16.50	— (a)	—
4	15.60	14.30	1.80
6	15.13	13.80	1.33
8	14.84	13.52	1.32
10	14.66	13.38	1.28
12	14.50	13.25	1.25
14	14.37	13.15	1.22
16	14.23	13.06	1.17
18	14.17	12.98	1.49
20	14.10	12.93	1.17
22	14.03	12.90	1.13
24	13.97	12.89	1.09
26	13.93	12.87	1.06
28	13.89	12.85	1.04
30	13.86	12.85	1.01
32	13.84	12.85	0.99
34	13.81	12.85	0.96
36	13.79	12.85	0.94
38	13.76	12.85	0.91
40	13.75	12.85	0.90

(a) não foi medido  $m_V(2'')$  porque só dispúnhamos de uma placa de longa exposição para NGC 6771 V, a qual se encontra, aparentemente, com o núcleo quei-  
mado.





TABELA XII - Continuação

r (seg. arc.)	A.P. = 303°		A.P. = 338°		A.P. = 33°		A.P. = 68°	
	$\mu_B$	$\mu_V$	$\mu_B$	$\mu_V$	$\mu_B$	$\mu_V$	$\mu_B$	$\mu_V$
1.25	18.47	17.44	18.51	17.55	18.37	17.60	18.25	17.19
2.50	19.07	17.80	19.09	18.08	18.98	18.08	18.83	17.68
3.75	19.51	18.28	19.51	18.55	19.58	18.52	19.44	18.25
5.00	19.87	18.62	19.92	18.90	19.99	18.98	19.88	18.70
6.25	20.20	18.90	20.30	19.28	20.38	19.30	20.22	19.13
7.50	20.47	19.20	20.62	19.54	20.71	19.70	20.43	19.41
8.75	20.80	19.44	20.95	19.70	20.99	20.00	20.71	19.57
10.00	21.07	19.62	21.21	20.07	21.22	20.24	20.96	19.93
11.25	21.13	19.80	21.42	20.67	21.47	20.24	21.17	20.16
12.50	21.28	19.92	21.58	20.51	21.79	20.24	21.47	20.16
13.75	21.52	20.06	21.72	20.46	22.03	20.64	21.76	20.85
15.00	21.64	20.16	21.74	21.01	22.00	20.62	21.96	21.30
16.25	21.58	20.30	21.81	20.72	21.98	21.06	22.01	20.65
17.50	21.69	20.40	21.87	21.07	21.99	21.00	21.84	21.03
18.75	21.82	20.52	21.85	21.09	22.02	21.06	21.92	20.72
20.00	21.95	20.60	22.06	21.34	22.37	21.32	22.13	20.78
21.25	21.97	20.72	22.27	20.70	22.60	21.66	22.14	21.08
22.50	22.07	20.80	22.41	21.00	22.49	21.76	22.12	21.39
23.75	22.16	20.88	22.38	21.44	22.38	21.84	22.34	21.48
25.00	22.28	20.96	22.26	21.78	22.53	21.90	22.48	20.68
26.25	22.49	21.00	22.34	21.37	22.72		22.66	20.94
27.50	22.80	21.08	22.73	21.64	22.74		22.61	21.54
28.75	22.40	21.16	22.74	21.54	22.83		22.68	21.85
30.00	22.71	21.22	22.80	21.76	22.93		22.70	21.87
31.25	22.54	21.30	22.42	21.28	23.01		23.55	21.78
32.50	22.55	21.40	22.96	21.51	23.29		23.21	21.76
33.75	23.10	21.50	22.86	21.91	23.68		23.47	21.91
35.00	22.84	21.60	23.40	21.91	23.86		23.98	21.87
36.25	23.04	21.70	23.23	21.77	23.75		23.91	21.91
37.50	22.99	21.80	23.57	21.74	24.02		23.33	21.84
38.75	23.94	21.88	23.88	21.83	23.84		23.54	21.82
40.00	23.73		23.67	21.85	23.73		23.53	21.76
41.25	23.28		23.56	21.77	23.88		23.82	21.90
42.50	23.60		23.71	21.90	24.20		24.58	21.72
43.75	24.56		23.29	21.71	24.09		23.91	21.84
45.00	23.19		23.47	21.86	24.48		24.19	21.88
46.25	23.62		24.11	21.91	24.14		23.87	21.71
47.50	23.43		23.81	21.91	24.18		24.44	21.86
48.75			23.88		24.43		24.62	21.91
50.00			24.26				24.55	
51.25			24.37				23.97	
52.50			24.35				24.41	
52.75			24.44				24.62	
55.00			24.61				24.59	
56.25			24.13				24.45	
57.50			24.60				24.62	
58.75			24.62				24.62	
60.00			24.62				24.08	

TABELA XIII - Perfis de luminosidade B e V para NGC 6771

r (seg.arc.) <sup>5</sup>	EIXO MAIOR				EIXO MENOR				
	A.P. = 117°		A.P. = 297°		A.P. = 27°		A.P. = 207°		
	$\mu_B$	$\mu_V$	$\mu_B$	$\mu_V$	r (seg.arc.)	$\mu_B$	$\mu_V$	$\mu_B$	$\mu_V$
0.70	18.64	17.50	18.62	17.56	0.70	18.70	17.58	18.90	17.60
1.40	18.99	17.90	18.99	17.86	1.40	19.06	18.06	19.28	18.00
2.10	19.38	18.07	19.22	18.07	2.10	19.50	18.61	19.94	18.79
2.80	19.56	18.29	19.47	18.22	2.80	20.04	19.07	20.39	19.21
3.50	19.80	18.50	19.67	18.42	3.50	20.47	19.53	20.70	19.74
4.20	20.03	18.80	19.88	18.67	4.20	20.90	20.01	20.97	19.94
4.90	20.28	18.91	20.21	18.98	5.00	21.30	20.42	21.31	20.52
5.60	20.50	19.13	20.42	19.17	6.25	21.72	21.08	21.83	21.07
6.30	20.69	19.39	20.67	19.35	7.50	22.23	21.76	22.23	21.60
7.00	20.94	19.69	20.82	19.61	8.75	22.51	22.14	22.61	22.32
7.70	21.14	19.97	20.90	19.73	10.00	23.32	22.60	23.18	22.60
8.40	21.28	20.14	21.04	19.98	11.25	23.61	22.91	23.75	22.64
9.10	21.44	20.25	21.14	20.12	12.50	24.31	23.31	23.88	23.38
9.80	21.56	20.35	21.29	20.27	13.75	24.34	23.09	24.11	23.29
11.25	21.77	20.75	21.62	20.63	15.00	25.38	23.33	25.31	23.44
12.50	22.00	21.04	21.73	20.75	16.25	25.28	23.44	25.98	23.44
13.75	22.09	21.16	21.82	20.85	17.50	24.63	23.44	25.03	23.44
15.00	22.21	21.20	21.95	21.09	18.75	25.26	23.44	25.31	23.39
16.25	22.24	21.23	22.00	21.08	20.00	25.04		25.38	23.29
17.50	22.30	21.24	21.94	21.05	21.25	25.06		25.38	23.44
18.75	22.23	21.34	21.89	21.11	22.50	25.38			
20.00	22.28	21.40	22.00	21.02	23.75	25.38			
21.25	22.31	21.39	21.95	21.19					
22.50	22.25	21.25	21.99	21.21					
23.75	22.26	21.25	22.08	21.04					
25.00	22.16	21.23	22.11	21.17					
26.25	22.23	21.30	22.16	21.22					
27.50	22.33	21.41	22.24	21.38					
28.75	22.40	21.63	22.33	21.53					
30.00	22.42	21.98	22.45	21.74					
31.25	22.62	22.20	22.64	21.94					
32.50	22.92	22.15	22.94	22.56					
33.75	23.14	22.41	23.16	22.99					
35.00	23.20	22.87	23.31	23.21					
36.25	23.33	23.18	23.46	22.97					
37.5	23.41	23.32	23.39	22.78					
38.75	23.49	23.01	23.43	22.99					
40.00	23.63	23.44	23.88	23.31					
41.25	23.66	23.40	23.77	23.42					
42.50	24.04	23.25	23.94	23.30					
43.75	24.24	23.29	24.08	23.17					
45.00	24.39	23.44	24.14	23.36					
46.25	24.09	23.44	24.39	23.44					
47.50	24.54	23.44	24.20	23.44					
48.75	24.34		24.52	23.44					
50.00	24.33		24.50						
51.25	23.79		24.58						
52.50	24.25		24.50						
53.75	25.06		25.23						
55.00	24.56		25.36						
56.25	25.23		24.36						
57.50	24.62		25.19						
58.75	24.59		25.02						
60.00	25.29		24.48						
61.25	24.87		24.75						



TABELA XIV - Perfis B e V de NGC 2855 promediados elipticamente

r (seg.arc.)	$\mu_B$	$\mu_V$	r (seg.arc.)	$\mu_B$	$\mu_V$
0	18.04	17.04	32	22.55	21.64
1	18.20	17.24	33	22.62	21.53
2	18.55	17.72	34	22.70	21.57
3	19.00	17.56	35	22.83	21.62
4	19.40	18.33	36	22.96	21.76
5	19.70	18.55	37	23.08	21.40
6	19.95	18.85	38	23.10	21.83
7	20.20	19.06	39	23.14	21.35
8	20.45	19.28	40	23.16	21.80
9	20.60	19.48	41	23.20	21.60
10	20.80	19.67	42	23.55	21.66
11	20.95	19.80	43	23.40	
12	21.14	20.00	44	23.74	
13	21.25	20.39	45	23.62	
14	21.40	20.28	46	23.68	
15	21.50	20.42	47	23.80	
16	21.62	20.40	48	23.40	
17	21.70	20.72	49	23.34	
18	21.78	20.63	50	24.05	
19	21.84	20.68	51	24.00	
20	21.88	20.78	52	23.54	
21	21.90	20.88	53	24.10	
22	21.95	20.96	54	24.20	
23	22.00	20.92	55	24.20	
24	22.10	21.06	56	23.90	
25	22.20	20.90	57	24.00	
26	22.25	21.24	58	24.30	
27	22.30	21.33	59	24.26	
28	22.35	21.45	60	24.46	
29	22.42	21.39			
30	22.46	21.54			
31	22.50	21.49			

TABELA XV - Perfis médios de luminosidade B e V para NGC 6771

EIXO MAIOR			EIXO MENOR		
r (seg.arc.)	$\mu_B$	$\mu_V$	r (seg.arc.)	$\mu_B$	$\mu_V$
0.70	18.63	17.53	0.70	18.80	17.59
1.40	18.99	18.61	1.40	19.16	18.03
2.10	19.30	18.07	2.10	19.70	18.64
2.80	18.53	18.25	2.80	20.20	19.14
3.50	19.73	18.46	3.50	20.58	19.63
4.20	19.95	18.68	4.20	20.93	20.76
4.90	20.24	18.94	5.00	21.30	20.47
5.60	20.46	19.15	6.25	21.77	21.08
6.30	20.68	19.41	7.50	22.23	21.68
7.00	20.88	19.65	8.75	22.59	22.27
7.70	21.01	19.84	10.00	23.20	22.70
8.40	21.15	20.16	11.25	23.67	22.83
9.10	21.28	20.18	12.50	24.07	23.34
9.80	21.42	20.35	13.75	24.22	23.19
11.25	21.69	20.68	15.00	24.72	23.38
12.50	21.85	20.90	16.25	24.44	23.44
13.75	21.94	21.01	17.50	24.30	23.48
15.00	22.07	21.15	18.75	24.68	23.48
16.25	22.11	21.15	20.00	25.79	
17.50	22.10	21.13	21.25	25.13	
18.75	22.12	21.23	22.50		
20.00	22.12	21.26			
21.25	22.15	21.29			
22.50	22.16	21.23			
23.75	22.16	21.15			
25.00	22.14	21.20			
26.25	22.24	21.26			
27.50	22.33	21.40			
28.75	22.43	21.58			
30.00	22.56	21.86			
31.25	22.78	22.08			
32.50	23.04	22.36			
33.75	23.26	22.70			
35.00	23.33	22.90			
36.25	23.39	23.08			
37.50	23.40	23.05			
38.75	23.46	23.00			
40.00	23.70	23.38			
41.25	23.80	23.41			
42.50	24.06	23.28			
43.75	24.19	23.20			
45.00	24.39	23.40			
46.25	24.44	23.44			
47.50	24.50	23.43			
48.75	24.69				
50.00	24.76				
51.25	24.60				
52.50	24.72				
53.75	24.72				
55.00	24.76				
56.25	24.80				
57.50	24.83				
58.75	24.90				
60.00	25.03				



TABELA XVI - Parâmetros de ajuste para NGC 2855

	REGIÃO DO BOJO		REGIÃO DO DISCO		DISCO INICIAL			DISCO FINAL			BOJO INICIAL			BOJO FINAL		
	De	Atē	De	Atē	$\mu_0$	$\mu_{0c}$	$\alpha^{-1}$	$\mu_0$	$\mu_{0c}$	$\alpha^{-1}$	$\mu_e$	$\mu_{ec}$	$r_e$	$\mu_e$	$\mu_{ec}$	$r_e$
B	3"	16"	45"	60"	21.46	21.63	23.31 (2.19)	23.08	23.25	35.71 (3.35)	—	—	—	21.95	21.78	17.14 (1.61)
V	3"	13"	—	—	—	—	—	—	—	—	20.89	20.72	18.52 (1.74)	—	—	—

TABELA XVII.a - Parâmetros de ajuste para o eixo maior de NGC 6771 - 1ª decomposição

	REGIAO INTERNA		REGIAO DO DISCO		DISCO INICIAL			DISCO FINAL			REGIAO INTERNA FINAL		
	De	Atē	De	Atē	$\mu_o$	$\mu_{oC}$	$\alpha^{-1}$	$\mu_o$	$\mu_{oC}$	$\alpha^{-1}$	$\mu_e$	$\mu_{eC}$	$r_e$
B	2°50	6°25	45°00	62°50	22.91	24.05	33.33	25.81	26.95	370.37	22.93	22.77	20.55
							(7.79)			(86.67)			(4.80)
V	2°50	6°25	35°00	47°50	21.60	22.76	27.43	23.78	24.04	200.00	20.27	20.13	9.41
							(6.42)			(46.80)			(2.20)

TABELA XVII.b - Parâmetros de ajuste para o eixo menor de NGC 6771 - 2ª decomposição

	REGIAO INTERNA		REGIAO DO DISCO		DISCO INICIAL			DISCO FINAL			REGIAO INTERNA FINAL		
	De	Atē	De	Atē	$\mu_o$	$\mu_{oC}$	$\alpha^{-1}$	$\mu_o$	$\mu_{oC}$	$\alpha^{-1}$	$\mu_o$	$\mu_{oC}$	$\alpha^{-1}$
B	1°25	3°75	15°00	22°50	22.91	24.05	9.08	22.91	24.05	9.00	18.32	18.16	1.53
							(2.12)			(2.10)			(0.358)
V	1°25	3°75	13°75	17°50	21.60	22.76	54.22	21.61	22.77	9.16	17.43	17.29	1.62
							(12.68)			(2.14)			(0.38)

TABELA XVII.c - Parâmetros de ajuste para o eixo maior de NGC 6771 - 2ª decomposição

	REGIAO INTERNA		REGIAO DO DISCO		DISCO INICIAL			DISCO FINAL			REGIAO INTERNA FINAL		
	De	Atē	De	Atē	$\mu_o$	$\mu_{oC}$	$\alpha^{-1}$	$\mu_o$	$\mu_{oC}$	$\alpha^{-1}$	$\mu_o$	$\mu_{oC}$	$\alpha^{-1}$
B	2°50	6°25	45°00	62°50	22.90	24.04	33.33	22.91	24.05	31.84	18.32	18.16	2.61
							(7.79)			(7.45)			(0.61)
V	2°50	6°25	35°00	47°50	21.60	22.76	27.47	21.61	22.77	27.62	17.43	17.29	3.14
							(6.42)			(6.46)			(0.73)



TABELA XVIII - Propriedades integradas das componentes de luminosidade

		$M_{\text{BOJO}}$	$M_{\text{DISCO}}$	$L_{\text{BOJO}}/L_{\text{DISCO}}$	$L_{\text{BOJO}}/L_{\text{TOTAL}}$	$L_{\text{DISCO}}/L_{\text{TOTAL}}$
NGC 2855	B	-19.00	-17.20	5.22	0.80	0.15
	V	—	—	—	—	—
NGC 6771	B	-19.33	-18.36	2.40	0.42	0.18
	V	-20.61	-19.18	3.72	0.71	0.19

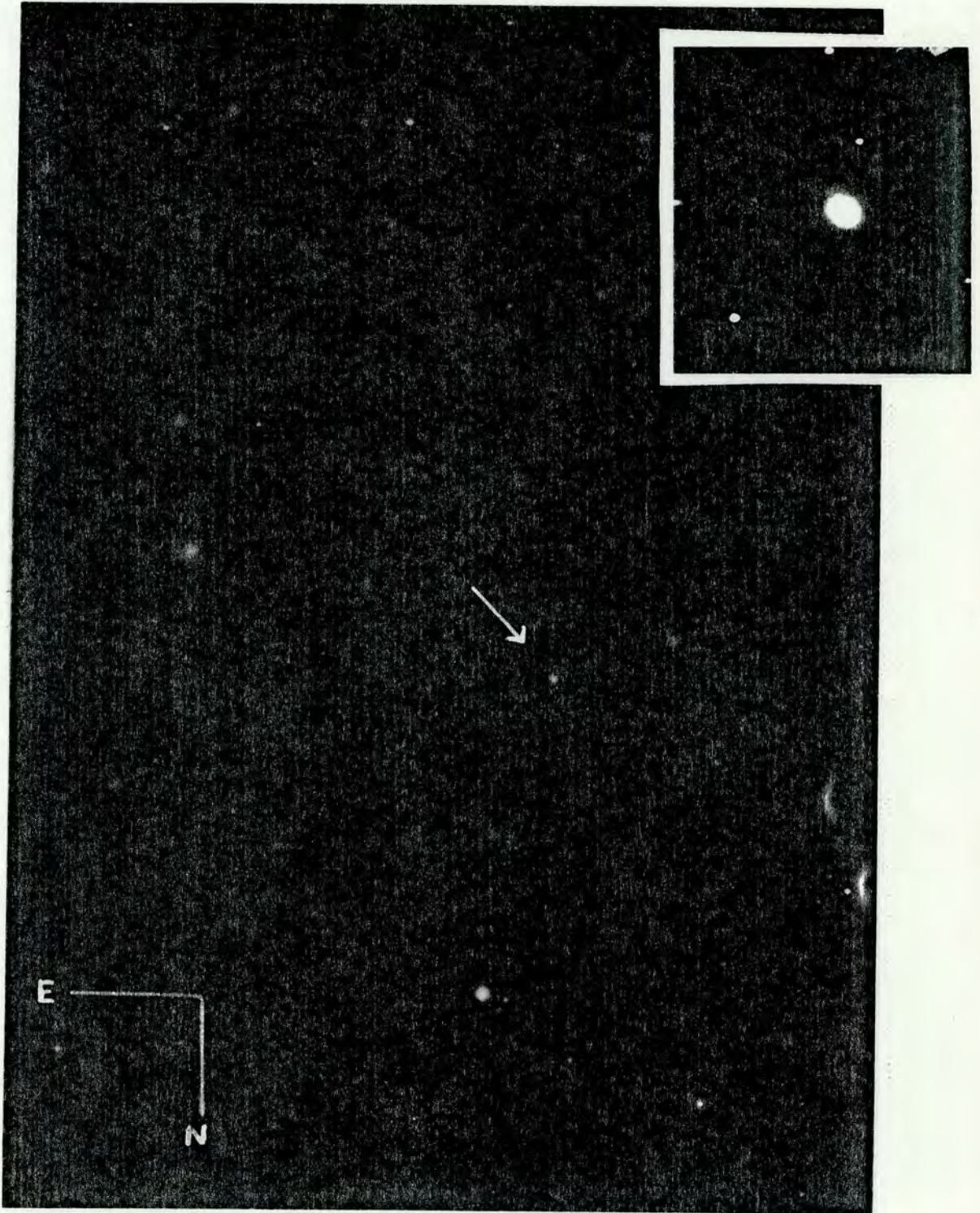


FIGURA 1.a - Cópia da placa fotogr fica 71 (B), mostrando NGC 2855 (assinada com a seta). A escala da foto   4.36"/mm. No canto superior direito, detalhe ampliado linearmente 2.03   mostrando a galáxia.





FIGURA 1.b - Cópia da placa fotogrãfica nº 74 (V), mostrando a galãxia NGC 2855. A escala da foto é 4.53"/mm.



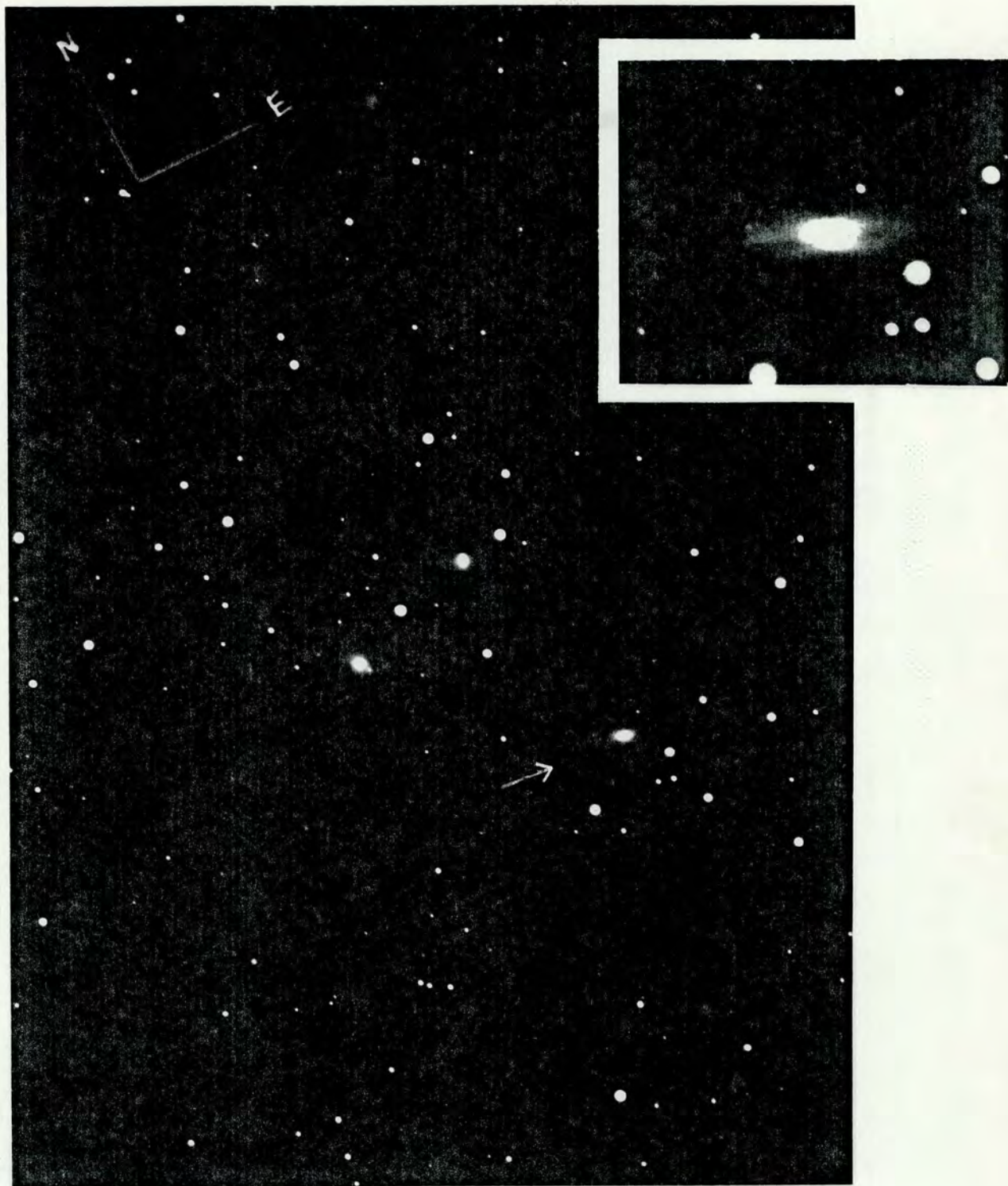


FIGURA 1.c - Cópia da placa fotográfica nº 106 (B), mostrando o trio de galáxias NGC 6769, NGC 6770 e NGC 6771 (indicada com a seta). A escala da foto é  $4.29''/\text{mm}$ . No canto superior direito aparece um detalhe ampliado linearmente  $1.94 \times$ , mostrando NGC 6771.



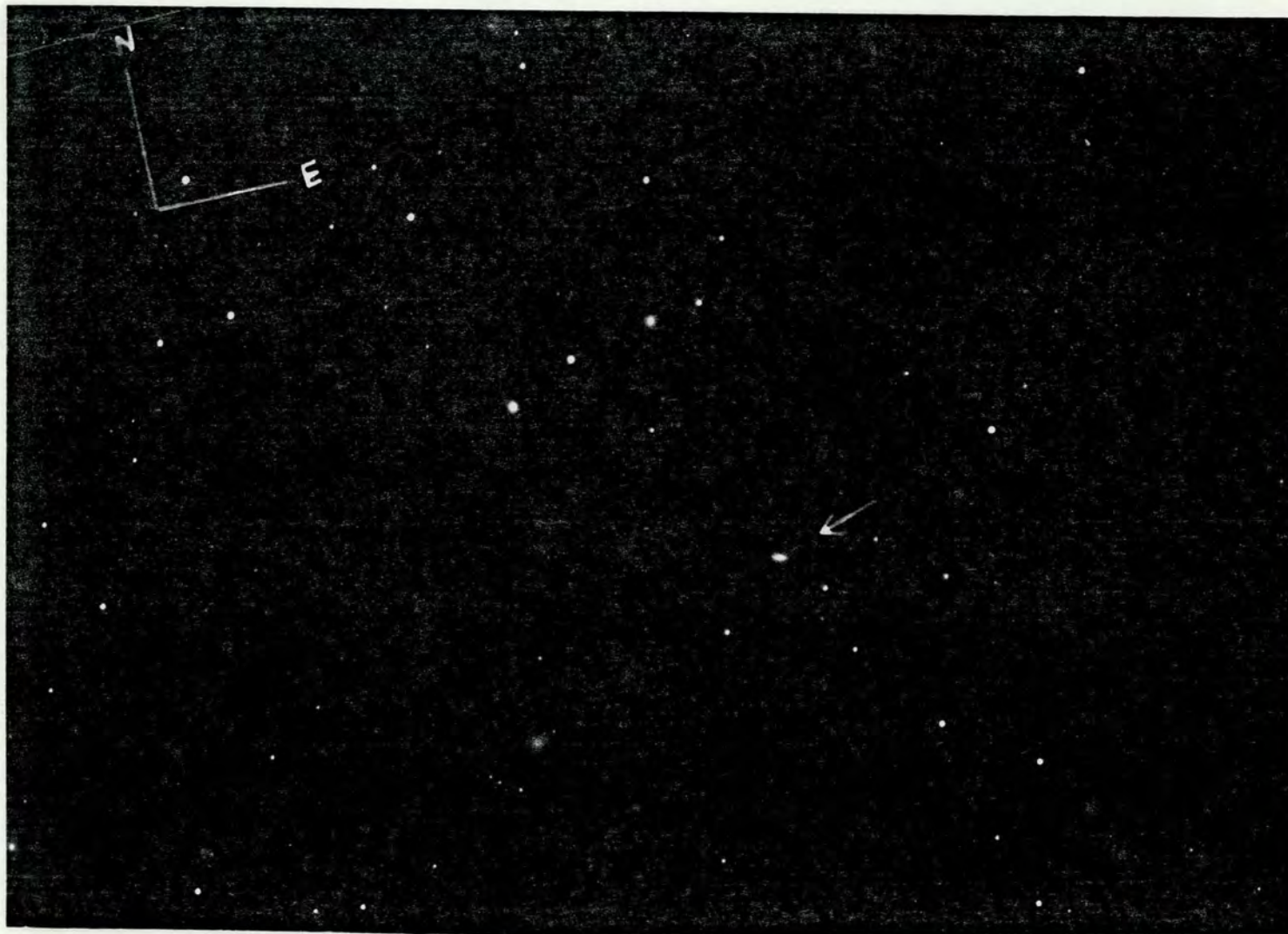


FIGURA 1.d - Cópia da placa fotográfica nº 107 (V) mostrando o trio de galáxias NGC 6779, NGC 6770 e NGC 6771 (indicada com a seta). A escala da foto é 4.19"/mm.

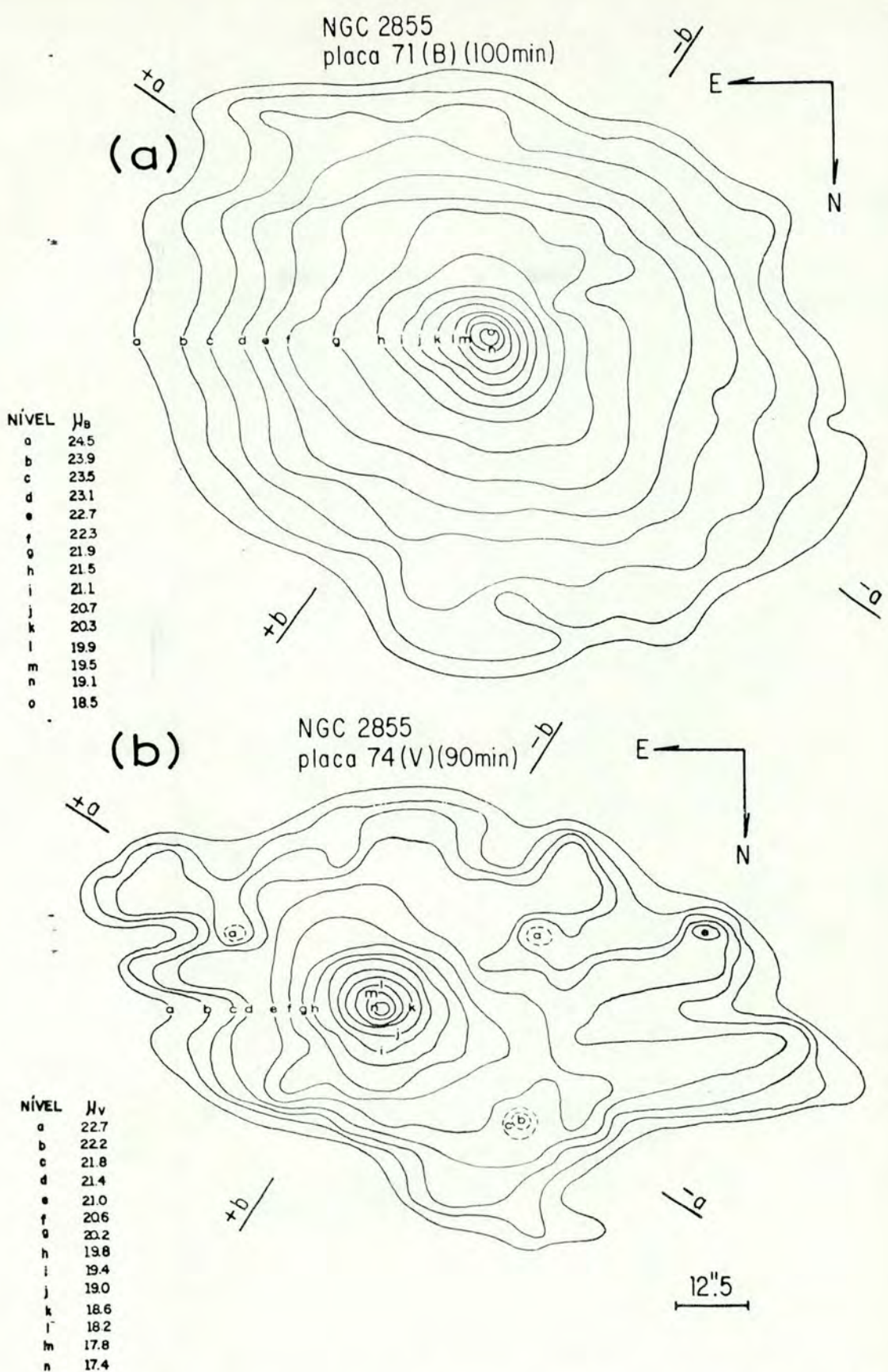


FIGURA 2 - Mapas de isofotas de NGC 2855 e NGC 6771. a) NGC 2855 (B)(placa 71); b) NGC 2855 (V)(placa 74); c) NGC 2855 (B)(placa 212); d) NGC 2855 (V)(placa 214); e) NGC 6771 (B)(placa 106); f) NGC 6771 (V)(placa 107); g) NGC 6771 (B)(placa 380). Eixos a e b são ao longo dos eixos maior e menor das galáxias.

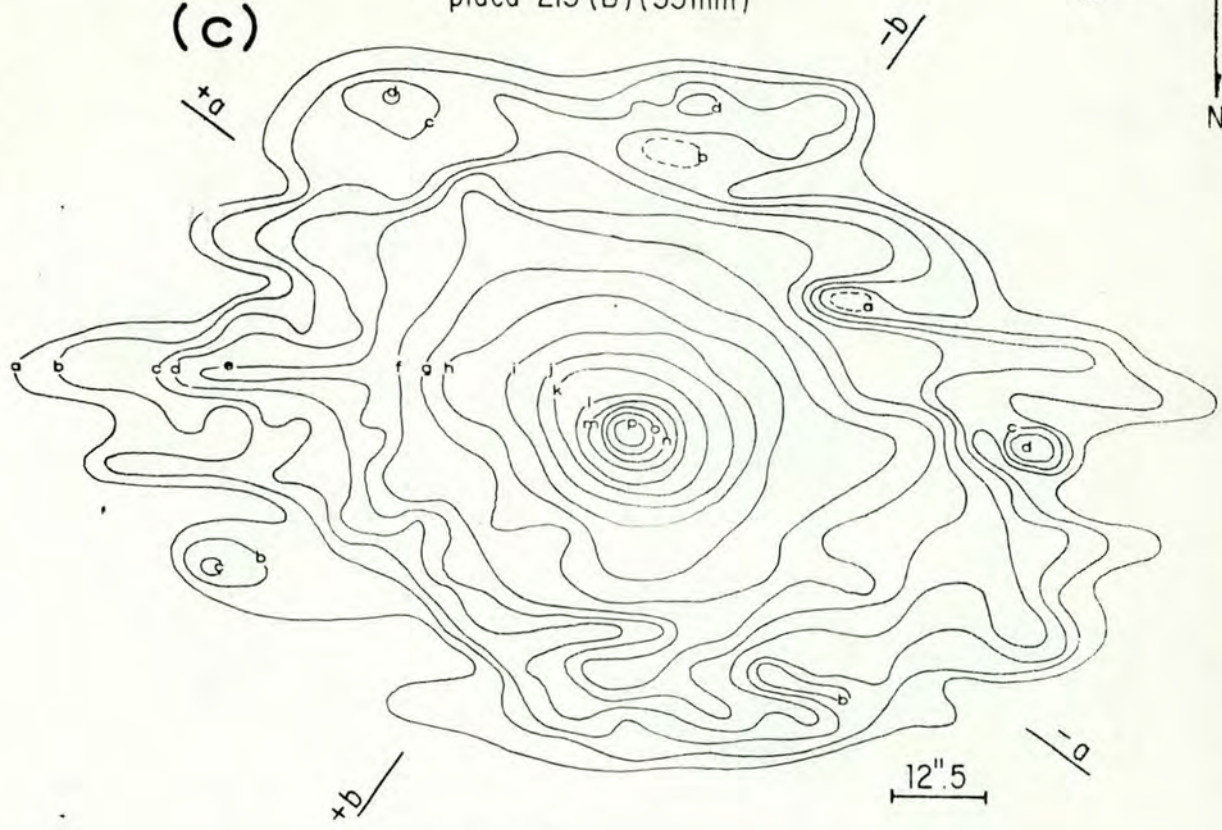


NGC 2855  
placa 213 (B) (35 min)

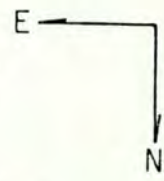


NÍVEL	H <sub>β</sub>
a	25.1
b	24.3
c	23.9
d	23.5
e	23.1
f	22.7
g	22.3
h	21.9
i	21.5
j	21.1
k	20.7
l	20.3
m	19.9
n	19.5
o	19.1
p	18.7

(c)



NGC 2855  
placa 214 (V) (55 min)



NÍVEL	H <sub>β</sub>
a	22.5
b	21.9
c	21.5
d	21.1
e	20.7
f	20.3
g	19.9
h	19.5
i	19.1
j	18.7
k	18.3
l	17.9

(d)

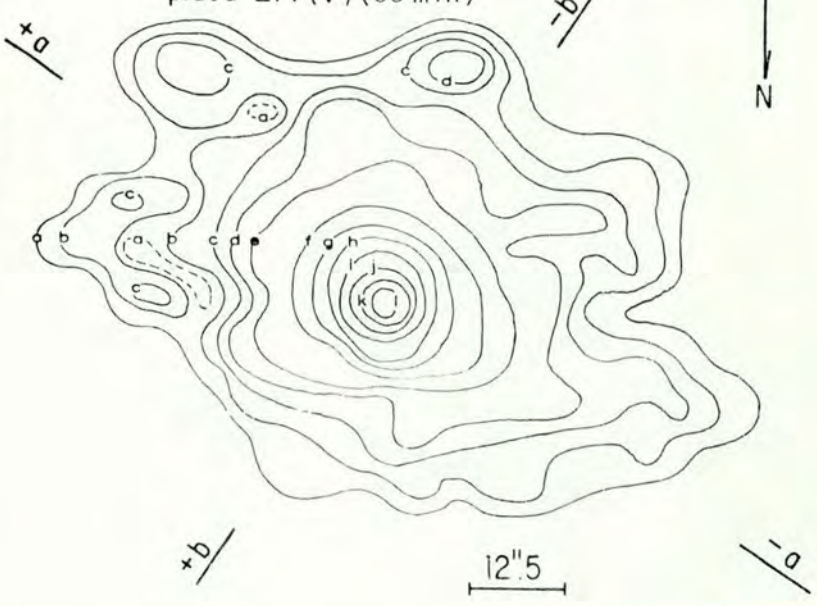


FIGURA 2 - Continuação.

(e)

NGC 6771  
PLACA 106 (B)(120 min)

NÍVEL	$\mu_B$
a	25.17
b	23.97
c	23.57
d	23.17
e	22.77
f	22.37
g	21.97
h	21.57
i	20.77
j	19.97

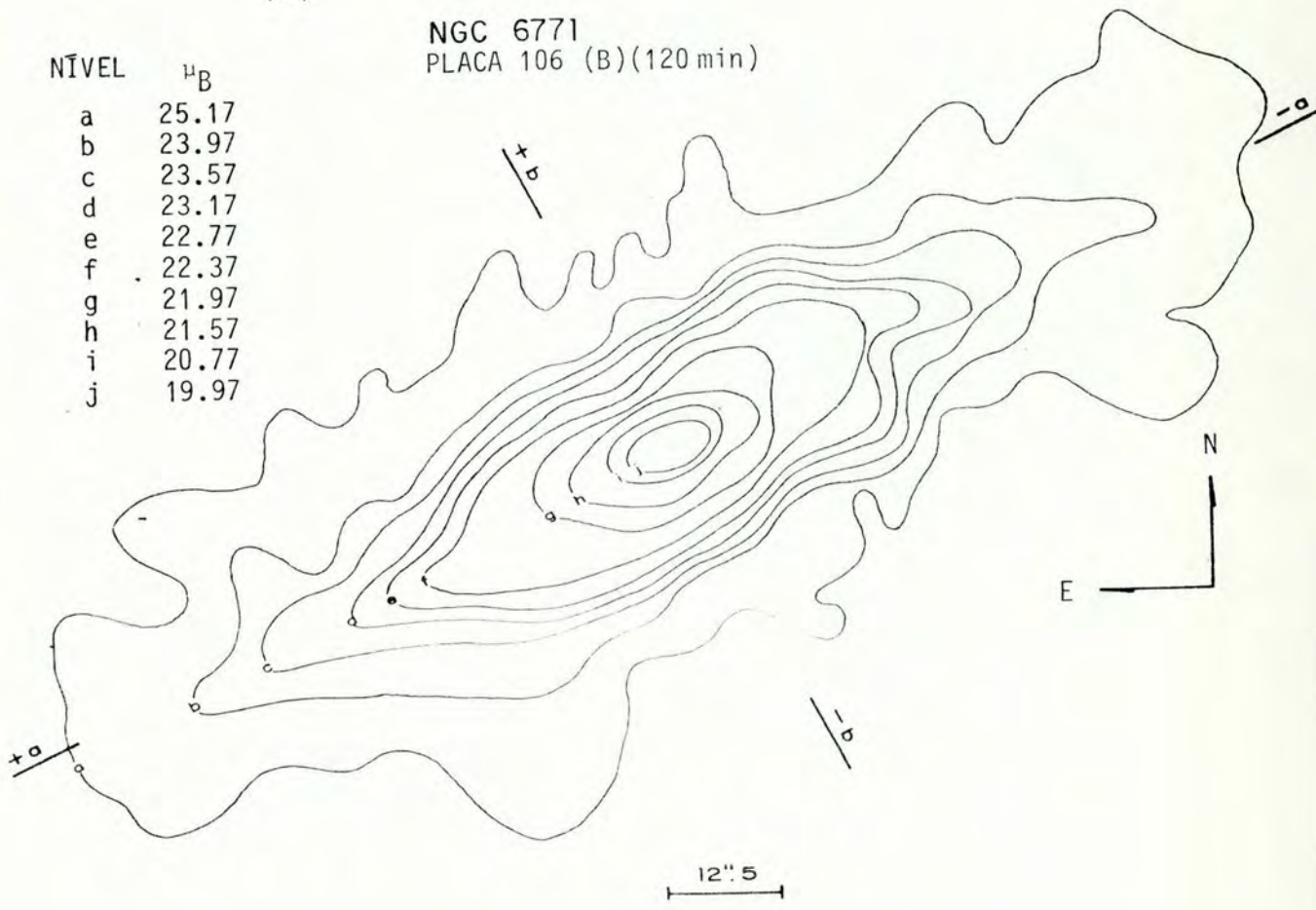


FIGURA 2 - Continuação.



(f)

## NGC 6771

PLACA 107 (V) (110 min)

NÍVEL	mag V/0"
a	23.72
b	22.82
c	22.62
d	22.19
e	21.82
f	21.47
g	21.95
h	20.62
i	20.18
j	19.56
k	19.02
l	18.46

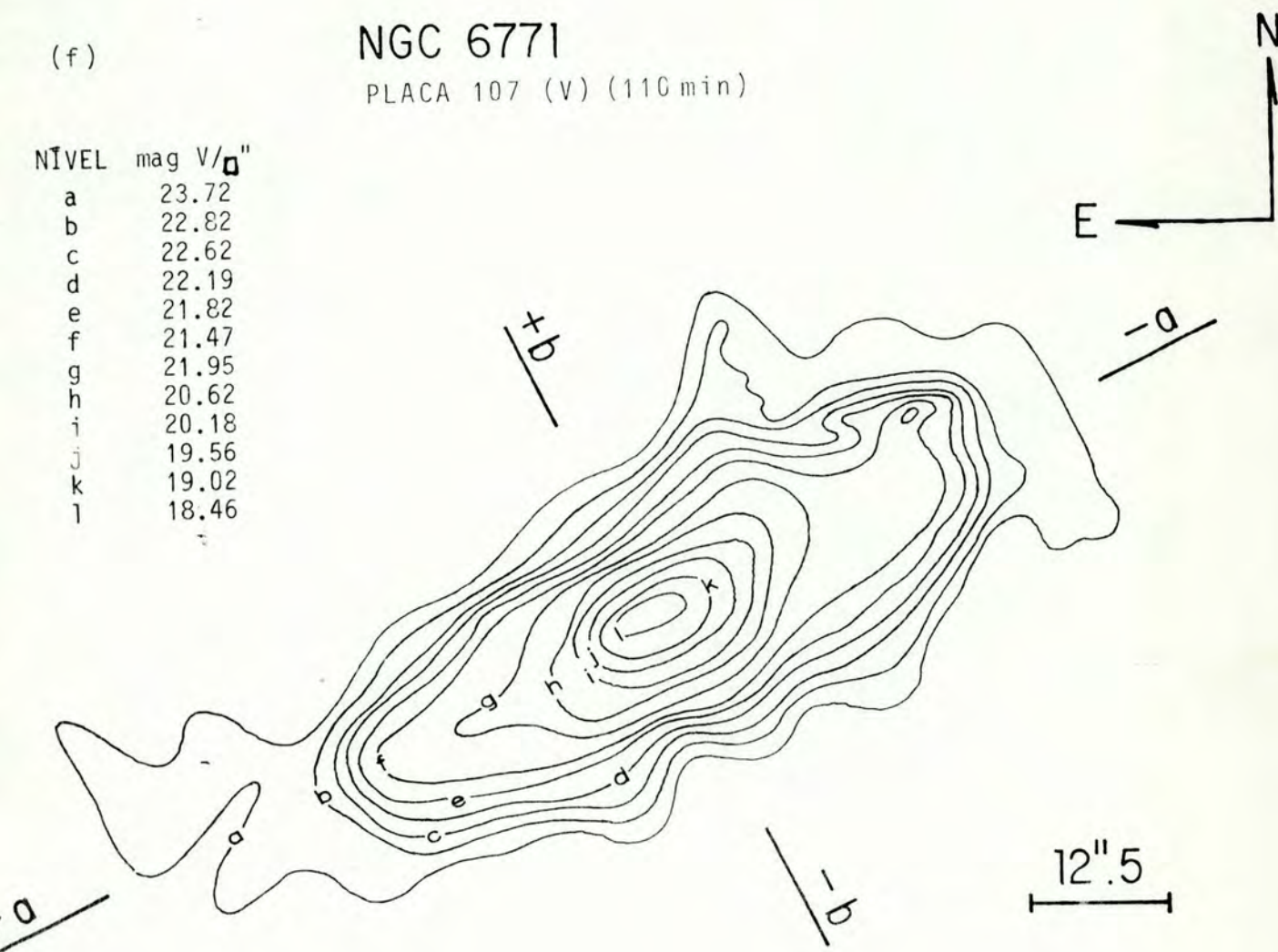
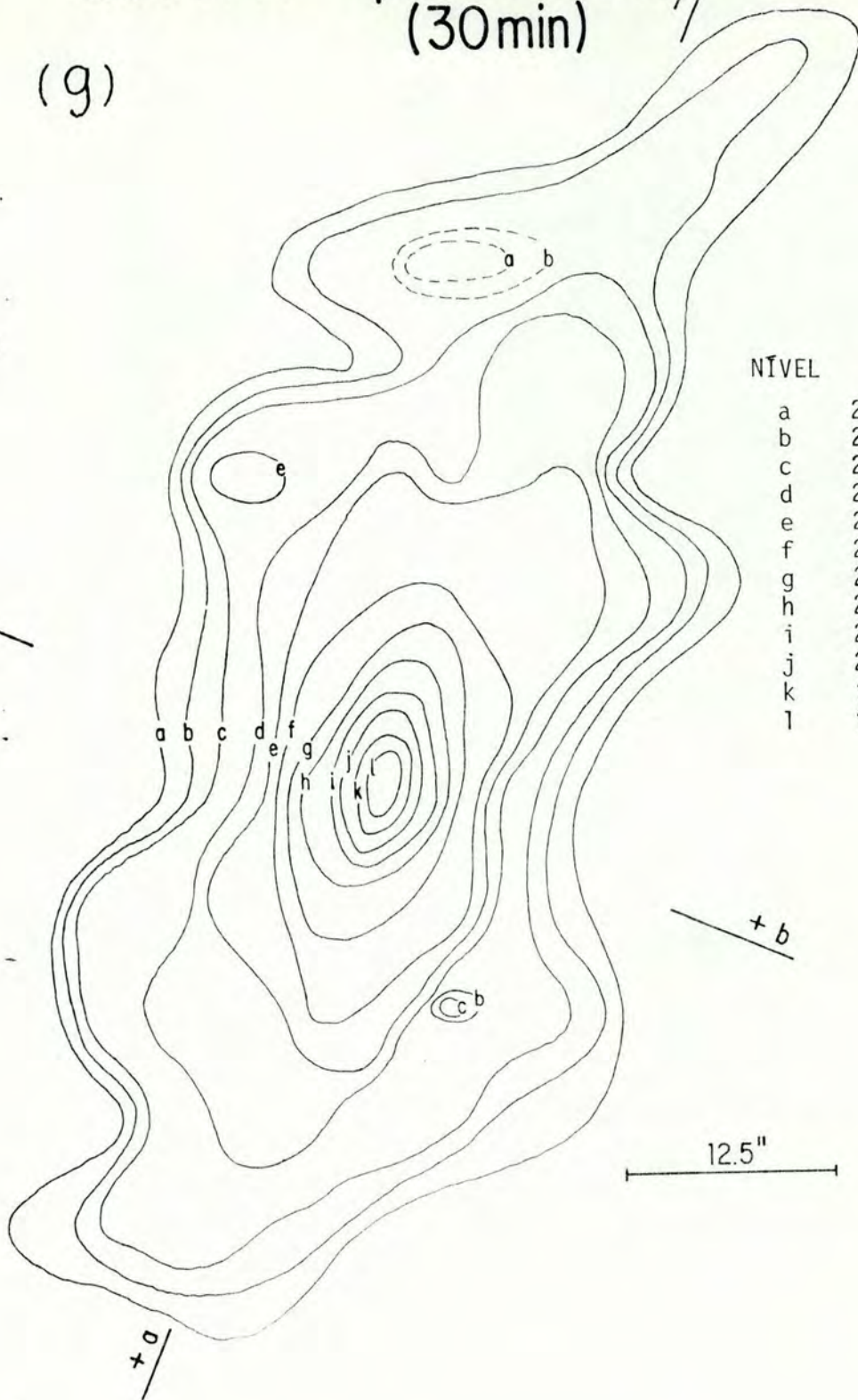
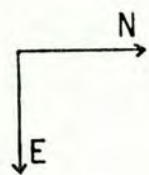


FIGURA 2 - Continuação.

NGC 6771

placa 380(B)  
(30 min)

(g)



NÍVEL	$\mu_B$
a	23.74
b	23.34
c	22.94
d	22.54
e	22.14
f	21.74
g	21.34
h	20.94
i	20.54
j	20.14
k	19.74
l	19.34

FIGURA 2 - Continuação.



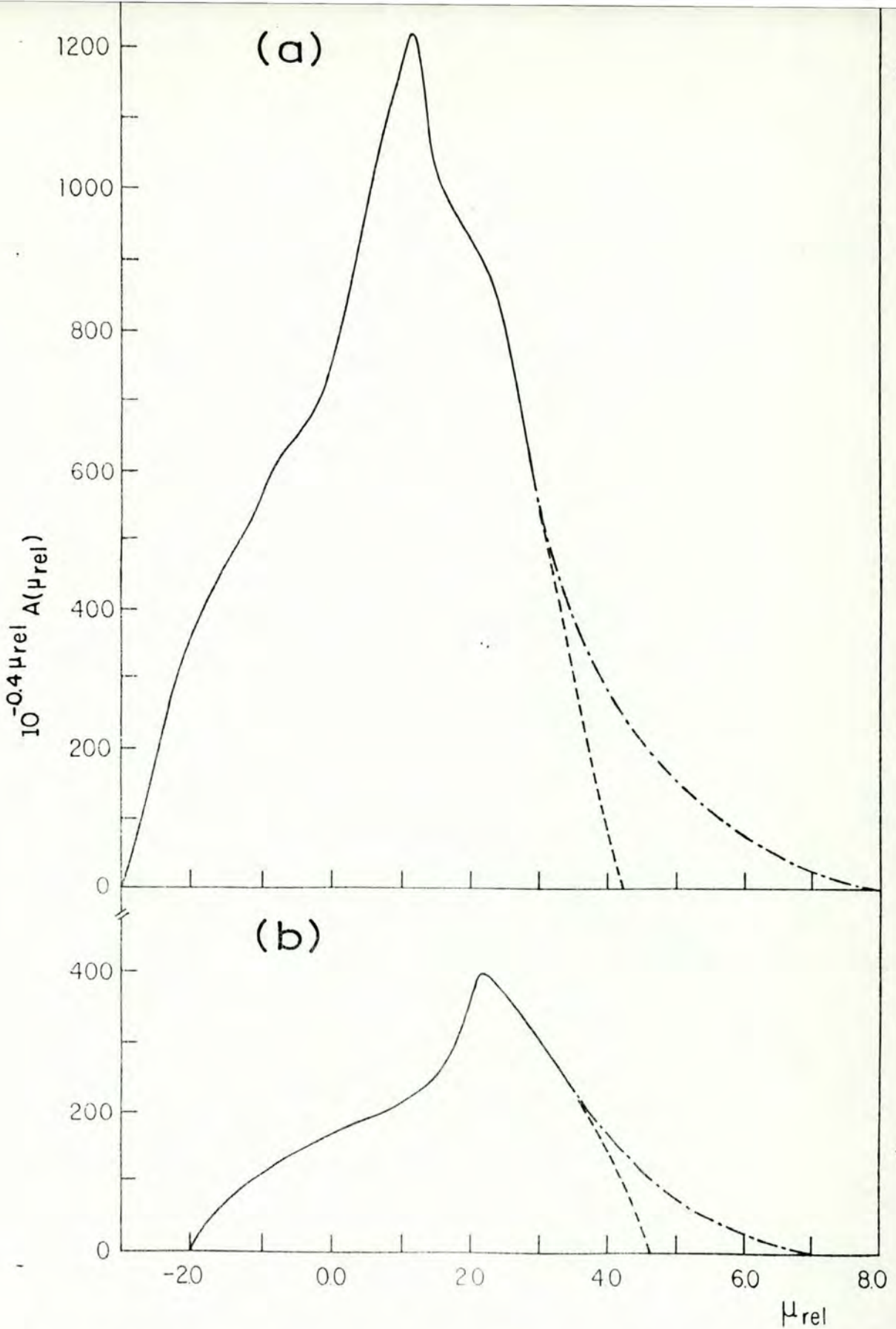


FIGURA 3 - Curvas de intensidade isofotal vezes a área da isofota em função de sua magnitude superficial relativa. Cada item se refere a uma placa como na figura 2. Linha compacta: une os dados observacionais; linha tracejada: primeira extrapolação; linha po-to-tracejada: segunda extrapolação.

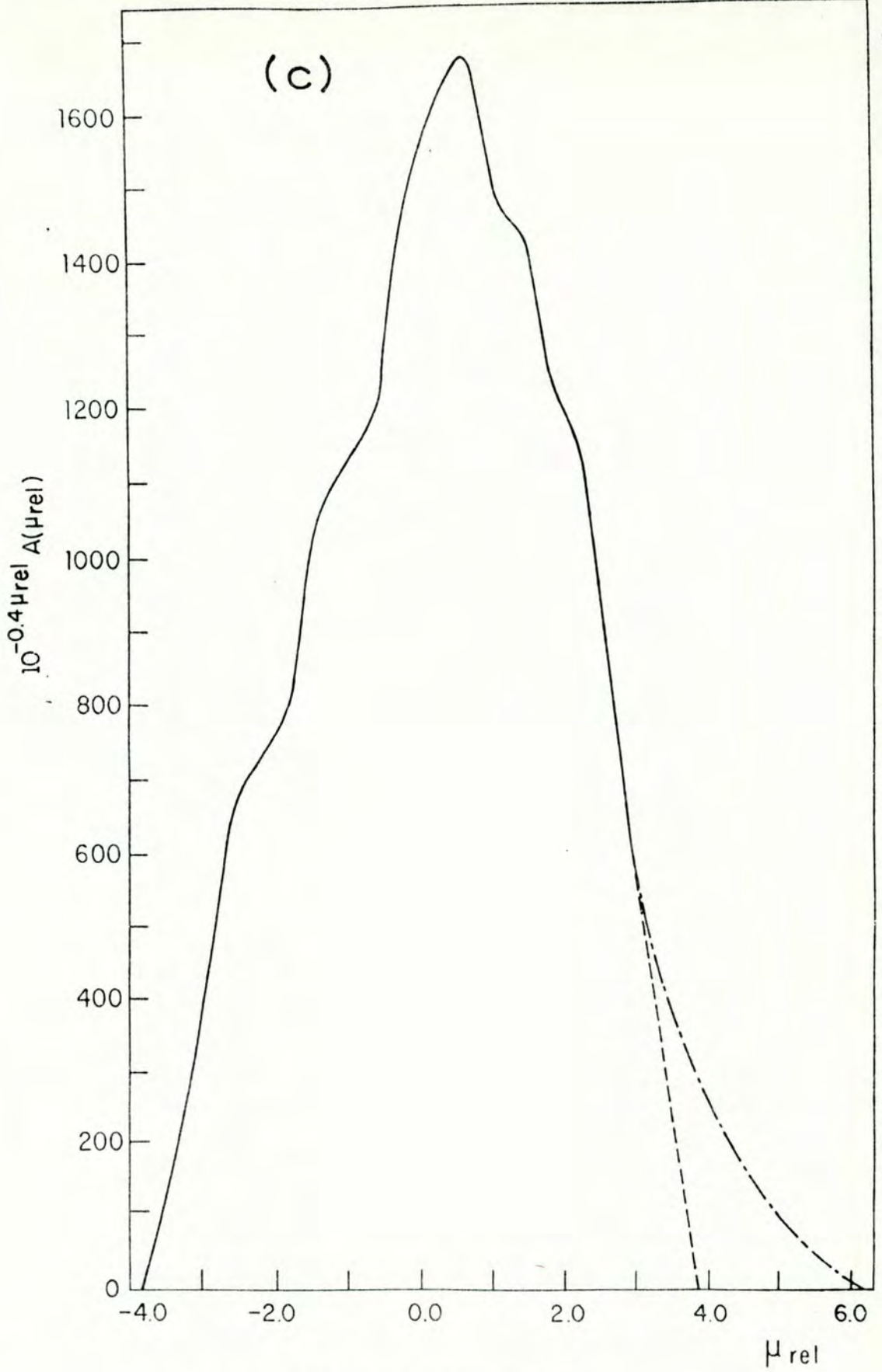


FIGURA 3 - Continuação.



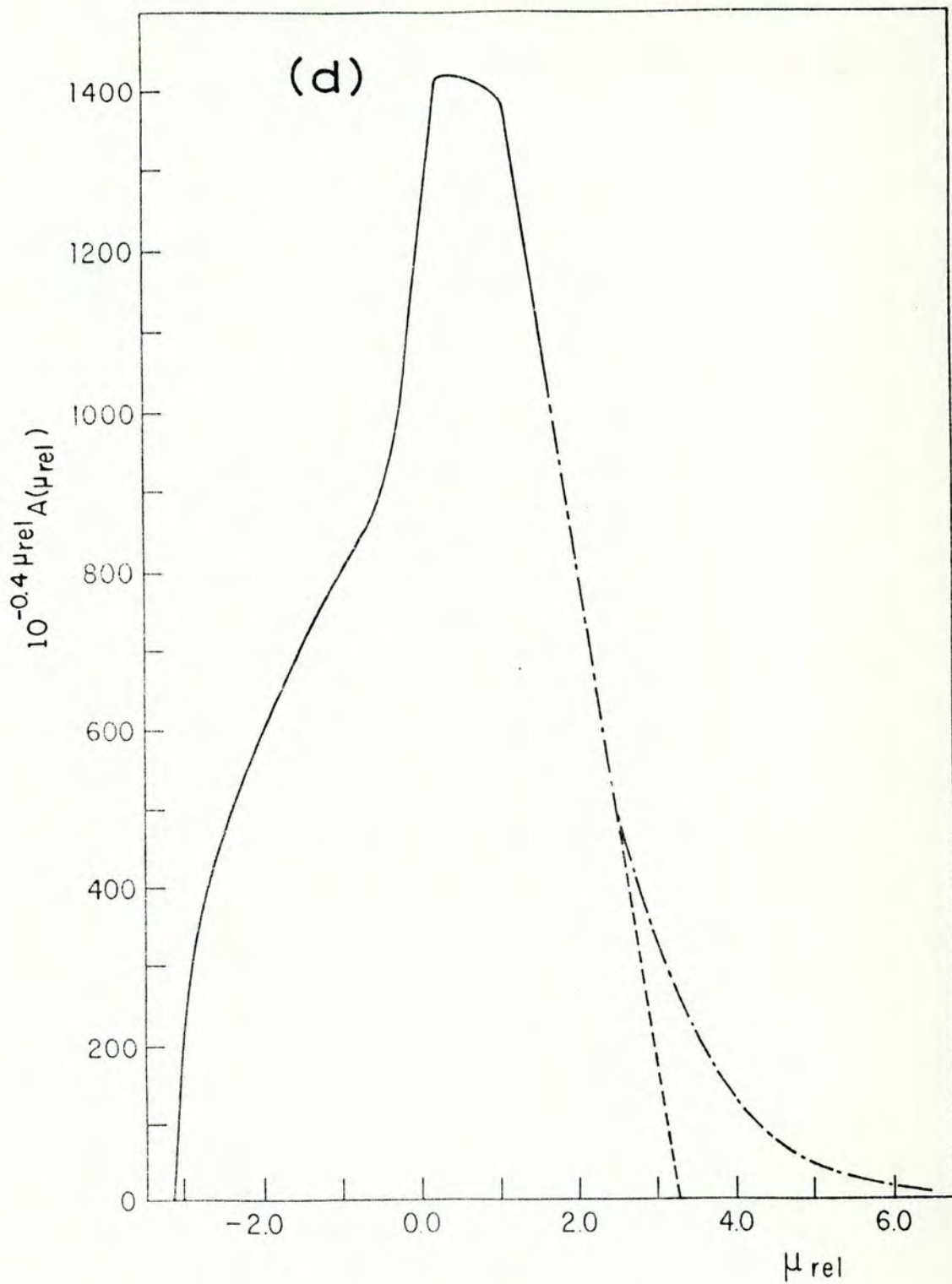


FIGURA 3 - Continuação.

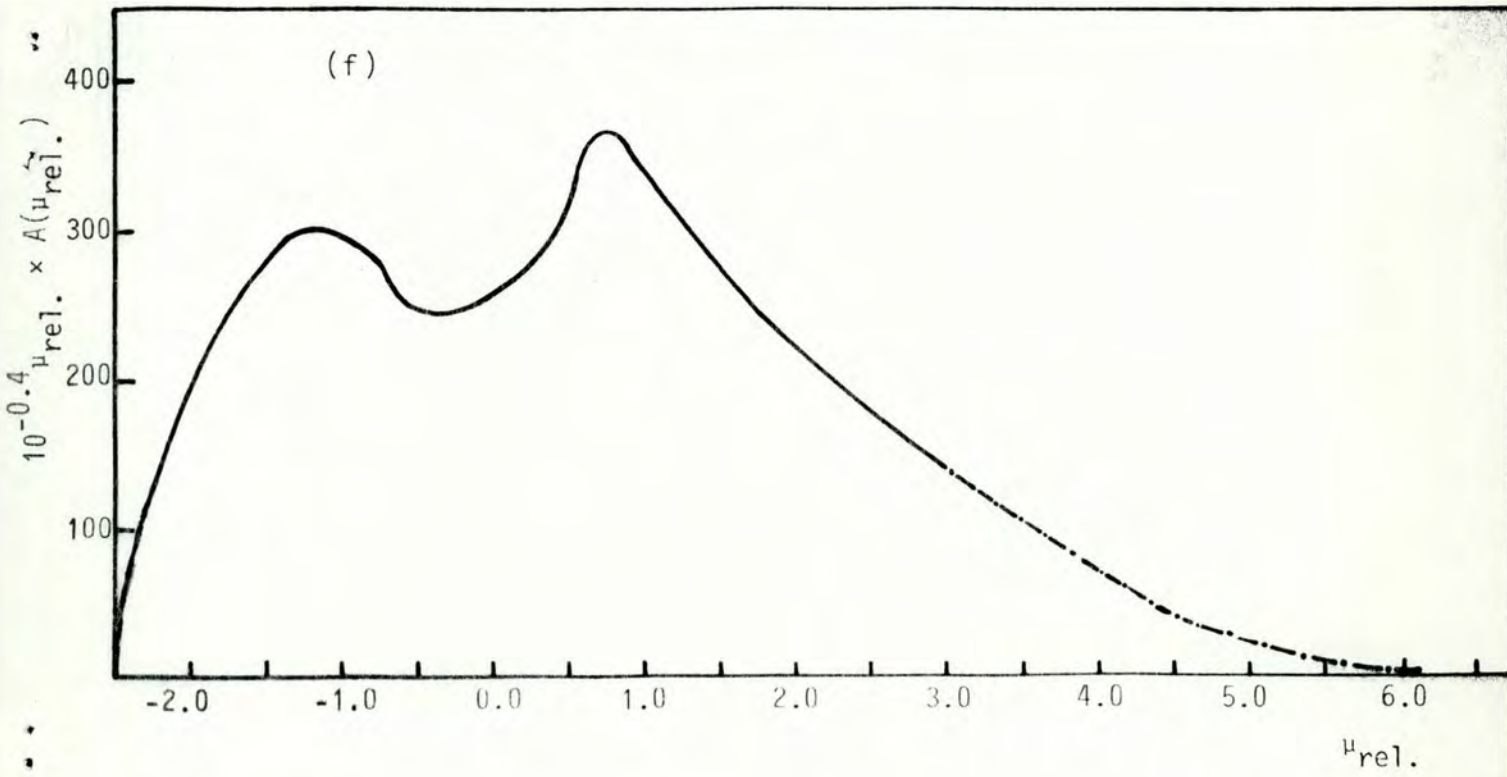
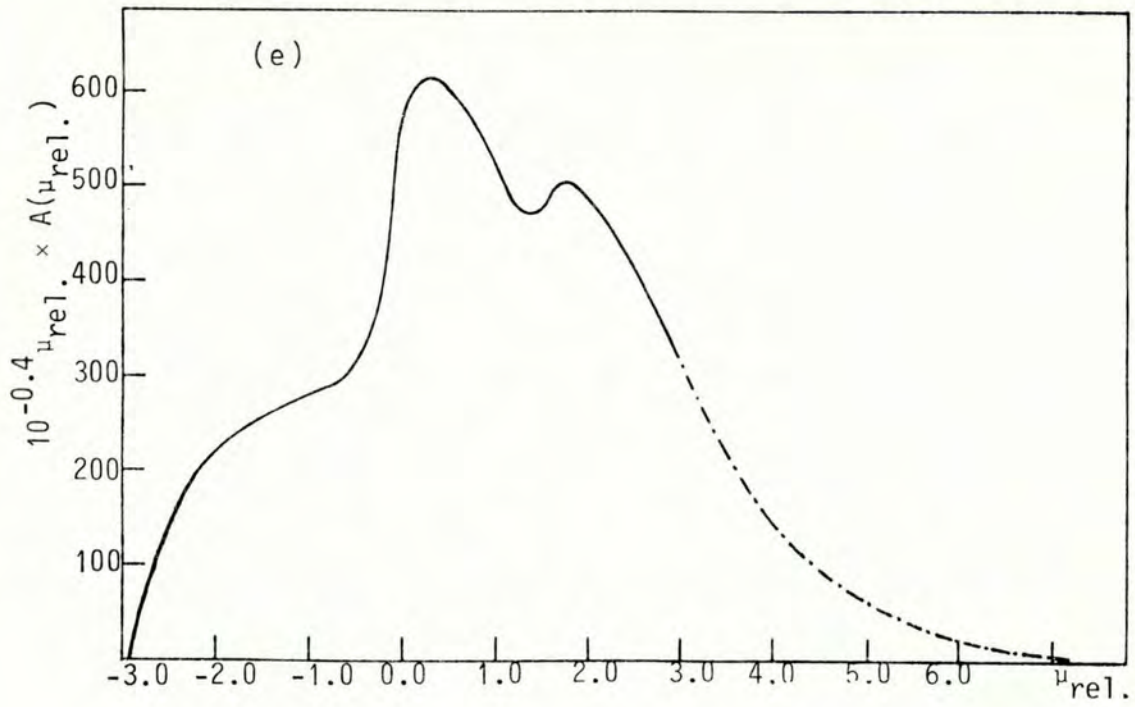


FIGURA 3 - Continuação.



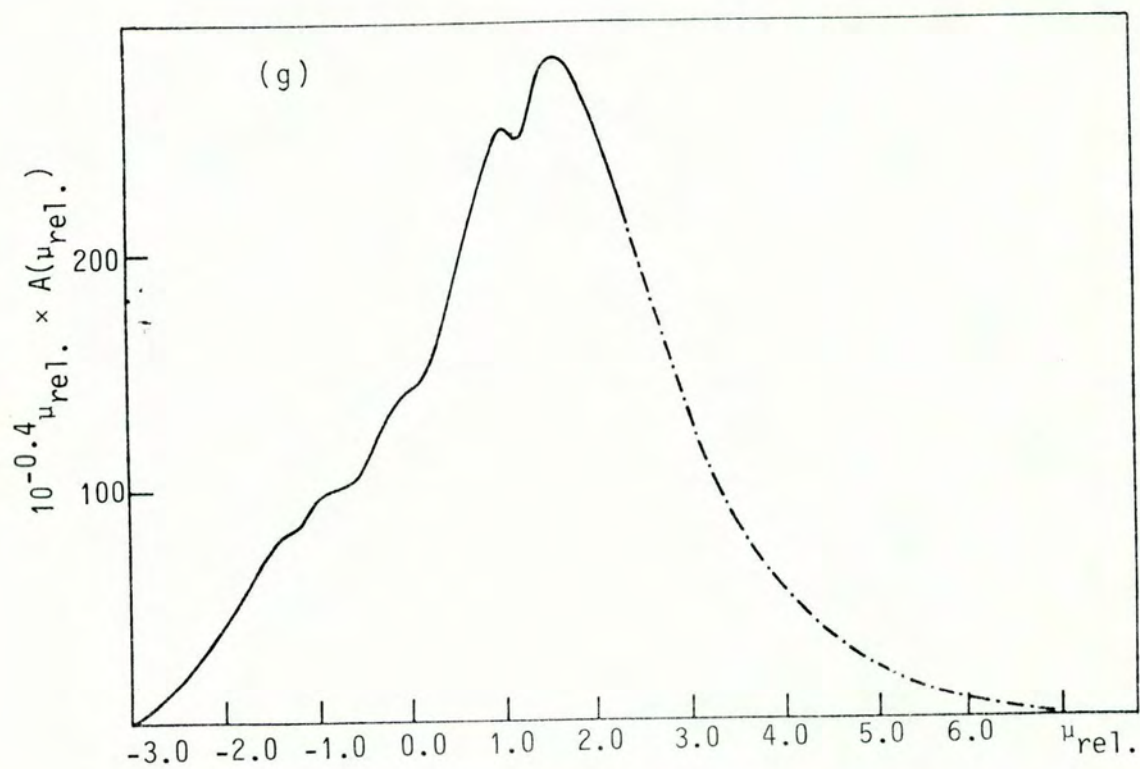


FIGURA 3 - Continuação.

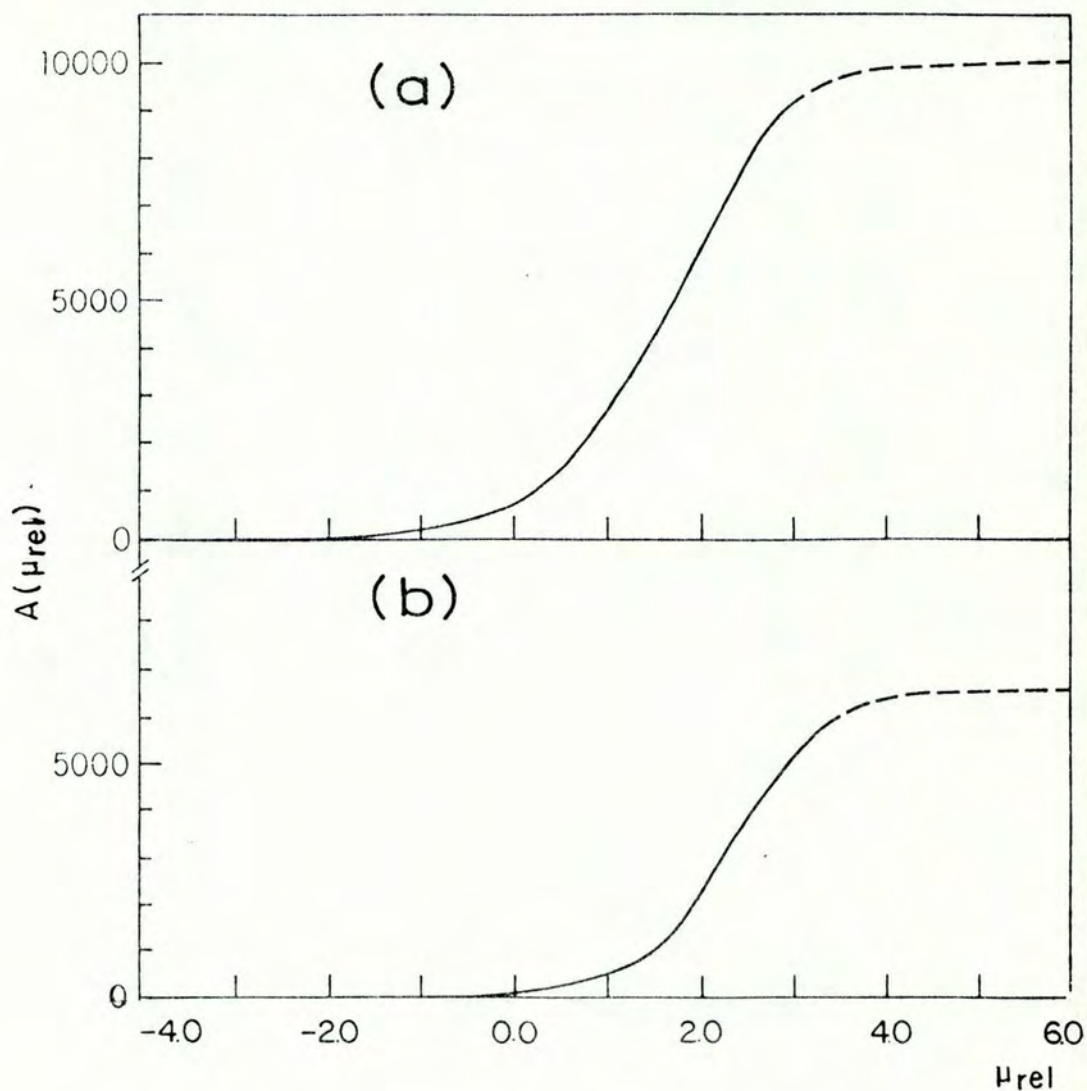


FIGURA 4 - Variação da área isofotal com o nível de magnitude superficial. Cada item se refere à mesma placa que na figura 2. Linha compacta: une os pontos observacionais; linha tracejada: extrapolação.



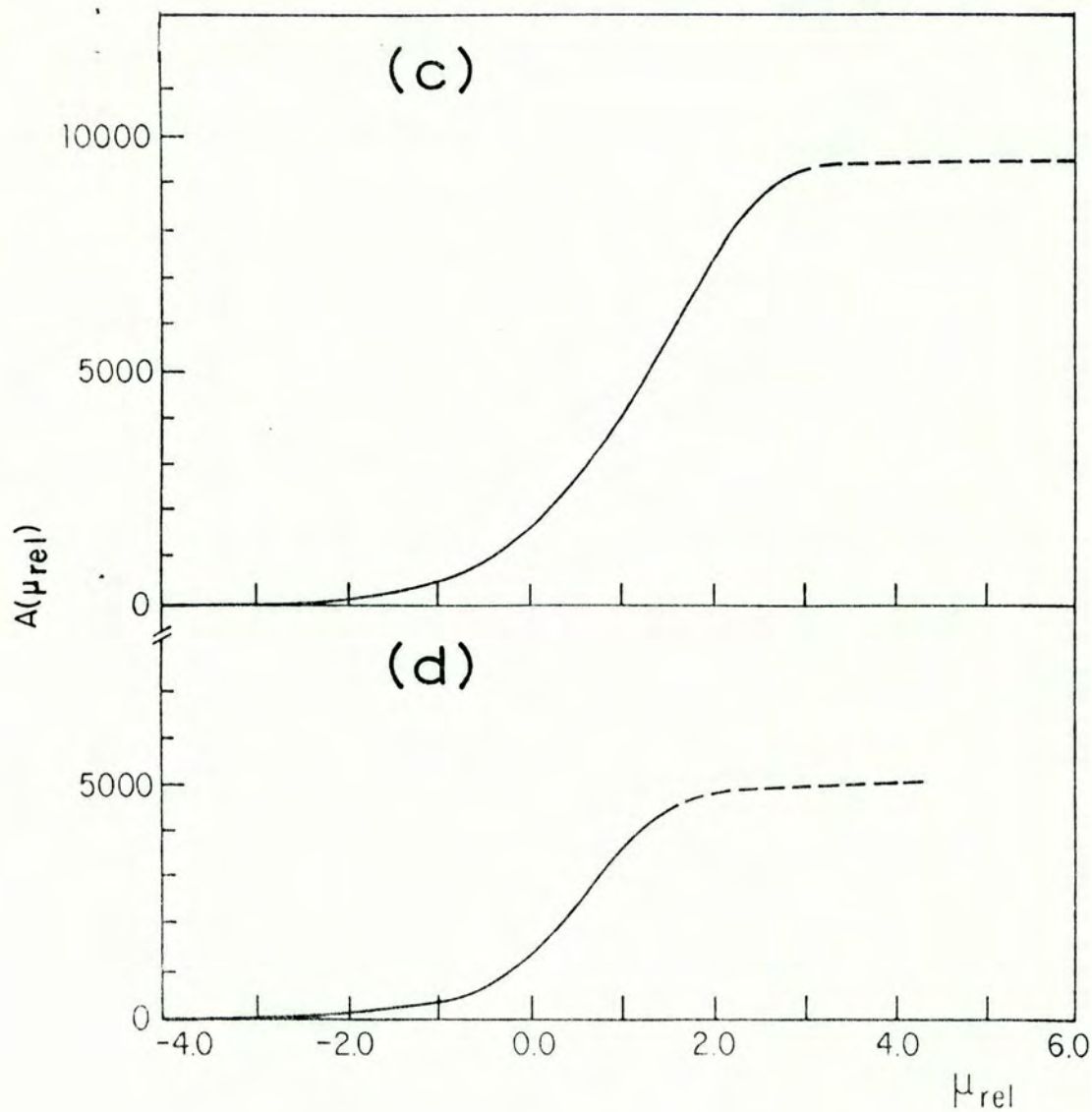


FIGURA 4 - Continuação.

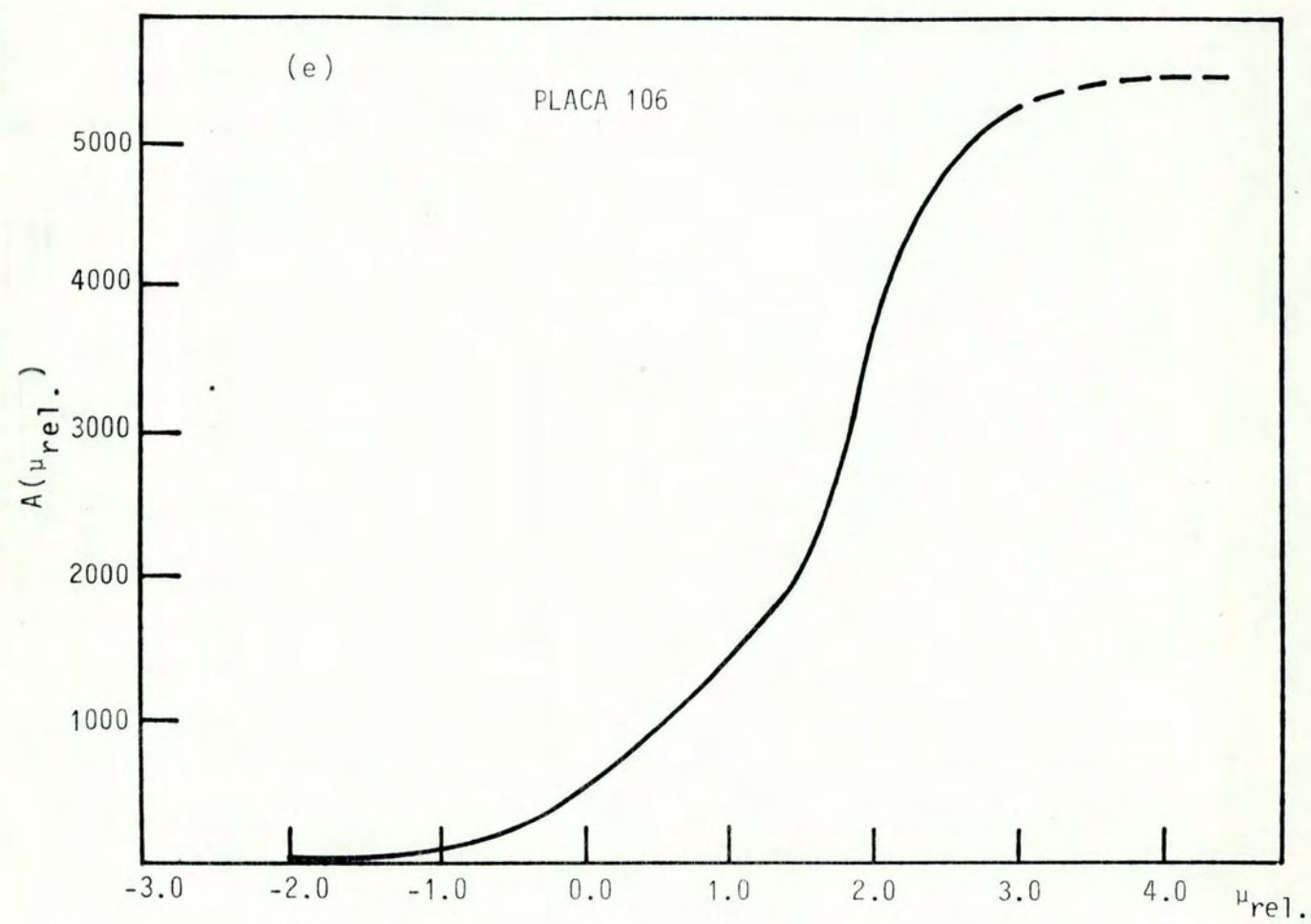


FIGURA 4 - Continuação.



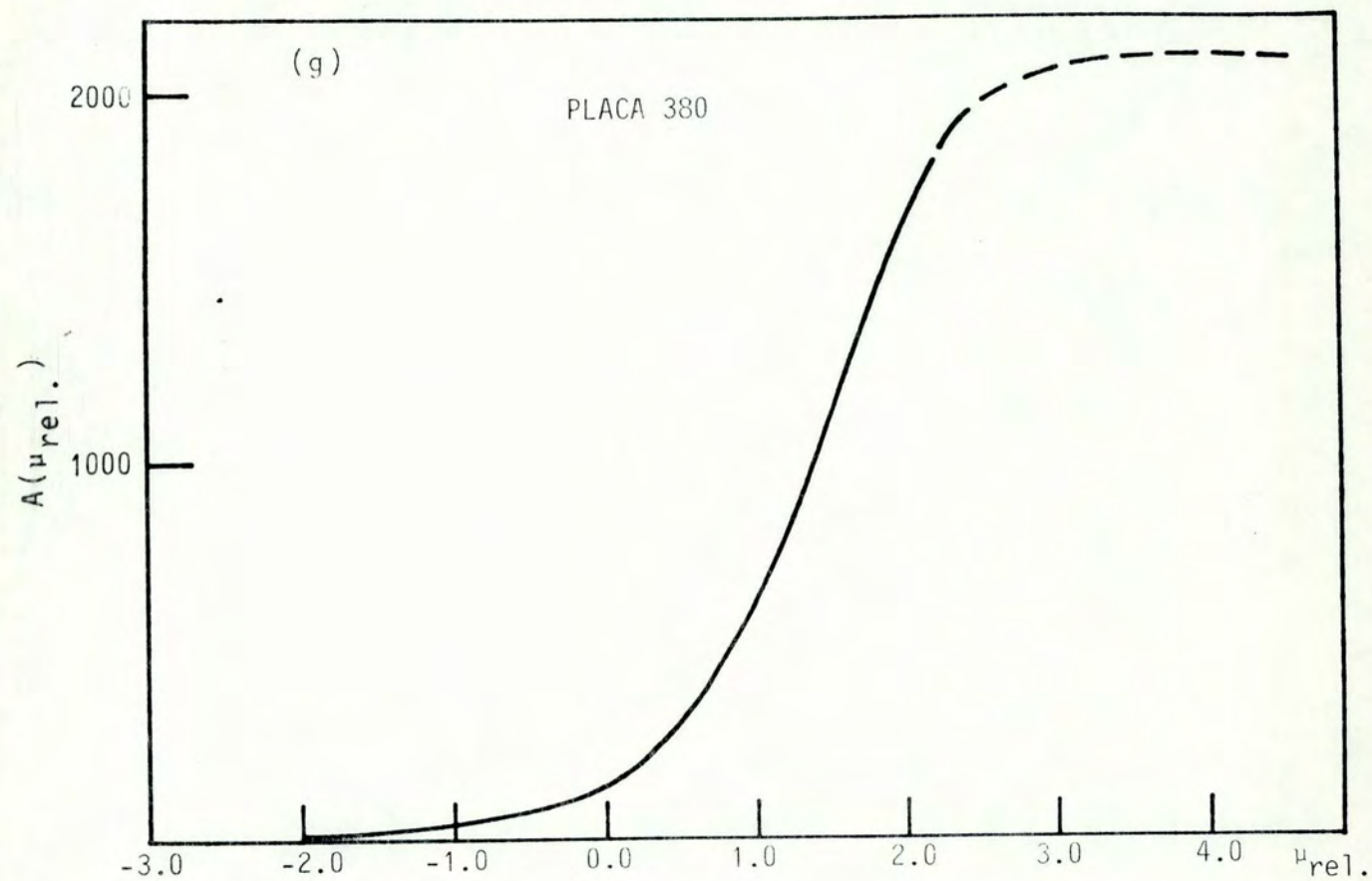


FIGURA 4 - Continuação.

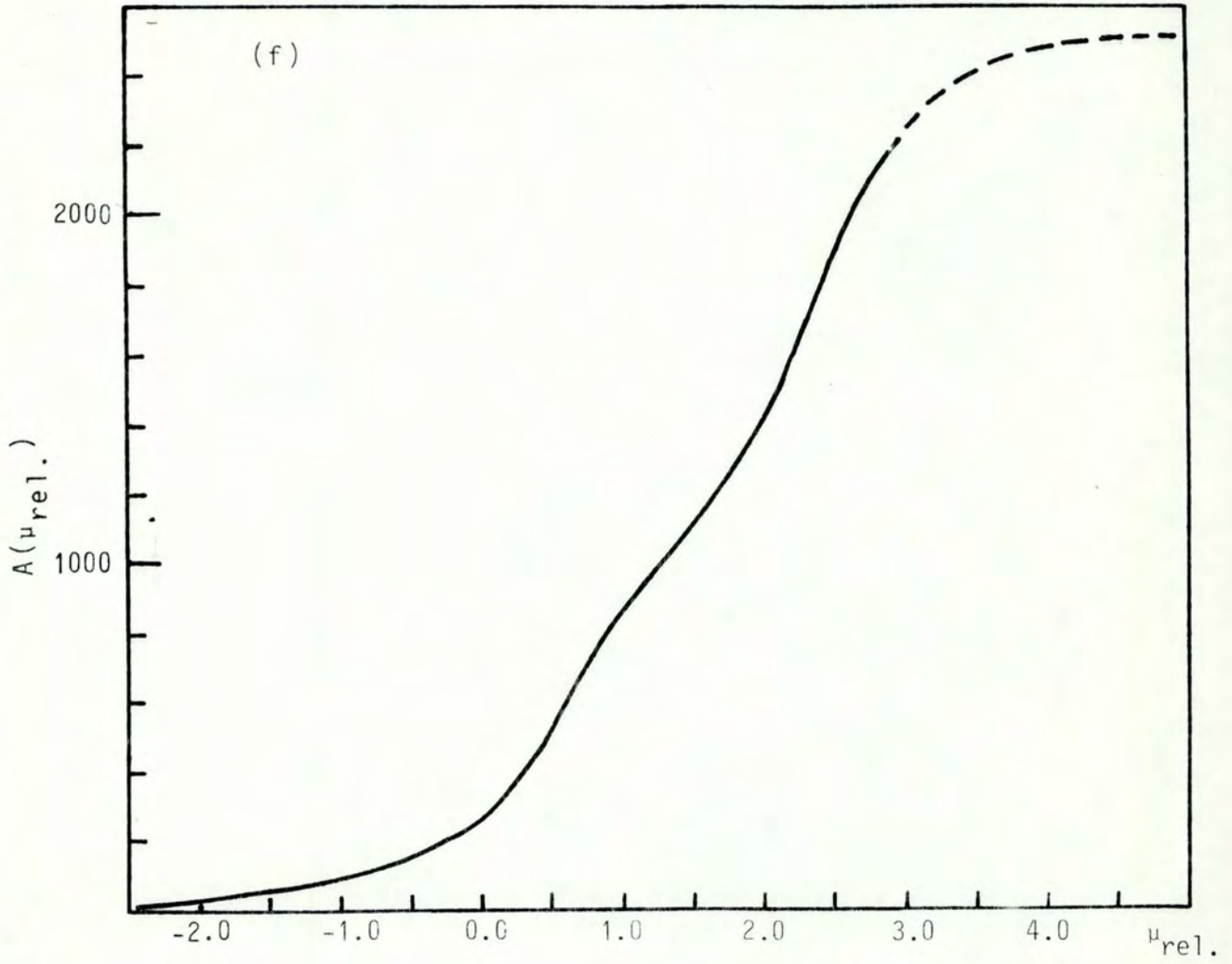


FIGURA 4 - Continuação.



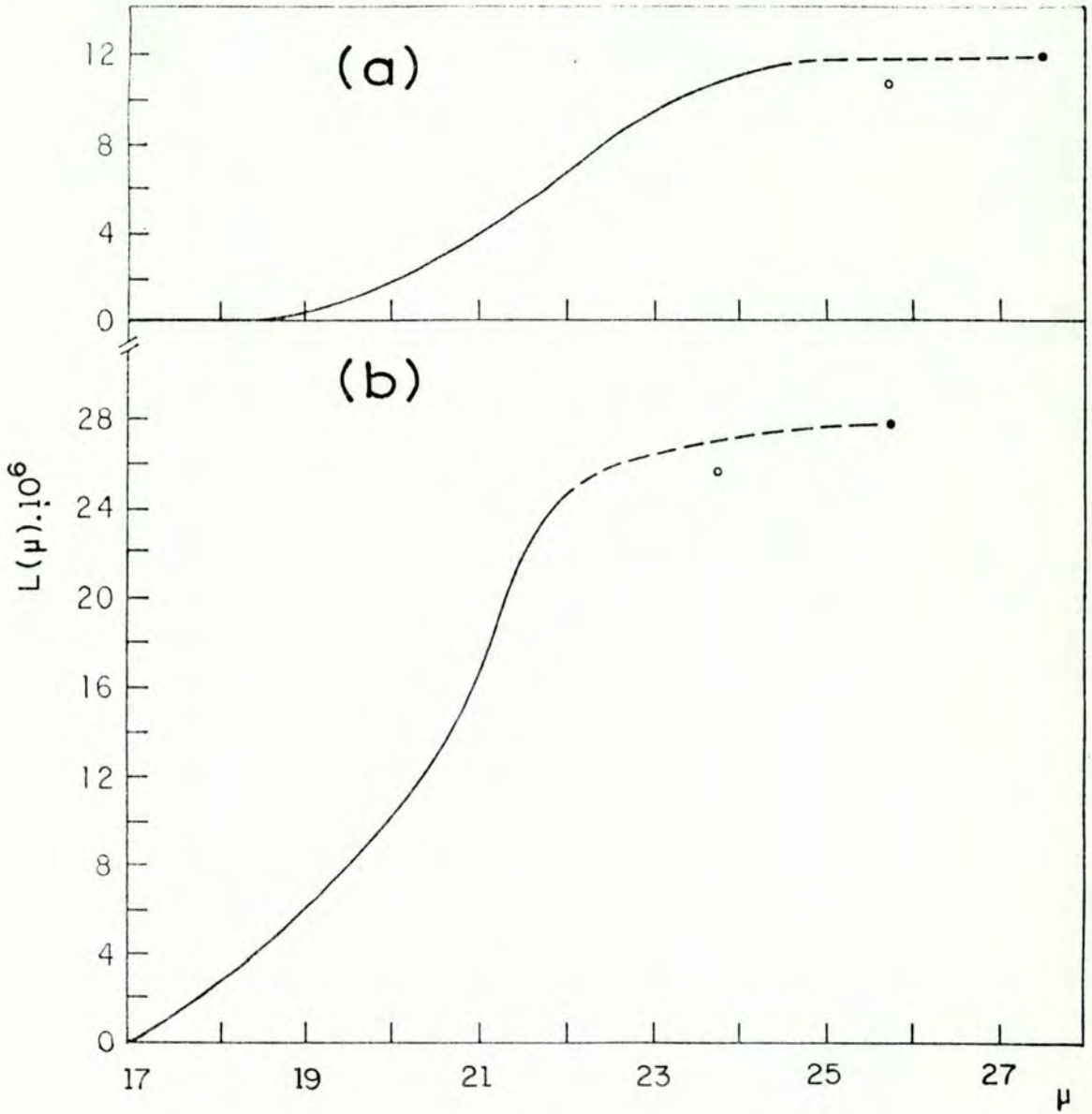


FIGURA 5 - Curvas de luminosidade integrada em função da magnitude superficial para NGC 2855 e NGC 6771. Cada item se refere à mesma placa que na figura 2. Linha compacta: une os pontos observacionais; círculo aberto: luminosidade total resultante da primeira extrapolação; círculo fechado: luminosidade total resultante da segunda extrapolação.

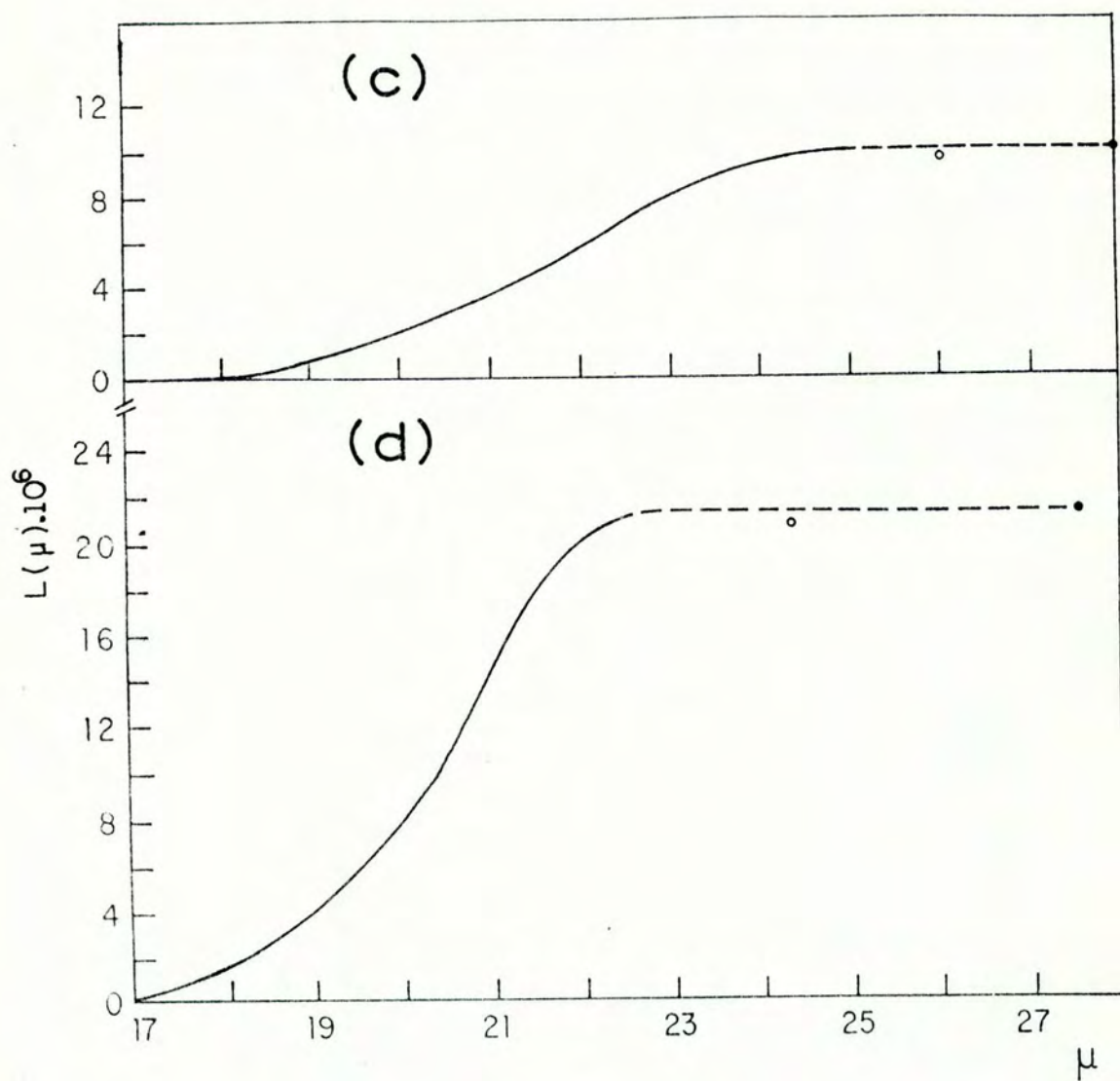


FIGURA 5 - Continuação.



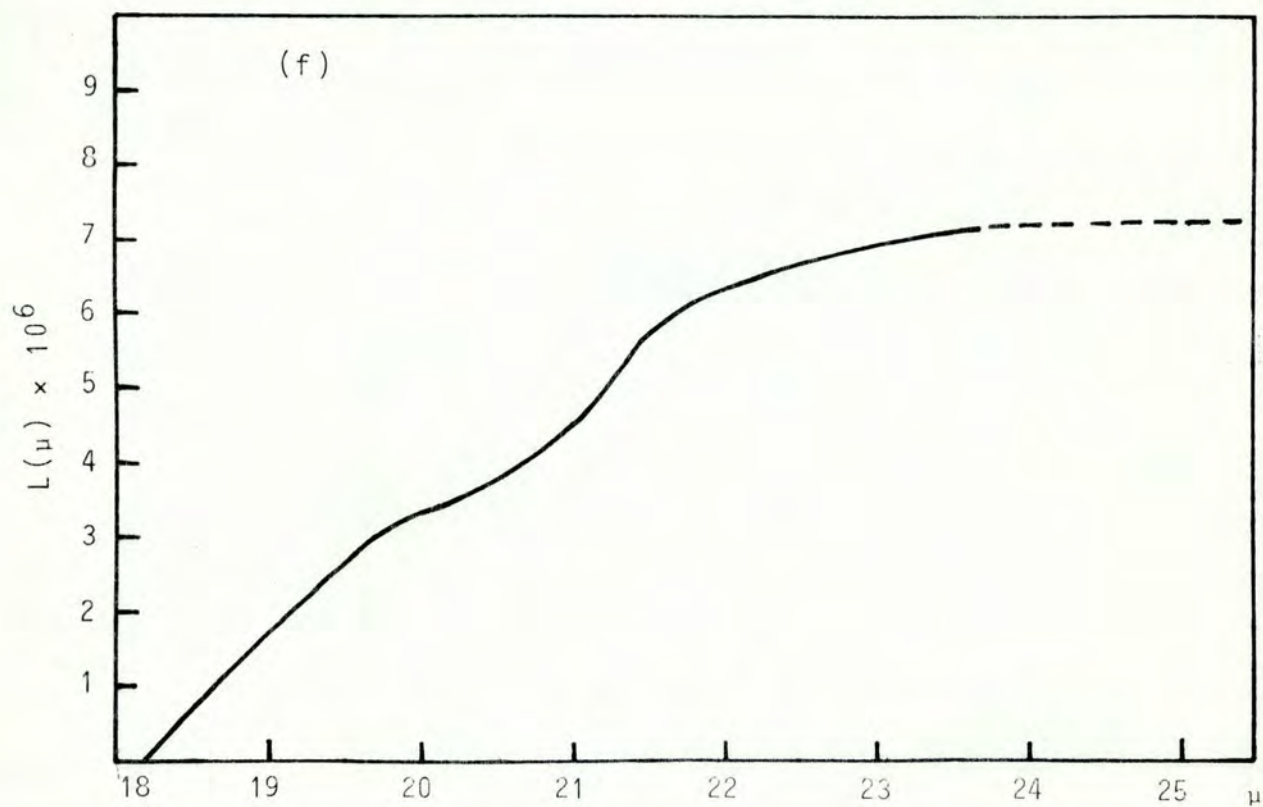
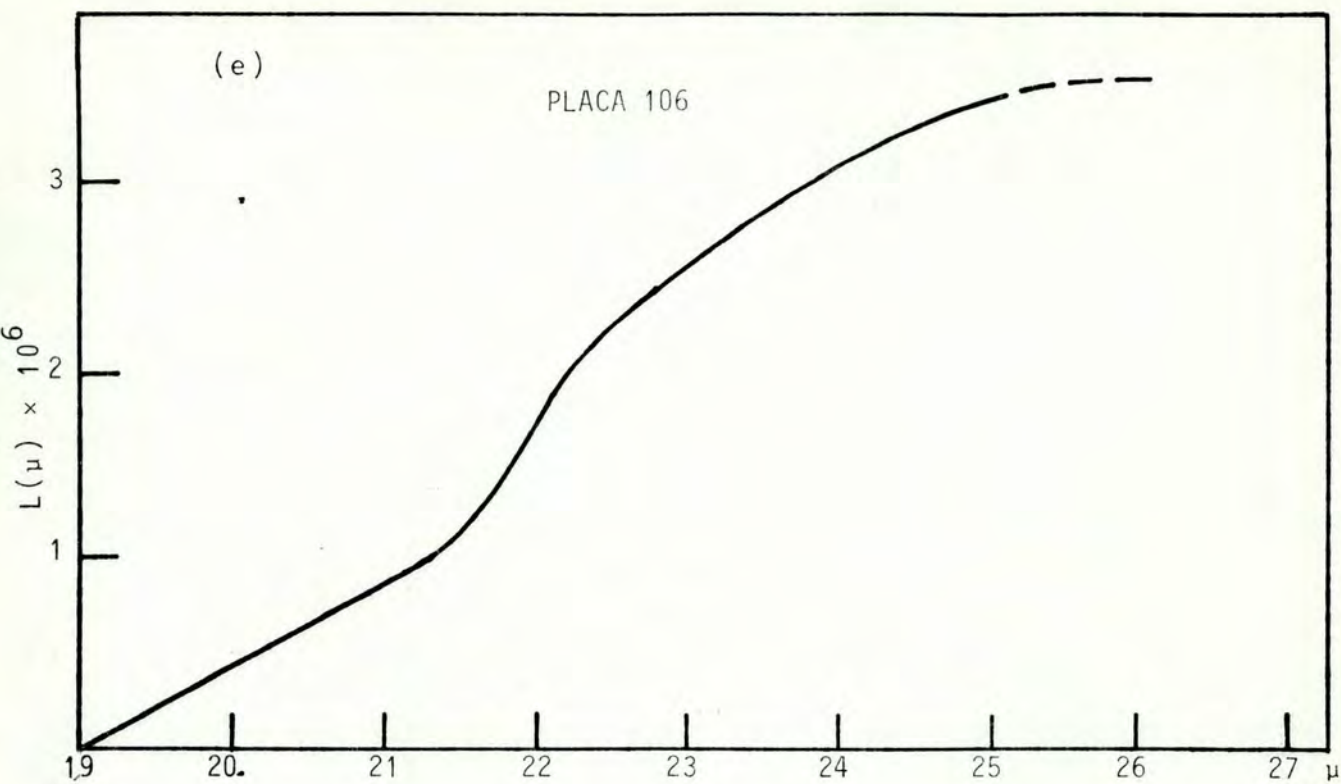


FIGURA 5 - Continuação.

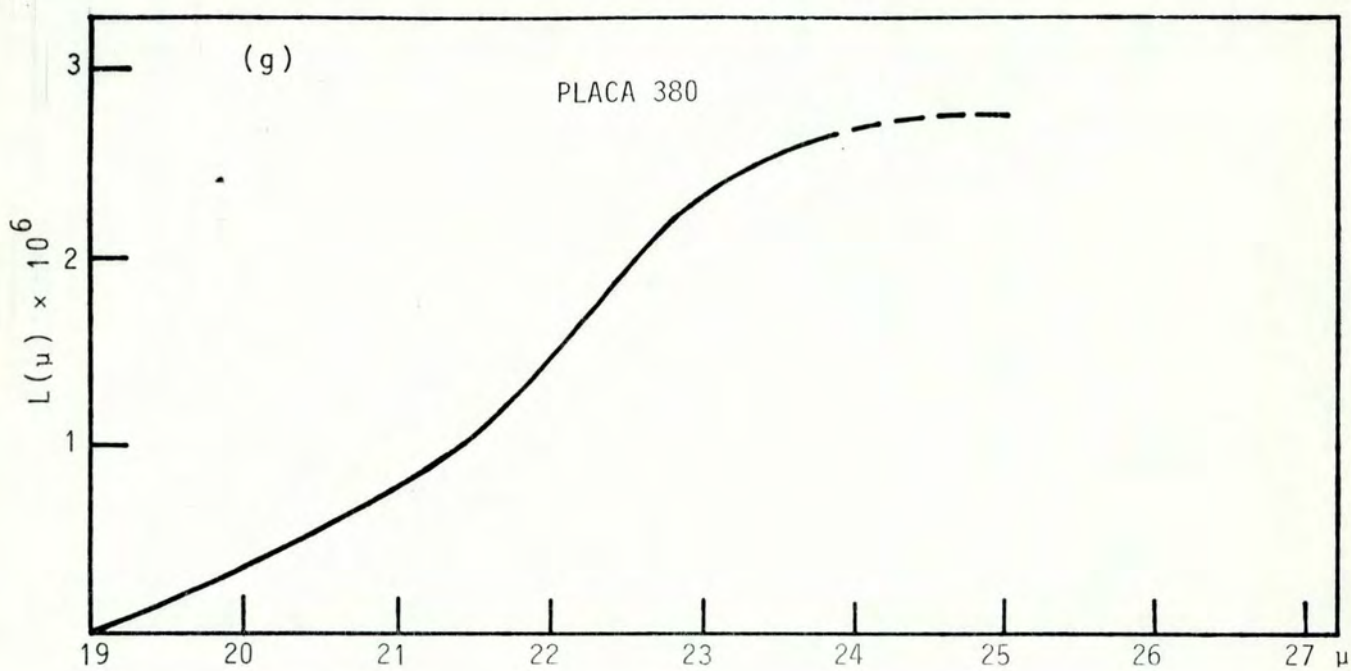


FIGURA 5 - Continuação.



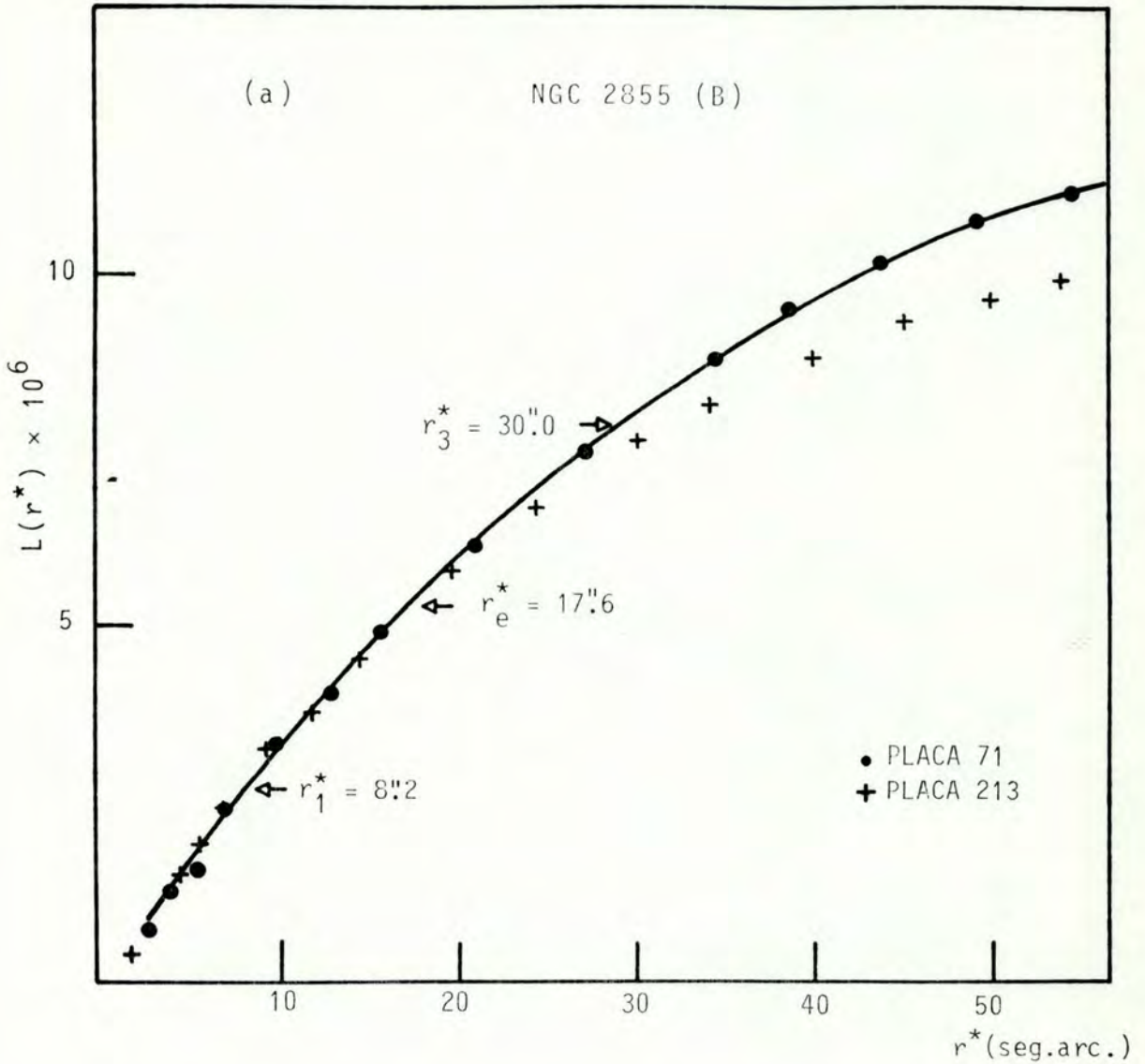


FIGURA 6 - Curvas de luminosidade integrada em função do raio equivalente  $r^*$  das isofotas para NGC 2855 e NGC 6771. São mostrados dados de duas placas em (a), (b) e (c). Para NGC 6771 (V) (d) apenas uma placa foi usada. As setas marcam os raios em que ocorrem as frações de luminosidade  $\frac{L(r^*)}{L_T} = \frac{1}{4}, \frac{2}{4}, \frac{3}{4}$ .

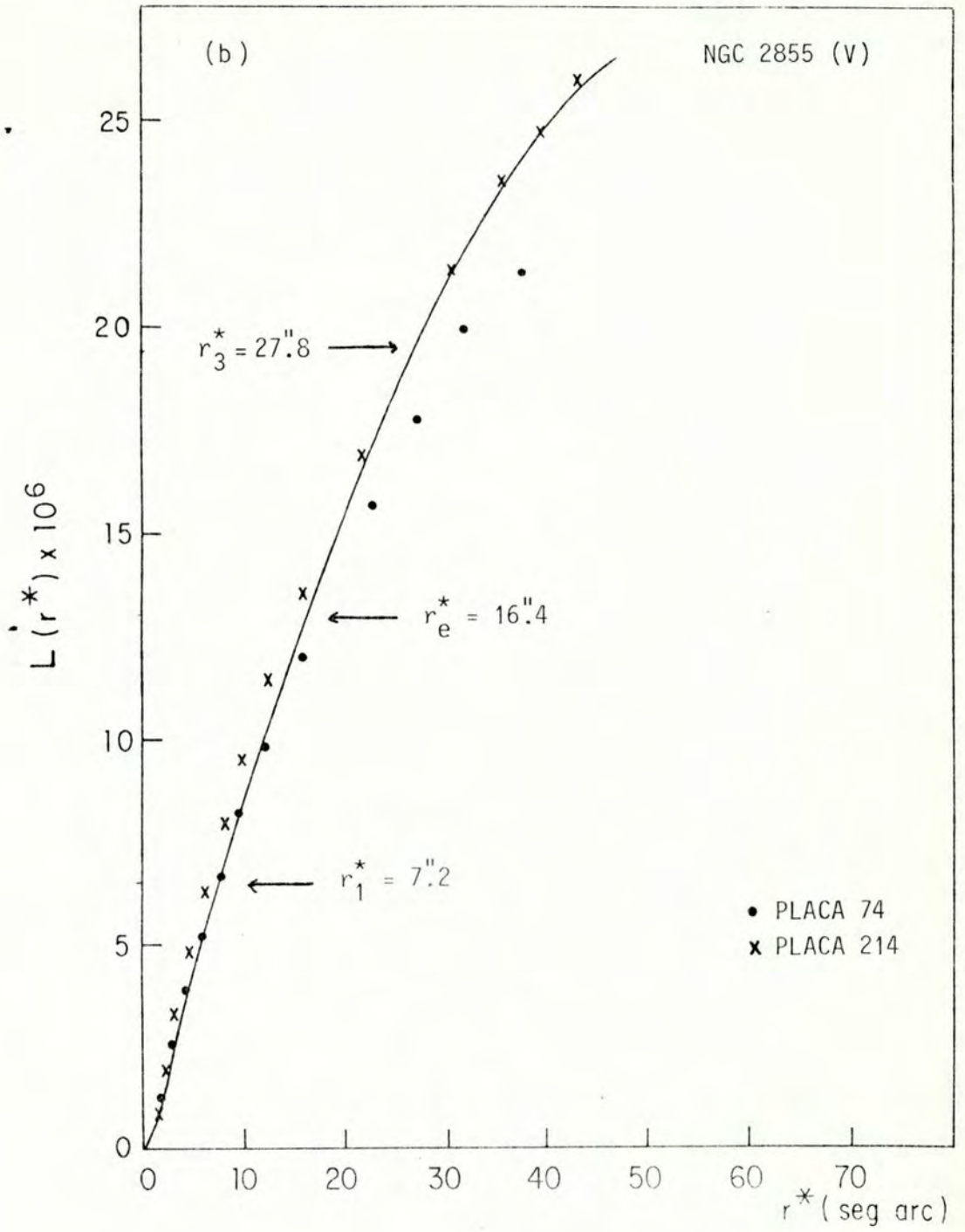


FIGURA 6 - Continuação.



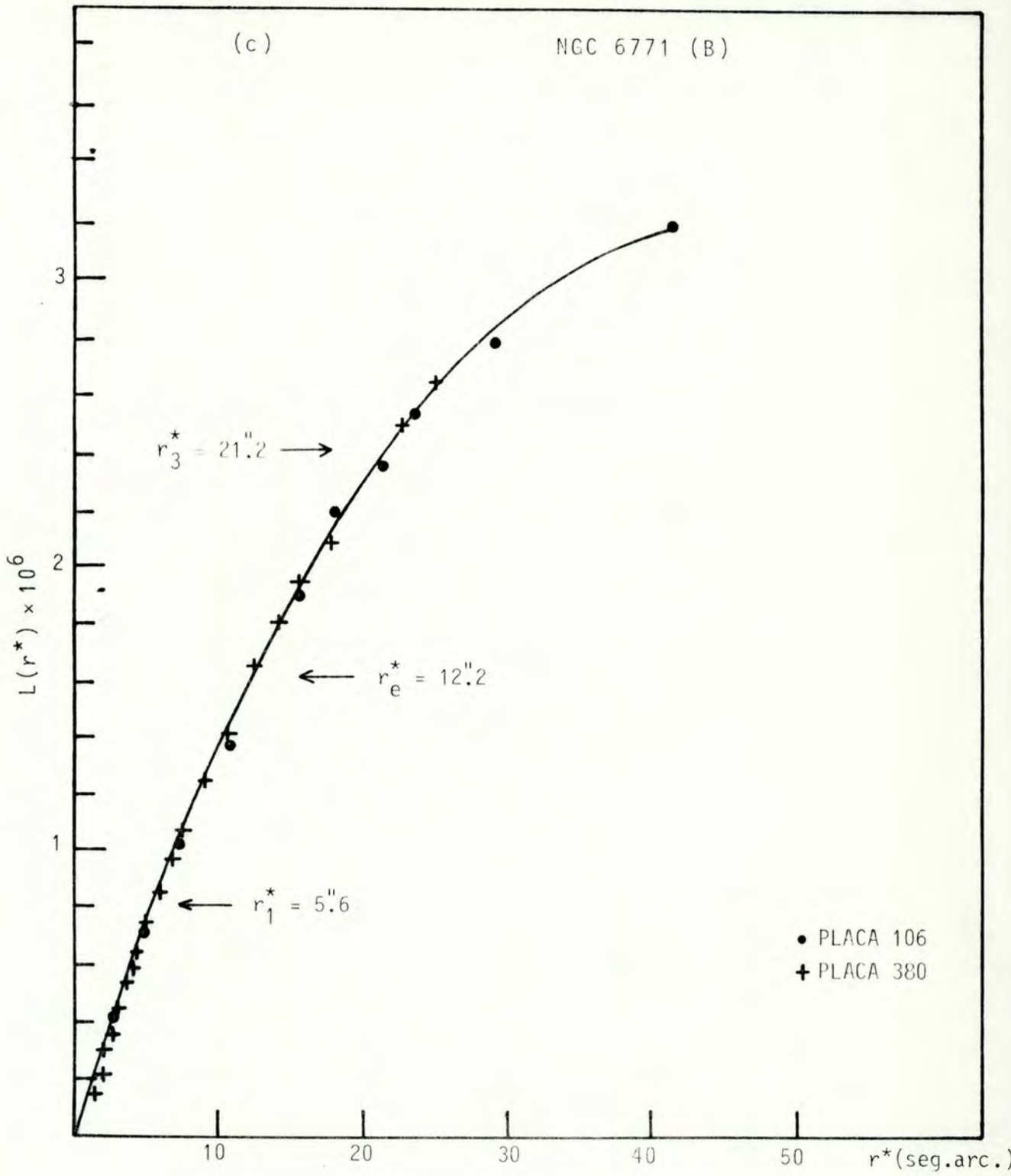


FIGURA 6 - Continuação.

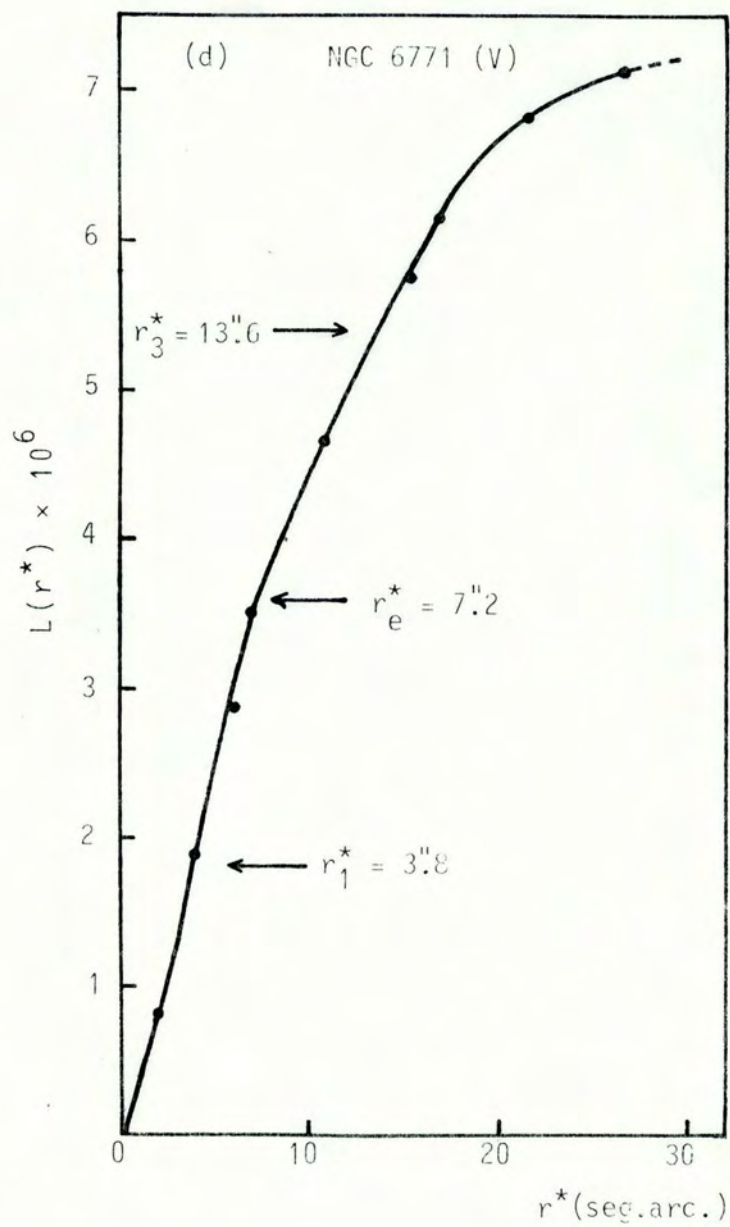


FIGURA 6 - Continuação.



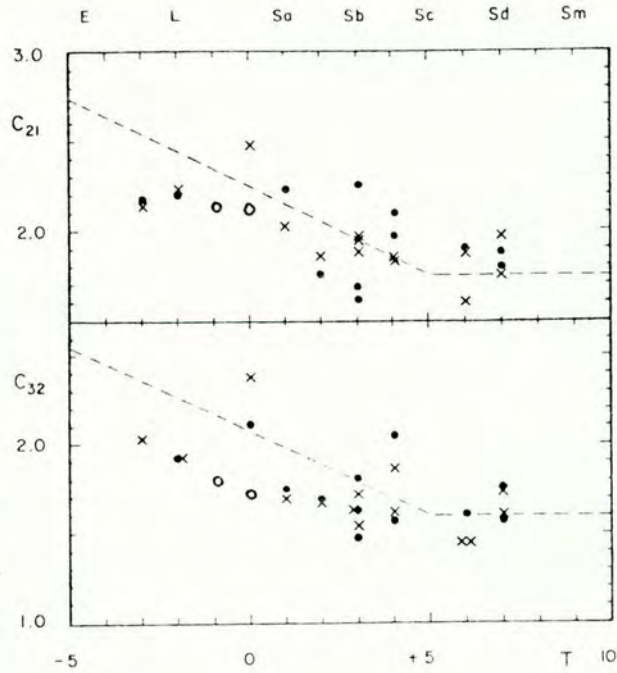


FIGURA 7 - Reprodução da figura 4 em de Vaucouleurs and Agedero (1973), mostrando os índices de concentração versus tipo morfológico para dados de de Vaucouleurs (círculos fechados) e de Sérsic (xis). A linha tracejada mostra a tendência esperada de uma transição suave de uma distribuição esferoidal em elípticas ( $T = -5$ ) para uma distribuição exponencial em espirais tardias ( $T \geq 5$ ). Os círculos abertos representam os resultados deste trabalho para NGC 2855 ( $T = 0$ ) e NGC 6771 ( $T = -1$ ).

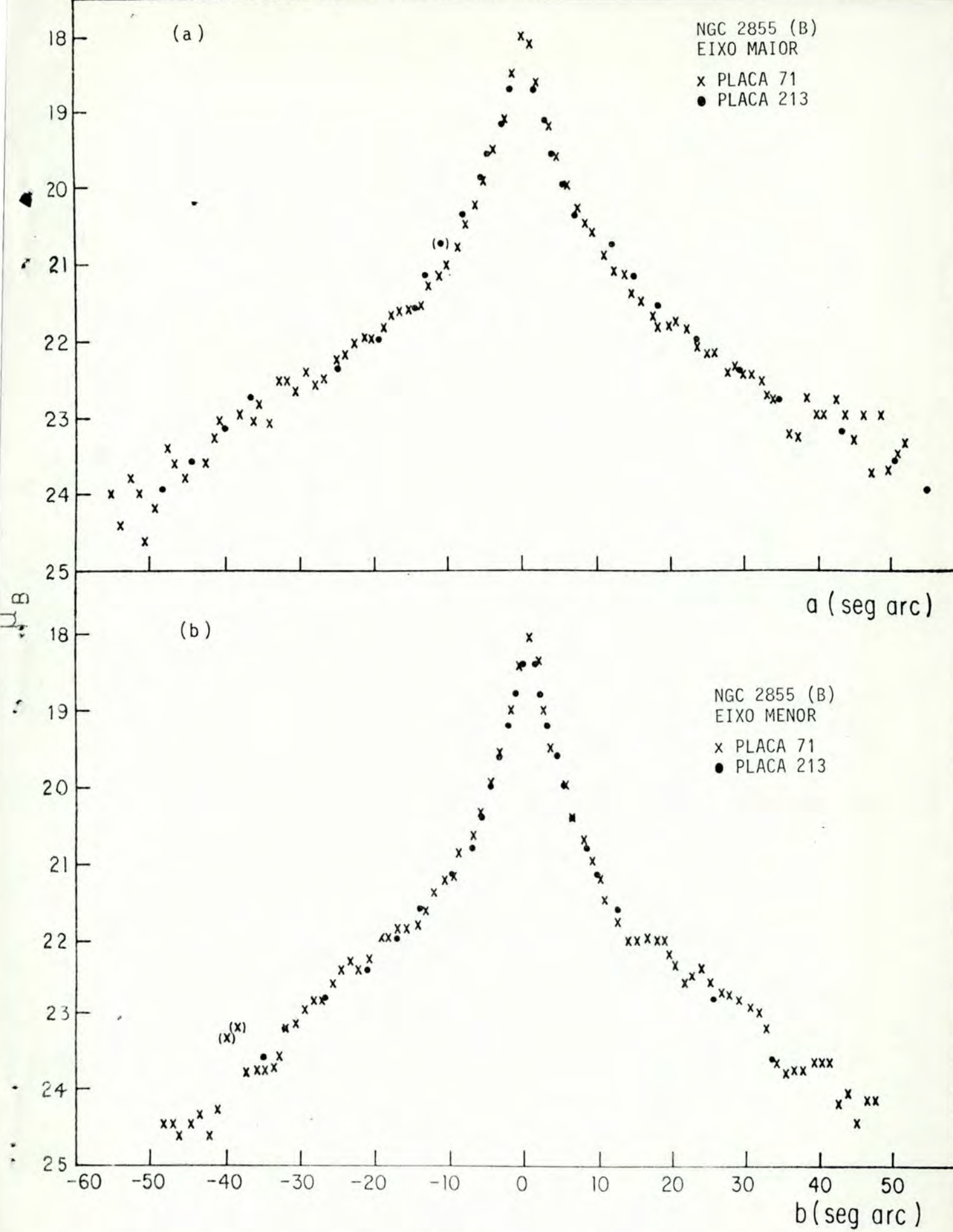


FIGURA 8 - Perfis de luminosidade B e V em função do raio para NGC 2855, na direção dos eixos maior e menor.



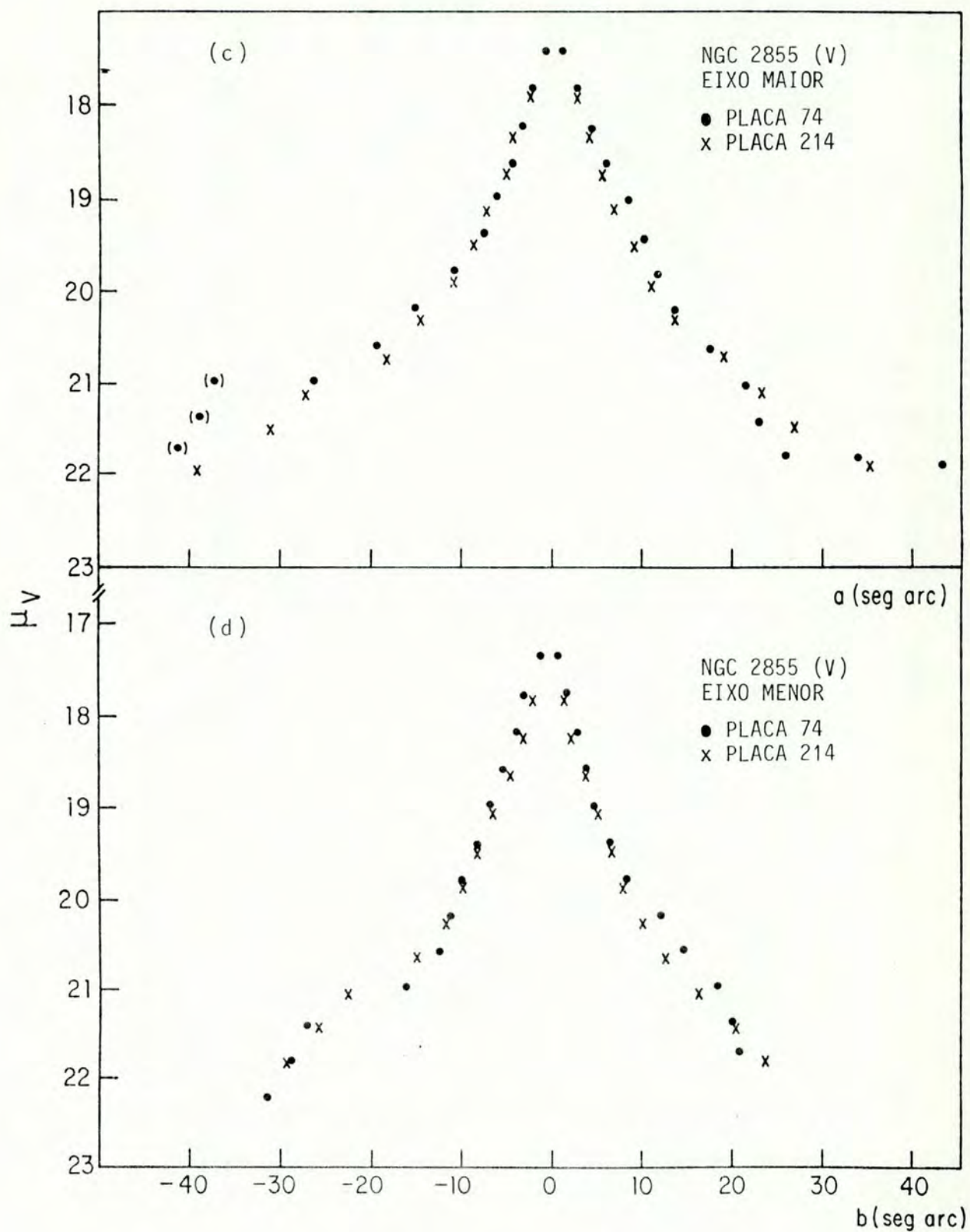


FIGURA 8 - Continuação.

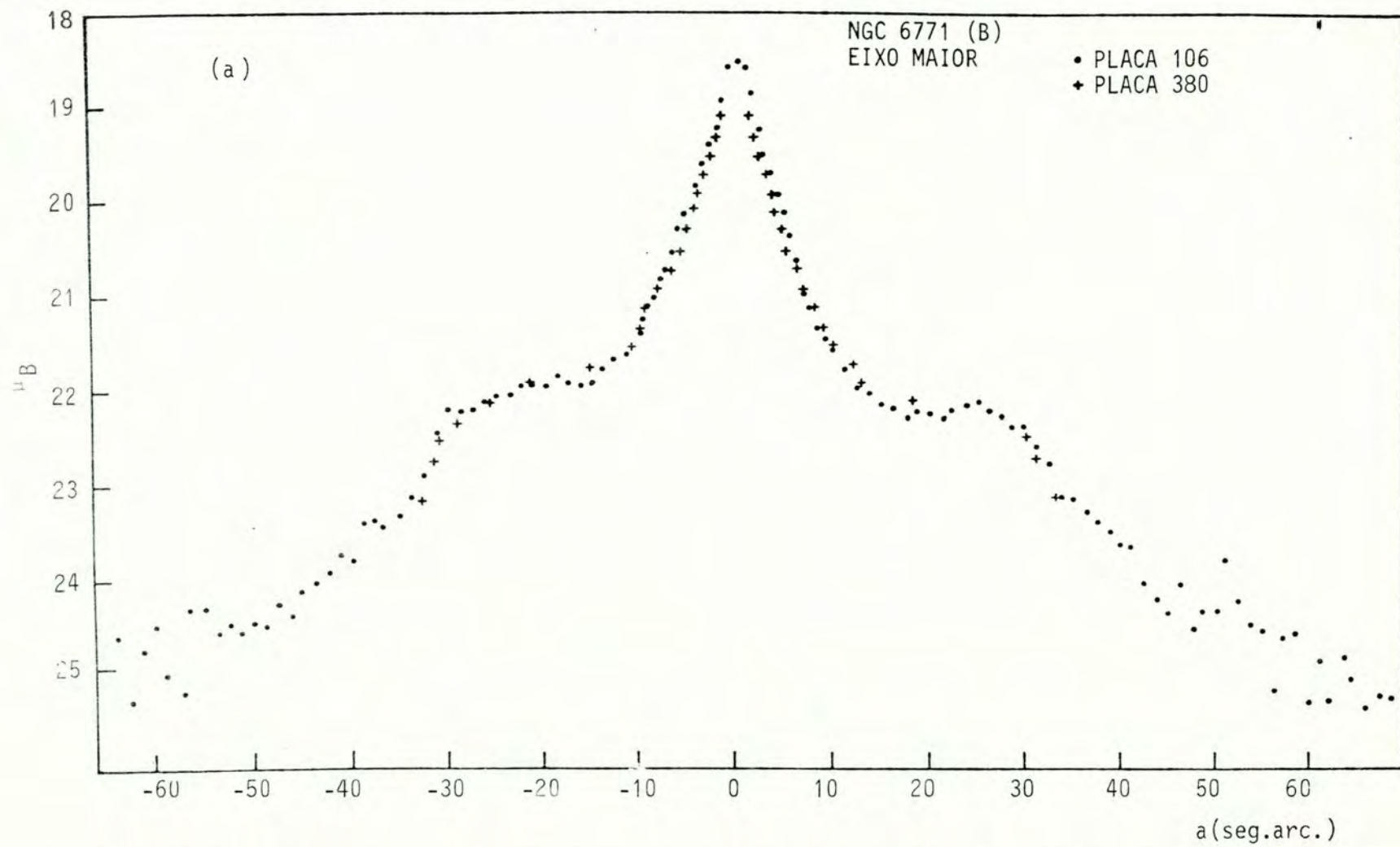


FIGURA 9 - Perfis de luminosidade B e V em função do raio para NGC 6771, na direção dos eixos maior e menor.



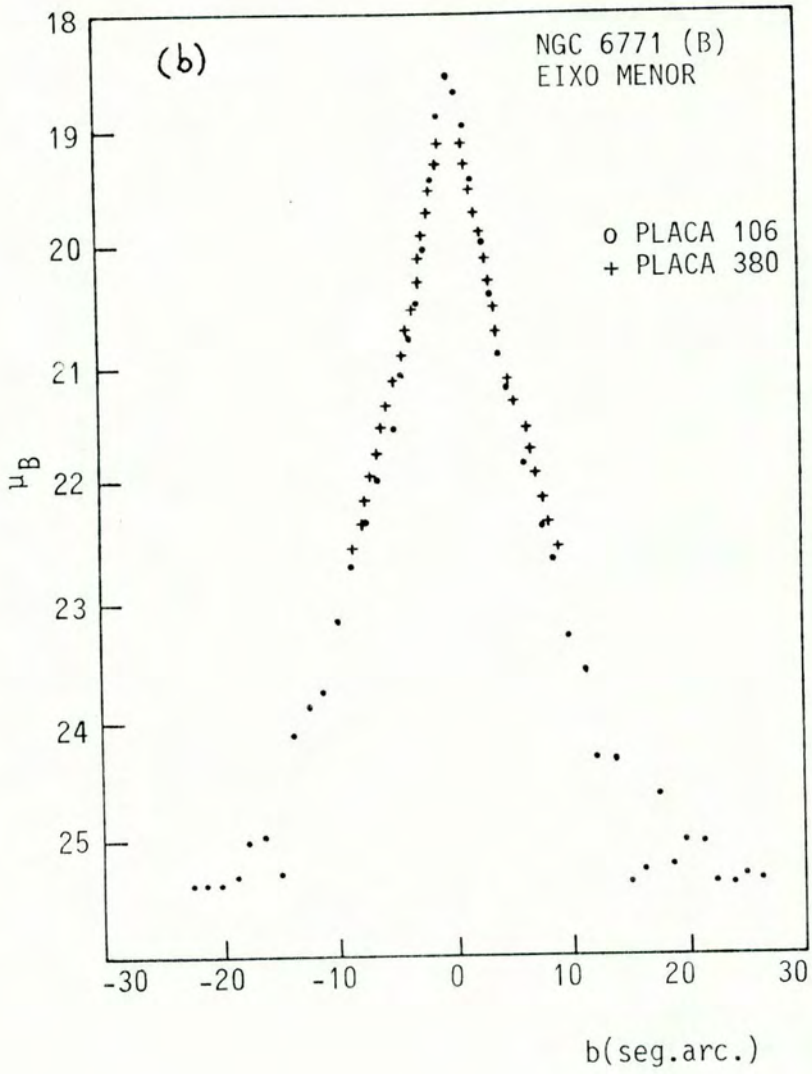


FIGURA 9 - Continuação.

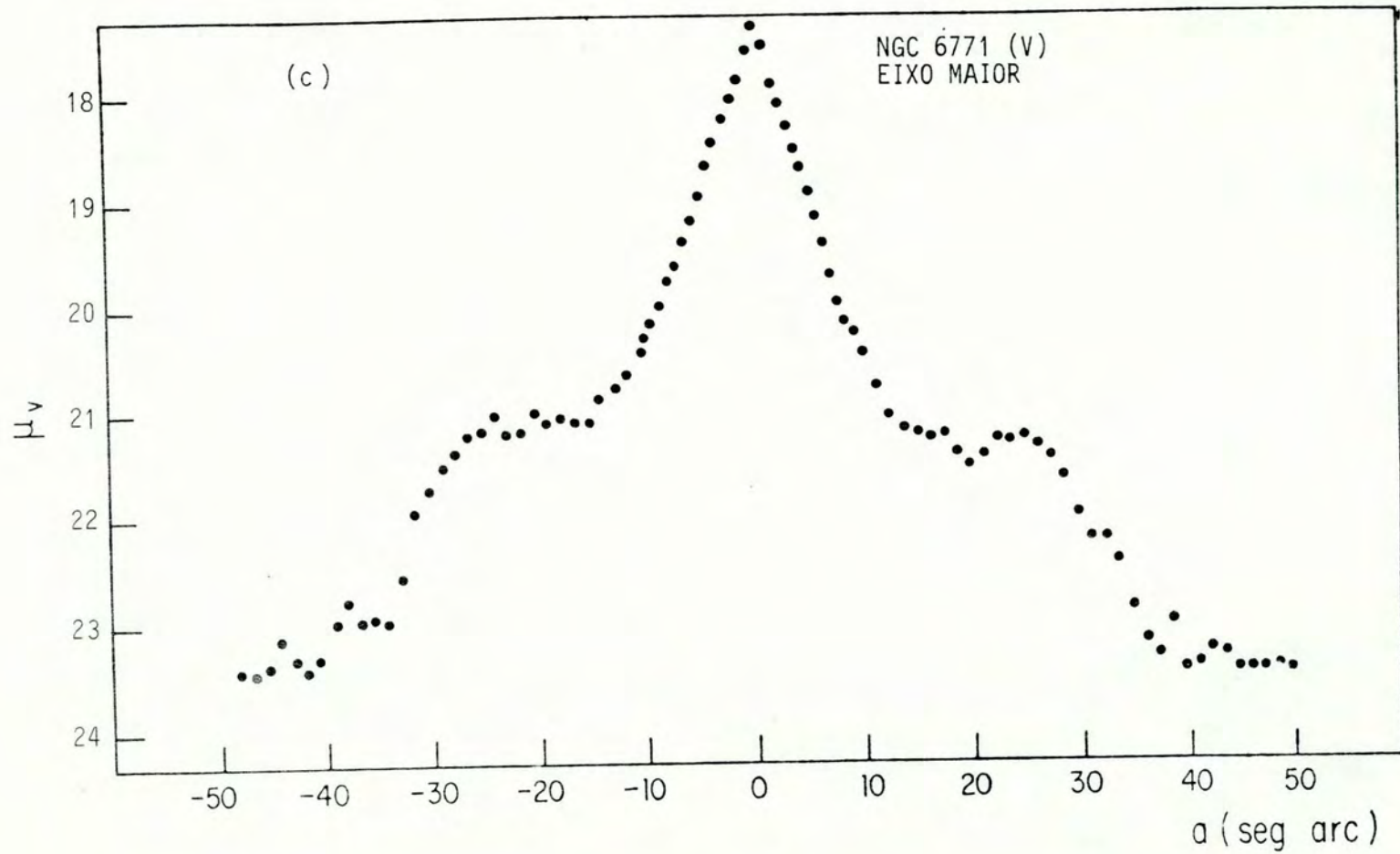


FIGURA 9 - Continuação.



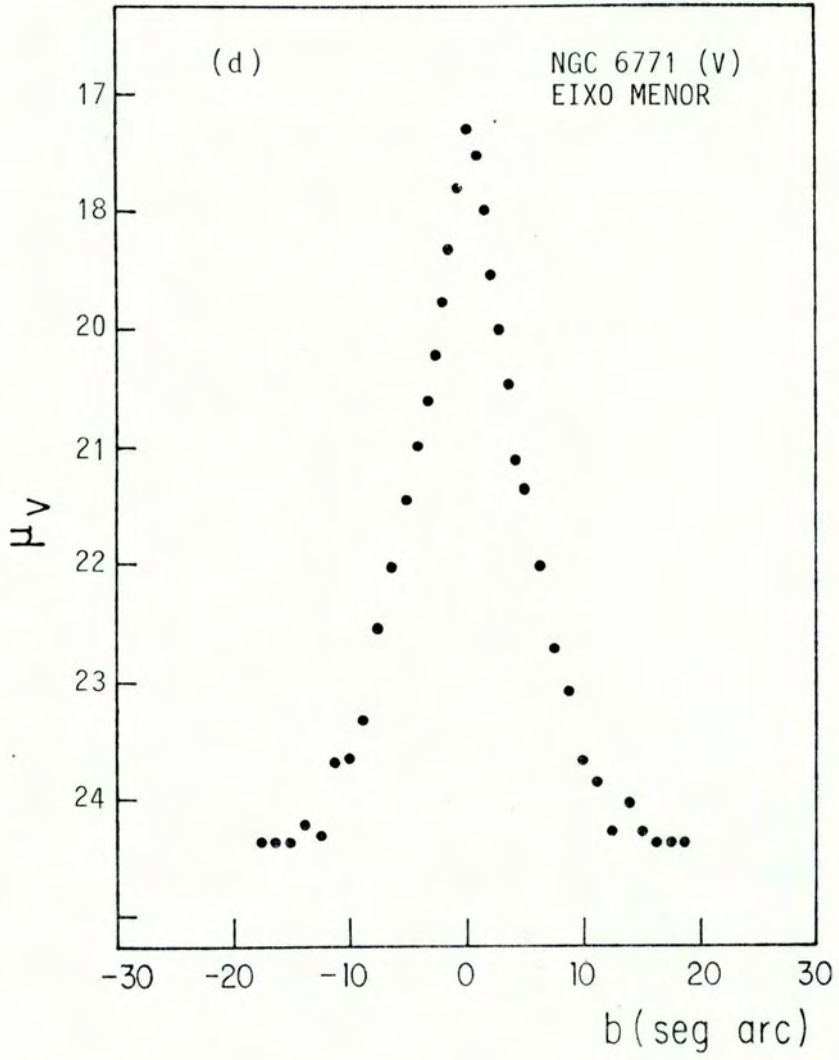


FIGURA 9 - Continuação.

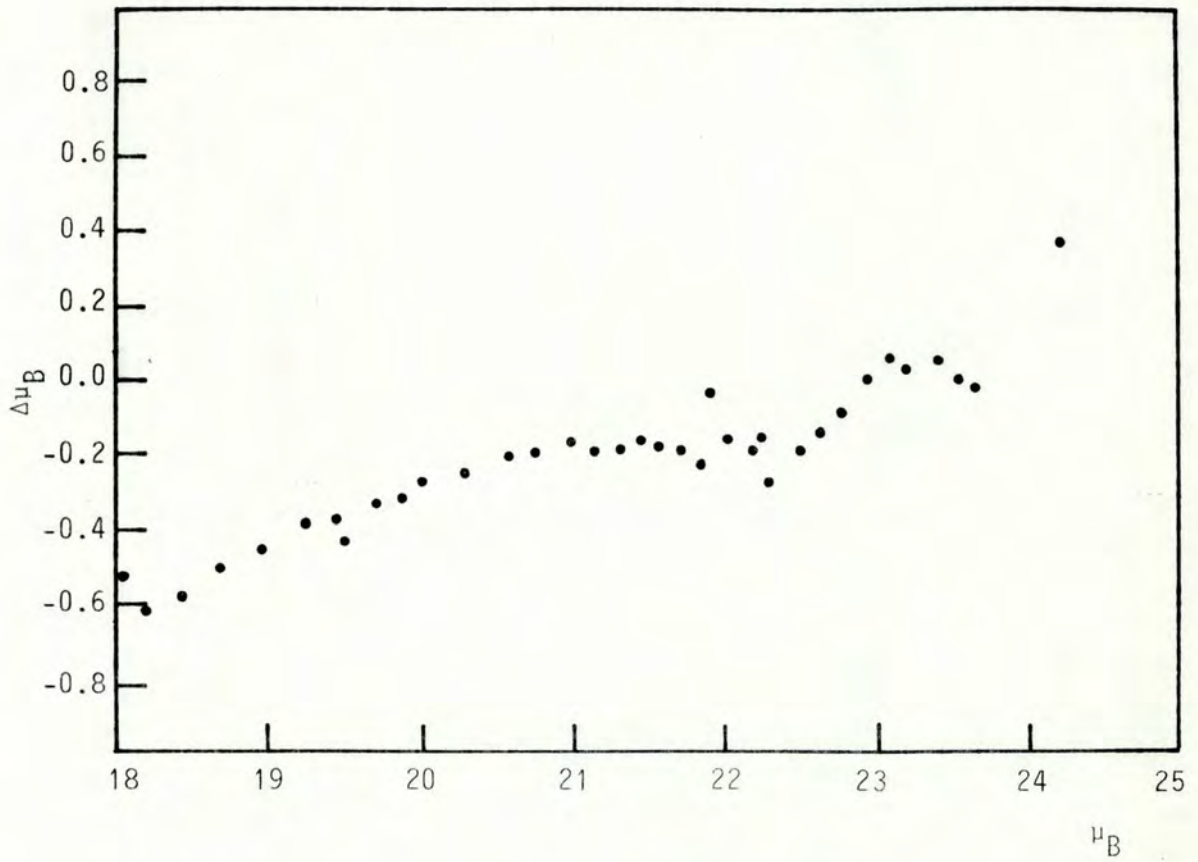


FIGURA 10 - Comparação dos dados obtidos no presente trabalho para o perfil promediado elipticamente de NGC 2855 com os de Boroson (1981).  $\Delta\mu_B$  negativo indica magnitudes mais brilhantes que as de Boroson.



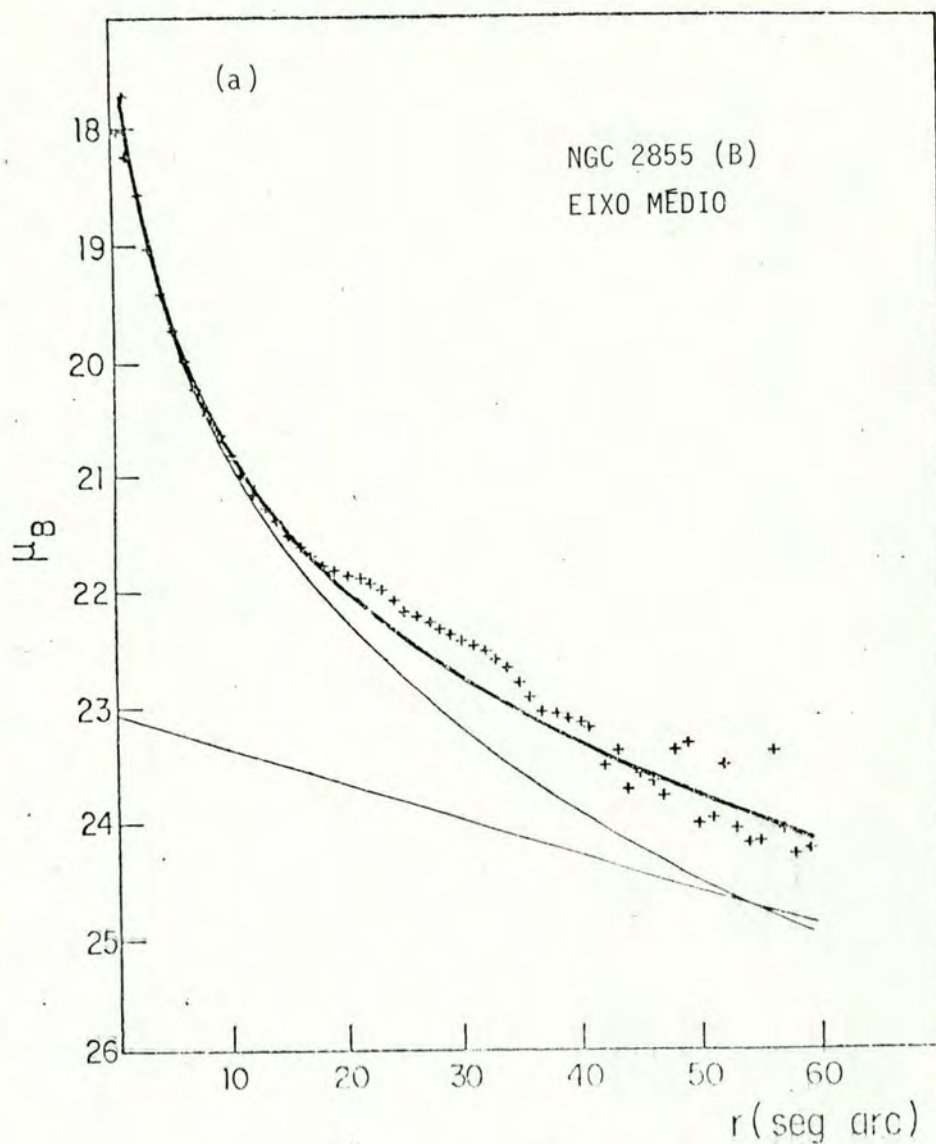


FIGURA 11 - Perfis de luminosidade promediados elipticamente para NGC 2855 (cruzes). Em (a) é mostrado o perfil B ao qual foram ajustadas as leis  $R^{1/4}$  (linha curva fina) e a exponencial (linha reta). A soma dos modelos é representada pela linha grossa. Em (b) é mostrado o perfil V no qual apenas um ajuste preliminar da lei  $R^{1/4}$  foi feito.

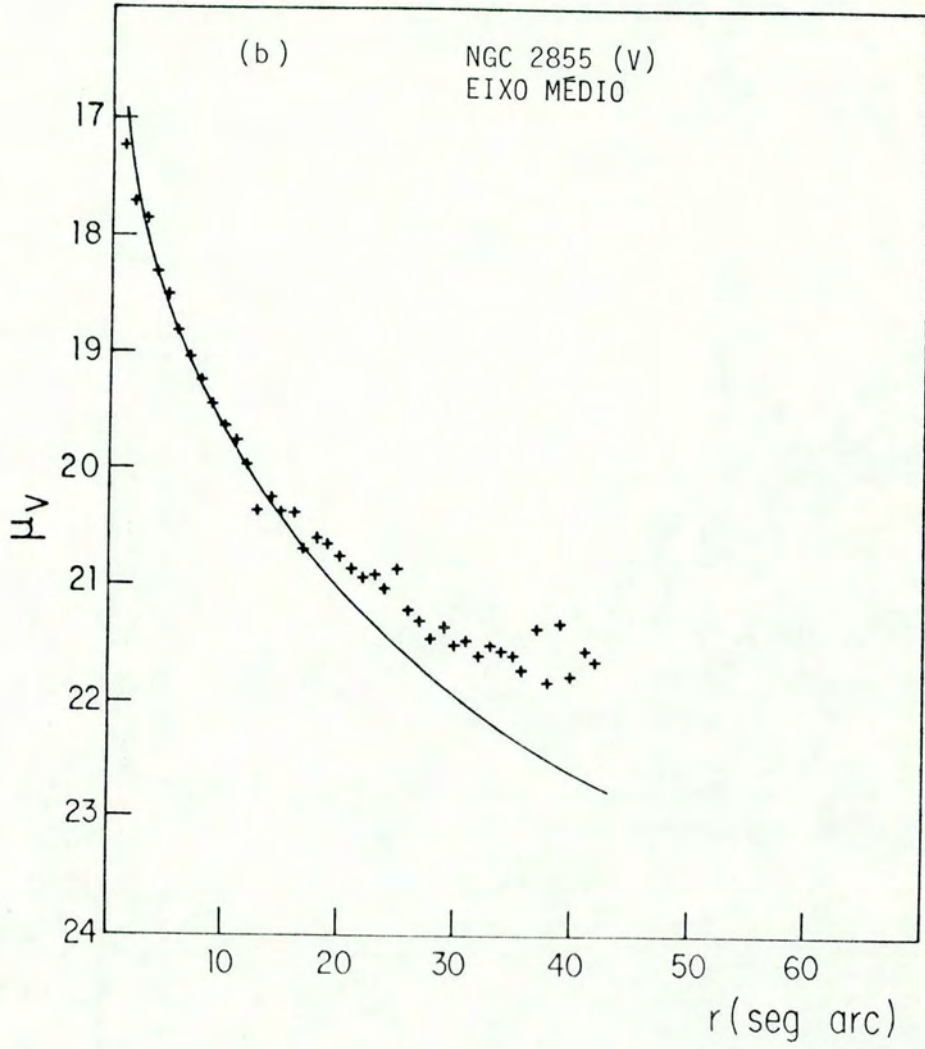


FIGURA 11 - Continuação.



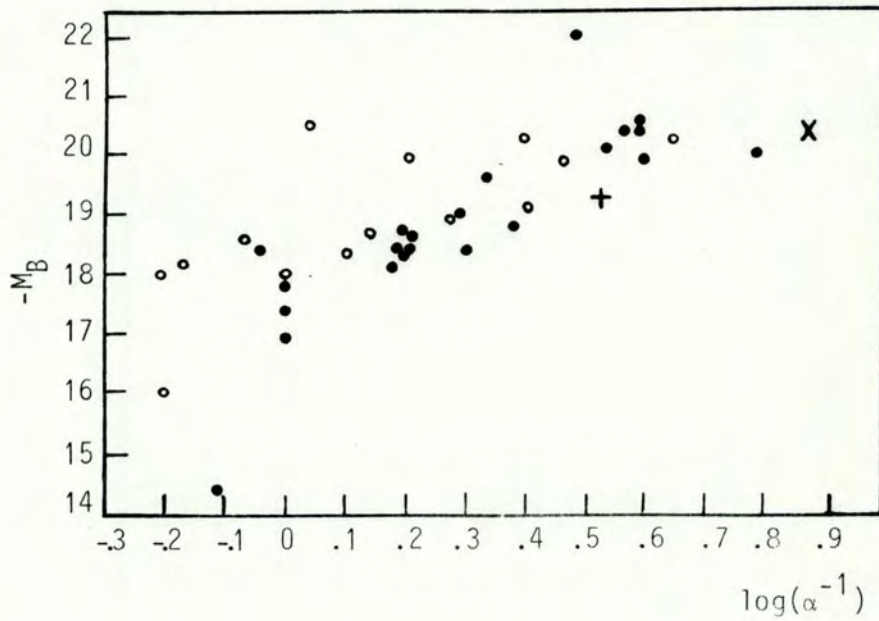


FIGURA 12 - Reprodução da figura 7 em Freeman (1970), mostrando a relação entre a magnitude absoluta e a escala de distância. Círculos abertos e fechados são dados de Freeman. A cruz representa NGC 2855 e o xis representa NGC 6771.

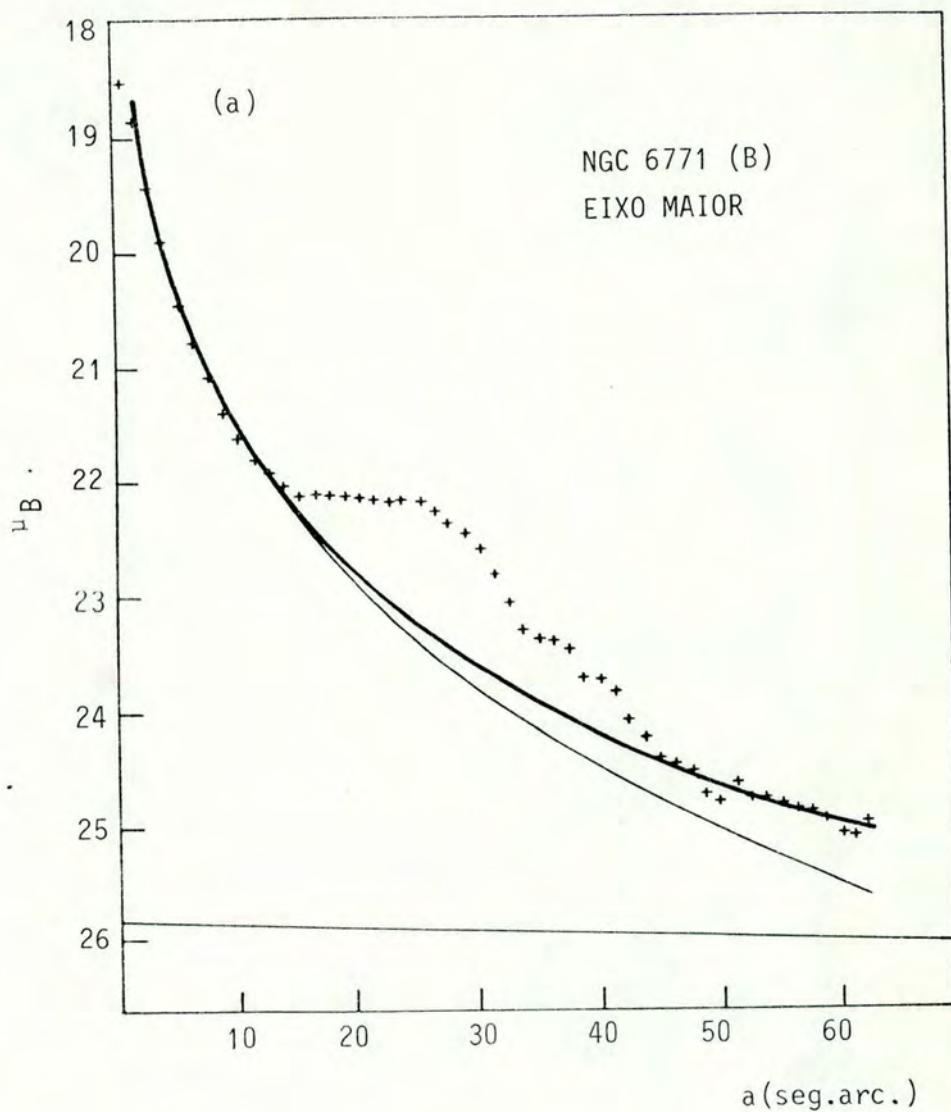


FIGURA 13 - Perfis de luminosidade B e V de NGC 6771 promediados ao longo dos eixos maior ((a), (b), (e), (f)) e menor ((c), (d)). São mostradas as funções que ajustaram a parte interna e o disco pela primeira decomposição aplicada ao eixo maior ((a), (b)) e pela segunda decomposição aplicada a ambos os eixos maior e menor ((c), (d), (e), (f)). As linhas finas representam as funções de ajuste. A linha grossa representa a soma dos modelos.



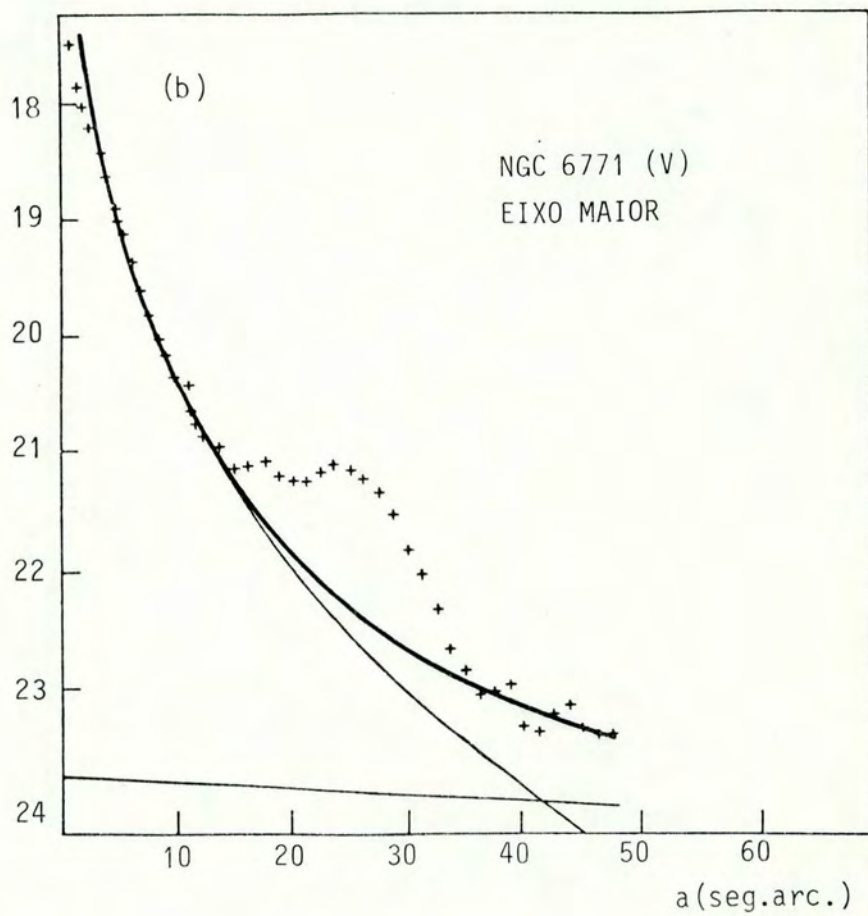


FIGURA 13 - Continuação.

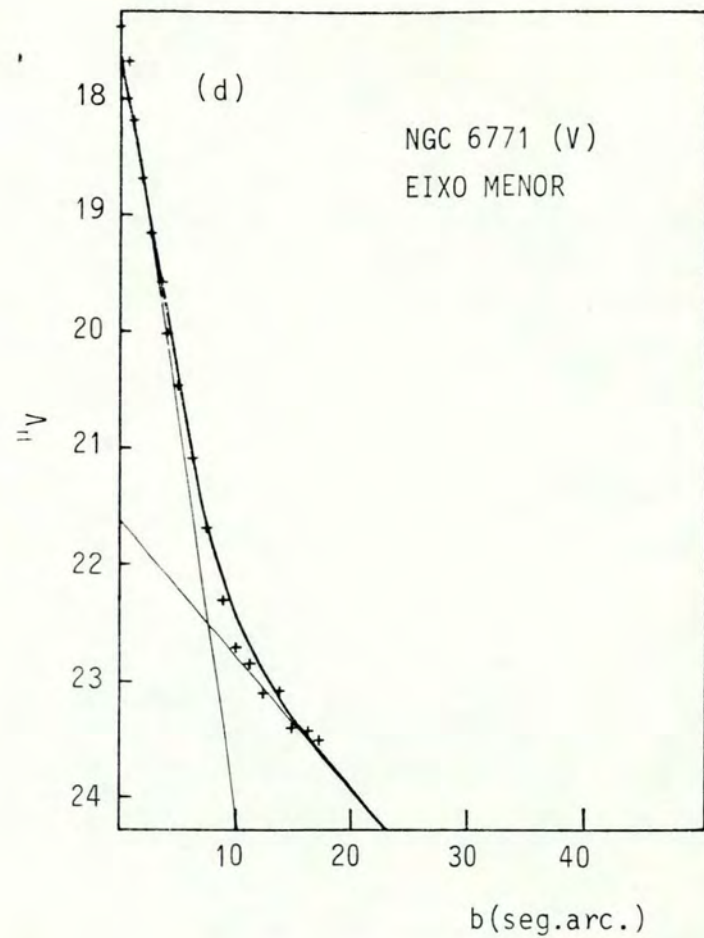
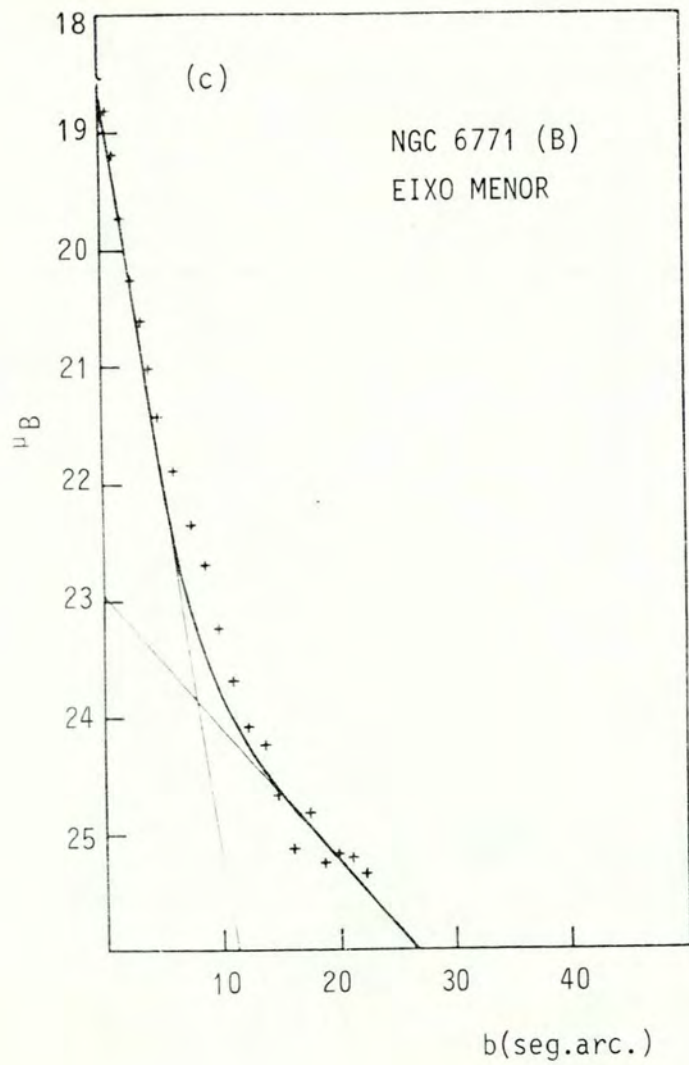


FIGURA 13 - Continuação.



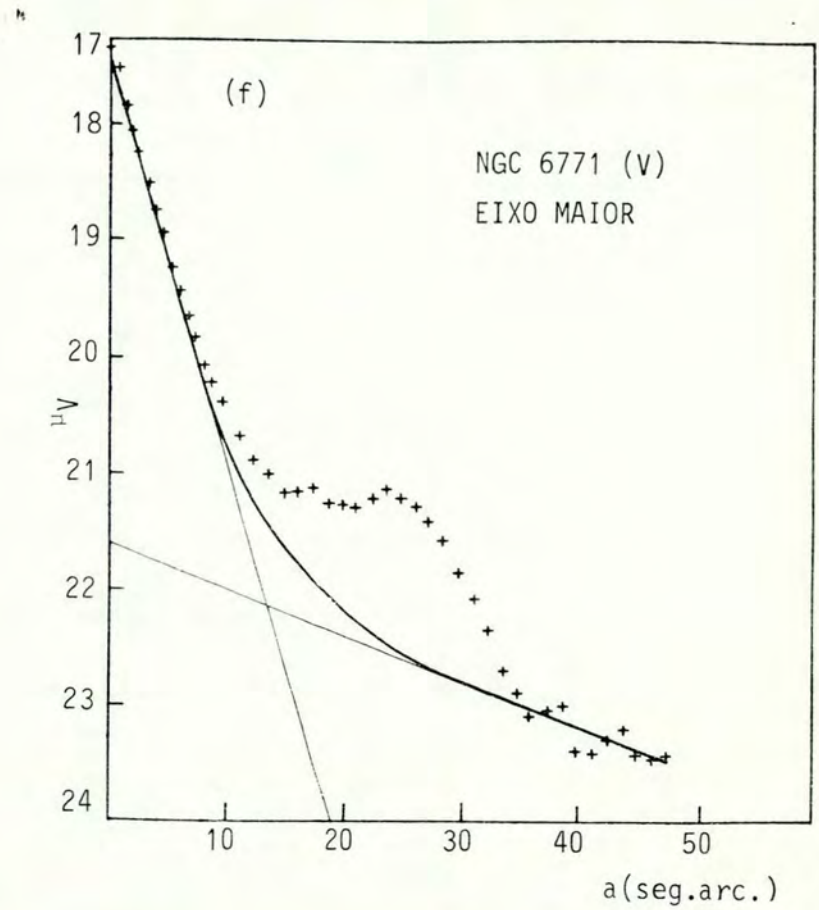
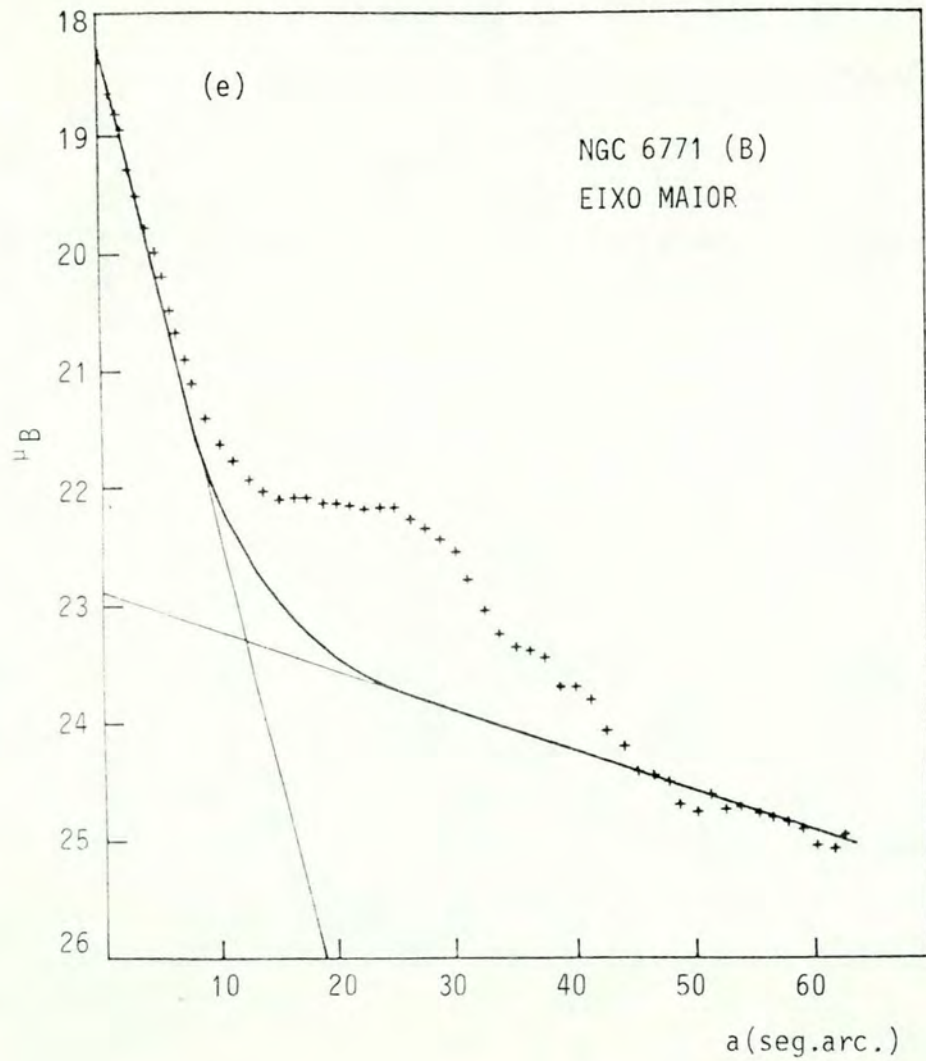


FIGURA 13 - Continuação.

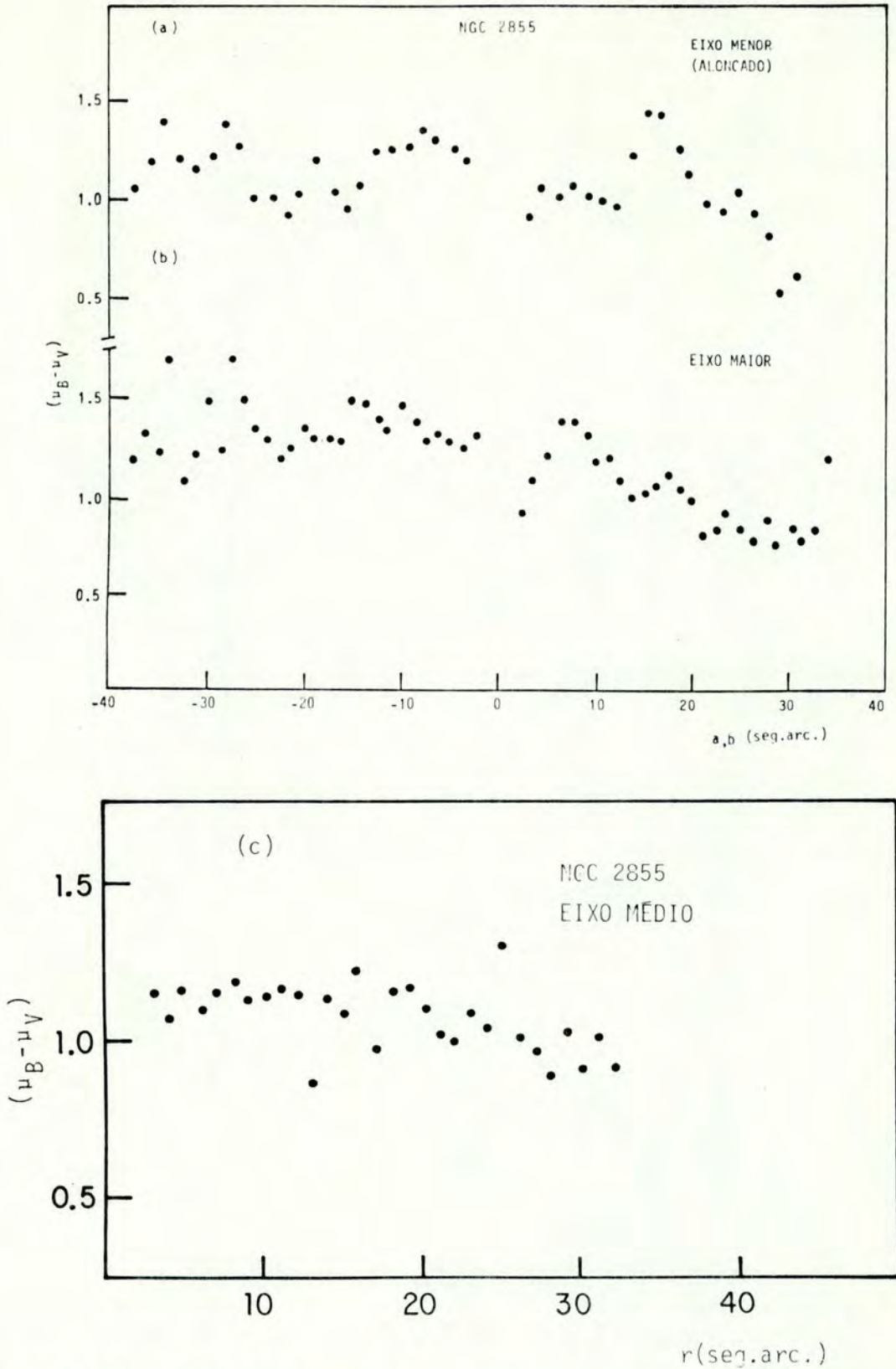


FIGURA 14 - Distribuições de cor  $(\mu_B - \mu_V)$  observadas para NGC 2855 ao longo do eixo menor (a) e maior (b). O item (c) mostra a distribuição de cor obtida quando se faz a diferença entre os perfis  $\mu_B$  e  $\mu_V$  promediados elipticamente.



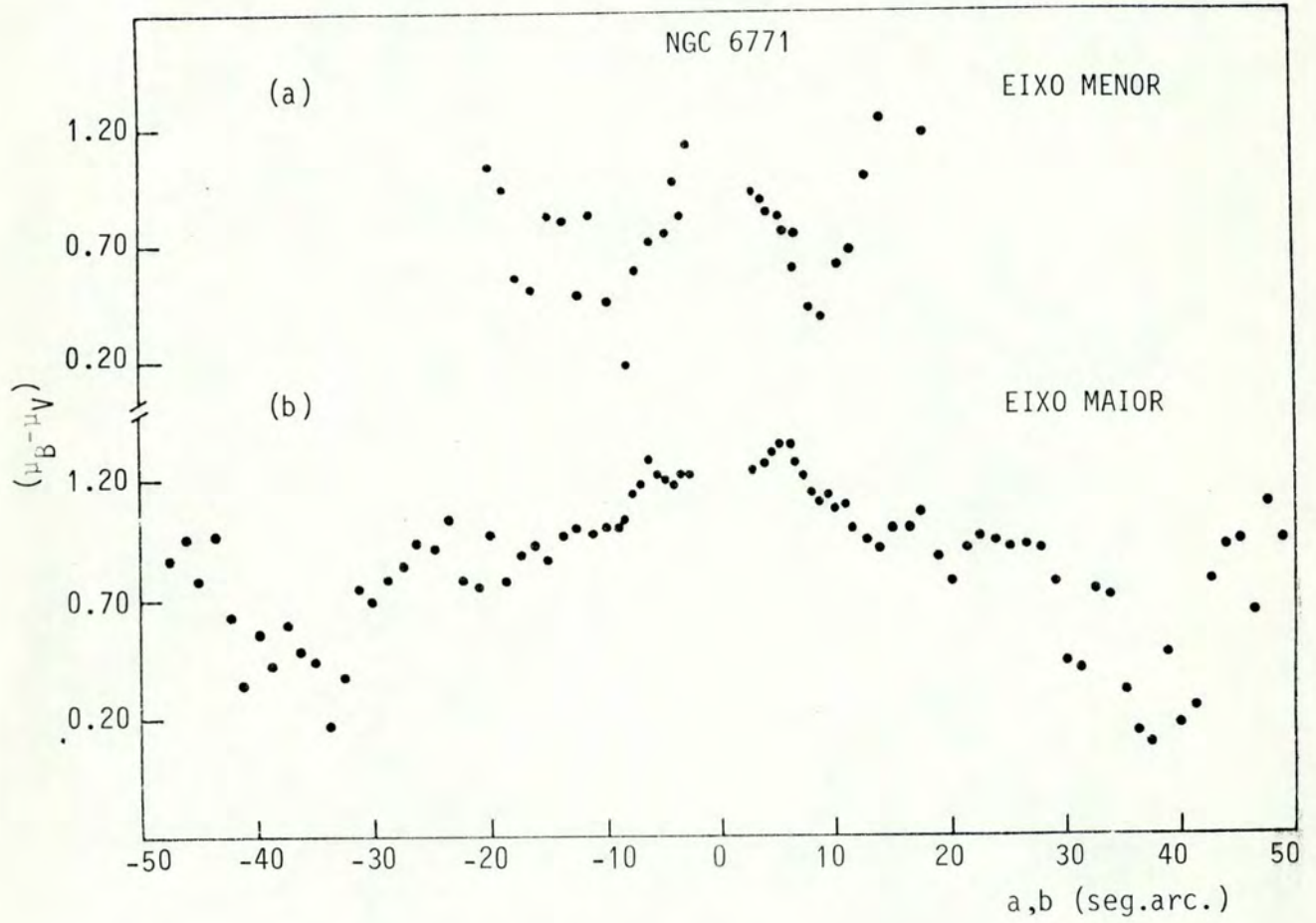


FIGURA 15 - Distribuições de cor  $(\mu_B - \mu_V)$  observadas para NGC 6771 ao longo dos eixos maior (a) e menor (b).

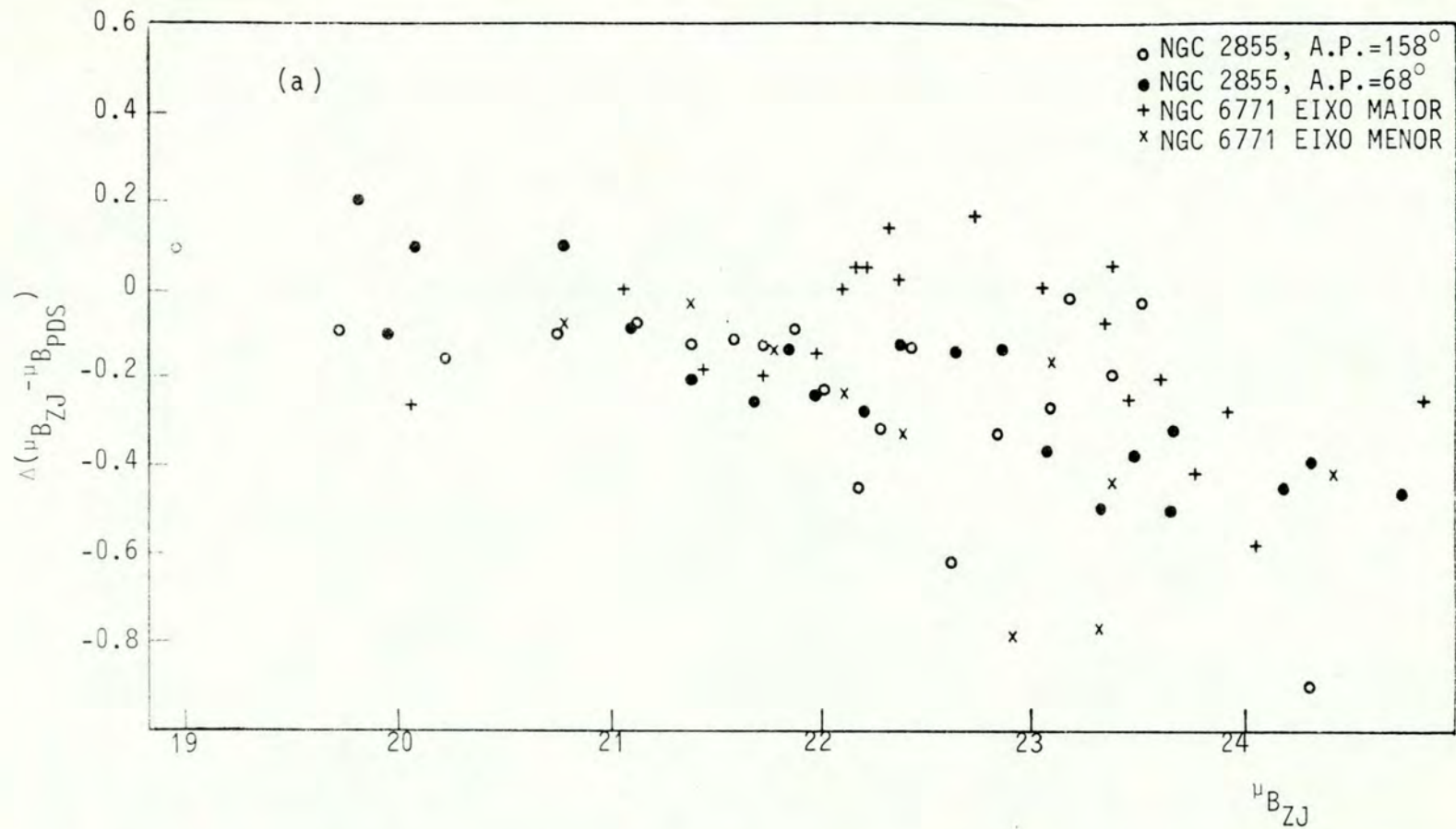


FIGURA 16 - Comparação entre os dados resultantes da redução com o PDS e com o ZJ das galáxias NGC 2855 e NGC 6771, feita como diferenças entre as magnitudes superficiais obtidas pelos dois aparelhos em função da magnitude superficial obtida pelo ZJ.



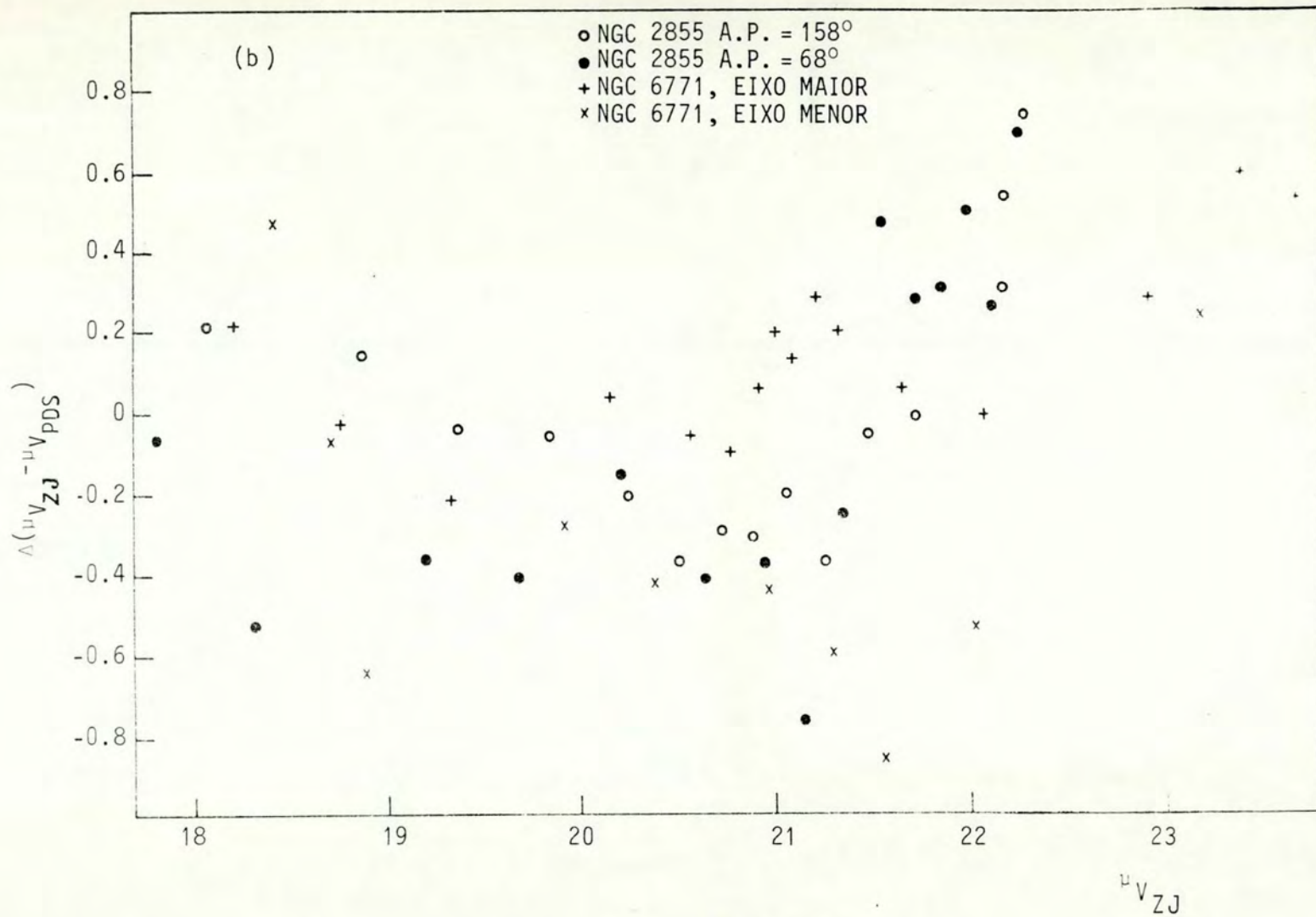


FIGURA 16 - Continuação.