

NGC5122: Uma galáxia com anel polar

Priscila Freitas-Lemes¹, Irapuan Rodrigues¹ e Maximiliano Faúndez-Abans²

¹ UNIVAP /IPD – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Av. Shishima Hifumi, 2911 - Urbanova - São José dos Campos - SP, priscila@univap.br e irapuan@univap.br

² MCTI/Laboratório Nacional de Astrofísica, Coordenação de Apoio Científico. Rua Estados Unidos 154 – Itajubá – MG, mfaundez@lna.br

Resumo- Galáxias com anel polar são sistemas compostos por uma galáxia hospedeira do tipo lenticular, espiral ou elíptica, rodeada por um anel de gás, poeira e estrelas que orbitam em um plano aproximadamente polar. Neste trabalho, apresentaremos um estudo da PRG NGC5122, provavelmente formada por acréscimo, cenário em que a galáxia hospedeira coleta material de uma doadora, dando origem ao anel. Este sistema foi observado com o telescópio de 1,60m do OPD-LNA. Obtivemos imagens nas bandas B, V, R e I e espectros com a rede de 900mm^{-1} . Analisando os dados, obtivemos velocidade sistêmica de $2826 \pm 11 \text{ km s}^{-1}$ para este sistema. A imagem B mostra um bojo assimétrico, elíptico e com as extremidades encurvadas (*warped*). Nas imagens R e no mapa de cor B-I, encontramos alguns filamentos de poeira, cortando a galáxia hospedeira. Com esses resultados preliminares foi possível identificar marcas remanescentes da interação sofrida por esta galáxia.

Palavras-chave: Galáxias com anel polar, espectroscopia e fotometria.

Área do Conhecimento: CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

1. Introdução

O Universo evoluiu de modo a formar galáxias de diferentes tamanhos e características. Grande parte dessas galáxias pode ser dividida em quatro grandes famílias: elípticas, espirais, espirais barradas e irregulares, como sugerido por Edward Hubble (1936). As galáxias irregulares compreendem objetos com estrutura morfológica caótica, informe. Anos após essa classificação, Zwicky (1956), propôs que na verdade muitos dos objetos pertencentes à família irregular é resultado da interação entre galáxias, e que, através da interação, muitas das características originais eram perdidas.

Desses objetos irregulares, uma grande parcela apresenta algum tipo de anel que envolve uma galáxia hospedeira (central). Os anéis variam em tamanhos e características, sendo em geral compostos por gás, poeira e estrelas mais jovens que a galáxia hospedeira (Arnaboldi, 2003).

Das galáxias aneladas, existe um grupo peculiar, denominado “Galáxias com Anel Polar” (ou do inglês PRG – *Polar Ring Galaxies*), onde o anel está praticamente perpendicular à galáxia hospedeira. Não se sabe ao certo como esses objetos são formados. De acordo com Bournaud et al. (2003), há dois cenários propostos para a formação de PRGs: (1) o cenário de fusão, em que ocorre uma colisão frontal entre duas galáxias espirais cujos discos são ortogonais; (2) o cenário de acréscimo, em que na interação entre duas galáxias, a hospedeira coleta material de uma

outra galáxia, formando o anel. Ambos os cenários necessitam de uma configuração geométrica específica para que ocorra a formação do anel polar.

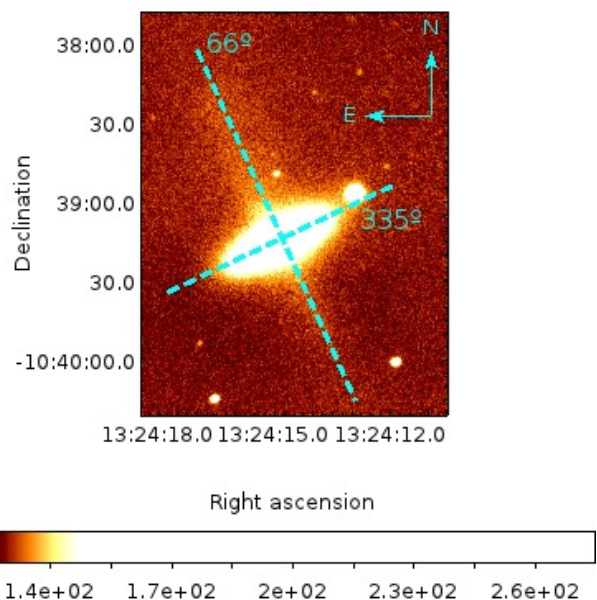


Figura 1: Galáxia com Anel Polar NGC5122

Nesses objetos, as velocidades do anel e da galáxia hospedeira são bem próximas, mostrando um estado de (quase) equilíbrio. Segundo Ionice (2002), para que uma PRG se torne estável, a formação do anel deve seguir uma lógica, na qual o tamanho do anel está fortemente relacionado à quantidade de matéria da galáxia hospedeira

(visível + escura). Para PRGs com hospedeiras elípticas, com massa altamente concentrada, encontramos anéis mais estreitos (por exemplo, AM2020-504). Já em galáxias com halos extensos, como o caso das S0, o raio do anel tende a ser maior (por exemplo, NGC4650A).

Neste trabalho, estudaremos a PRG NGC5122, que é composta por uma galáxia hospedeira S0 rodeada por um longo anel de gás, poeira e estrelas jovens. Segundo van Driel (2002), este é um dos melhores exemplos de galáxias com grandes anéis, composto por um bojo alongado e um longo anel de baixo brilho superficial.

2. A galáxia NGC5122

A galáxia com anel polar NGC5122 (Figura 1) é formada por uma hospedeira com bojo oval, levemente assimétrico e por um anel extenso, suavemente distorcido, praticamente perpendicular ao bojo. Tanto o anel como a galáxia hospedeira são vistos quase de lado, o ângulo entre os objetos é de 91° (os ângulos de posição são: PA = 335° para a galáxia hospedeira e PA = 66° para o anel). Na Tabela 1 são apresentadas as principais características do sistema:

PRC ¹	B-16
RA (J2000)	13h24m14.9s
DEC (J2000)	-10° 39' 15"
Velocidade Sistêmica ²	2818±10kms ⁻¹
Magnitude ³	13.94 (B)
Tipo Morfológico ²	S0
Tipo de Núcleo ²	LINERS
Massa de HI ⁴	~2x10 ⁹ M _⊙

¹ van Driel (2001)

² Reshetnikov (2001)

³ NED

⁴ Cox (1996)

Tabela 1: Características gerais da galáxia com anel polar NGC 5122.

3. Observação e Redução dos Dados

3.1 Fotometria

Foram coletados dados com câmera direta, durante a noite de 06-07 de julho de 2008, no telescópio de 1,60m do Observatório Pico dos Dias (OPD). Foram obtidas imagens usando a Câmera 1 e o CCD#106 com 1024x1024 pixels² e com escala no plano focal de 0,31"/pixel. Nessas condições, o ruído de leitura varia entre 4,1 e 9,5 elétrons (rms), Foram realizadas imagens com os filtros de banda larga B, V, R e I (sistema Jhonson). A Tabela 2 mostra o log de observação.

	Filtro	Tempo de exposição (s)	Massa de Ar
NGC5122	B	5x 300	1,77
	V	5 x 300	2,28
	R	5 x 300	1,12
	I	5 x 300	1,04

Tabela 2: Log de Observação.

A redução de dados foi realizada seguindo os padrões básicos de redução do IRAF (*Image Reduction and Analysis Facility*). Para calibrar as imagens, utilizamos como referência o campo PG13223-086 (Landolt, 1992).

3.2 Espectroscopia

Neste estudo, contamos com espectros de fenda longa que foram coletados na noite de 06-07 de maio de 1997, no telescópio de 1,60m do OPD. Efetuamos espectroscopia com a rede de 900lmm⁻¹ ao longo da galáxia hospedeira. Usando o CCD#048 com 770 x 1152 pixels². O lambda central foi de 6650Å, onde obtivemos uma cobertura espectral de 5880Å à 7240Å. A redução de dados foi realizada seguindo os padrões básicos de redução IRAF.

4. Resultados e Discussões

4.1 O campo em torno da NGC5122

Observando o campo da PRG NGC5122, não encontramos resto de material ou pontes que a enlace com outra estrutura ou galáxia.

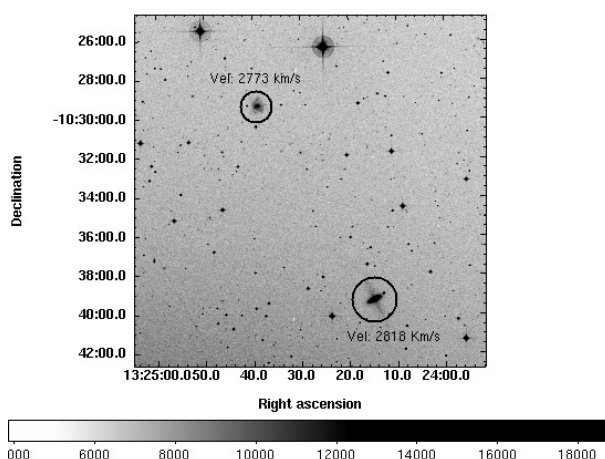


Figura 2: Campo em torno da NGC5122. Não existe sobreposição de material visível proveniente da interação. Imagem obtida através do DSS.

O anel aponta para a galáxia MGC02-34-045, possível galáxia companheira (Figura 2), que está a cerca de 690 arcseg. A diferença de

velocidade dessas galáxias é de aproximadamente 50 km s^{-1} .

encontramos estruturas, diferente ao encontrado por nos na PRG AM2020-504 (Freitas-Lemes, 2010).

4.2 A galáxia Hospedeira

Observando as imagens em B, podemos notar que a galáxia tem uma estrutura central (*core*) elíptica, bojo oval e assimétrico. Na **Figura 3**, notamos que os extremos do disco parecem levemente perturbados, as partes extremas da hospedeira não estão alinhadas no mesmo plano, (*warped*).

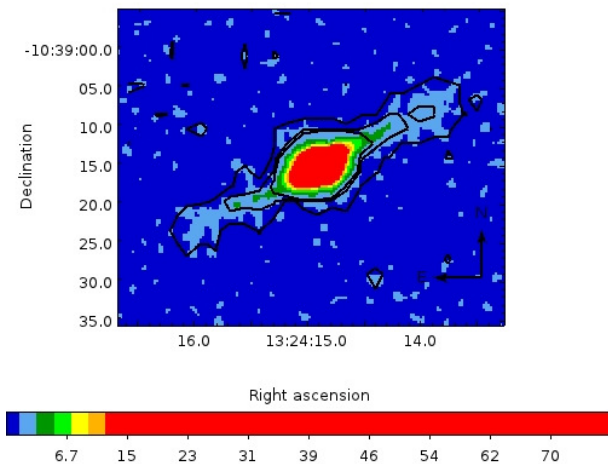


Figura 3: Imagem com o filtro B, onde podemos notar o bojo ovalado e a estrutura externa warped.

4.3 Perfil de Brilho

Baseado na imagem do filtro B determinamos o perfil de brilho da galáxia hospedeira e do anel. Usando a ferramenta plot.pvector do IRAF, construímos a **Figura 4**, na qual é possível notar o baixo brilho superficial do anel, em relação à galáxia hospedeira. Estudando o perfil de brilho do anel, não

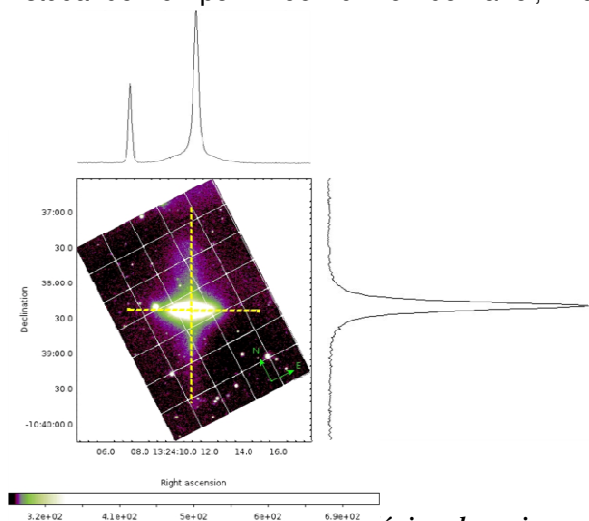


Figura 4: Perfil de Brilho da Galáxia sobre a imagem B.

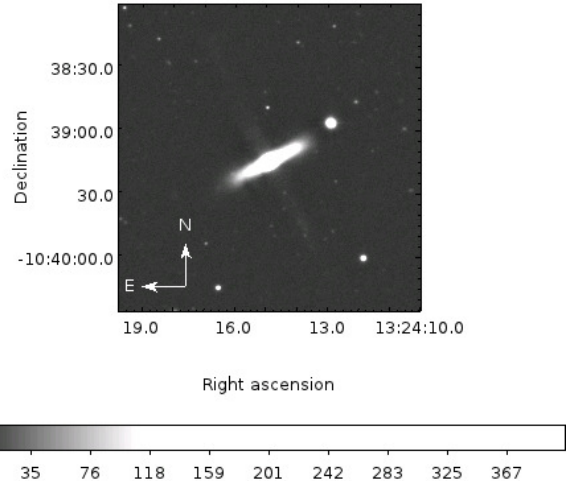


Figura 5: Imagem em R, mostrando uma estrutura na galáxia hospedeira, possivelmente causada pela poeira.

A parte SW do anel apresenta-se um pouco mais brilhante, em comparação com a parte NE. No extremo SW do anel, é possível ainda notar uma “sobra” de material, possivelmente proveniente da interação sofrida. Outras galáxias com anel polar também possuem essa característica, como por exemplo, a ESO603-G21 (Reshetnikov, 2002) e NGC4650A (Iodice, 2002). Segundo a classificação de Faúndez-Abans (1998), as galáxias com essas características compõem a família Spindle II.

4.4 Filamento de Poeira

Observando as imagens na banda R (**Figura 5**), depois de serem submetidas a uma filtragem, usando um kernel de 10 pixels, com o objetivo de ressaltar estruturas finas, da ordem de parsecs, foi possível notar alguns filamentos, a SE da galáxia hospedeira.

Possivelmente, essas estruturas são parte de uma faixa de poeira (*dust-lane*) no plano do disco da galáxia central. Ambos os filamentos mostram certa simetria, parecendo um “S”.

4.5 Mapas de Cor

Utilizando imagens de diferentes bandas, podemos criar mapas de cores, o que nos ajuda a entender um pouco mais do nosso objeto de estudo. No mapa de cor B-R (**Figura 6**), o anel – mais azul- praticamente não aparece, mostrando apenas a galáxia hospedeira – mais vermelha. Isso já era de se esperar, pois a coloração azul

indica objetos mais novos, neste caso, o anel, que é resultado de uma interação, é um lugar esperado de surtos de formação estelar.

Na **Figura 7**, temos o mapa de cor B-I, onde é possível notar uma descontinuidade na borda SE da galáxia hospedeira, provavelmente provocada pelo acúmulo de poeira (veja item 4.4).

4.6 Curva de Rotação

As velocidades radiais ao longo da fenda foram coletadas com base no deslocamento Doppler das linhas de $H\alpha_{\lambda 6563}$ e $[NII]_{\lambda 6549, 6583}$. Ao longo da fenda, posicionada sobre a galáxia hospedeira, foram feitas extrações de espectros unidimensionais, a fim de se obter informações específicas de cada região do objeto.

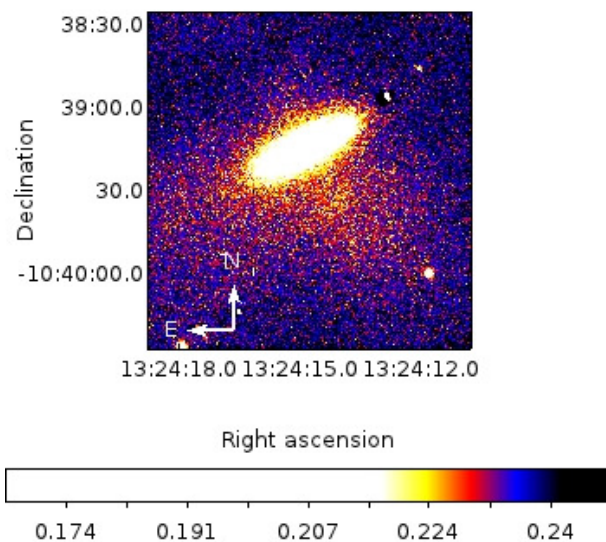


Figura 6: Mapa de Cor B-R, onde é possível notar a diferença entre a cor azul do anel e vermelha da galáxia hospedeira.

A velocidade da galáxia foi determinada como sendo o valor da extração central. Sendo assim, a velocidade obtida foi de $2826 \pm 11 \text{ km s}^{-1}$. Nosso resultado está de acordo com as medições encontradas na literatura: $2818 \pm 10 \text{ km s}^{-1}$ (Reshetnikov, 2001), 2855 km s^{-1} (Cox, 1996) e 2842 km s^{-1} (Huchtmeier, 1997).

A curva de rotação da hospedeira é exposta na **Figura 8**. Pode-se notar que há pouca variação de velocidade na região observada. Em comparação com a região SE, a parte NW tem velocidades menores, o que indica que esta parte da galáxia vem em nossa direção, enquanto o lado SE se afasta de nós.

4.7 Análise Espectral

As estatísticas de atividade nuclear em PRGs, apesar de muito pobres, indicam, segundo

Reshetnikov (2001), que mais da metade desses objetos tem algum tipo de AGN (do inglês *Active Galactic Nuclei*). Analisando o Espectro desta galáxia, foi possível identificar uma interessante relação entre o $H\alpha$ e o $[NII]$, como mostra a **Figura 9**. A forte emissão de $[NII]$, característico de um LINER (Núcleo Ativo de baixa ionização; Veilleux, Osterbrock, 1987). No espectro desses objetos,

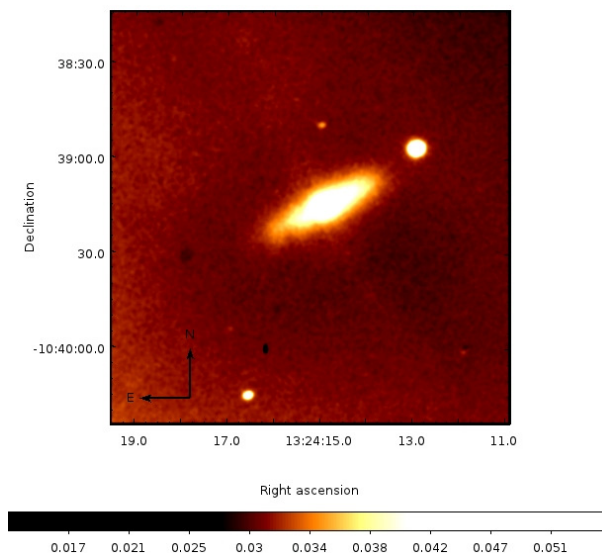


Figura 7: Mapa de Cor B-I, ressaltando uma descontinuidade na parte SE da galáxia hospedeira.

são encontradas linhas de baixa ionização ($[OI]_{\lambda 6300}$, $[NII]_{\lambda 6548, 6583}$), relativamente mais fortes. Normalmente esse tipo de AGN é encontrado em galáxias elípticas ou espirais *early-type*

Segundo Reshetnikov (2001), a galáxia NGC5122 contém um núcleo ativo LINER.

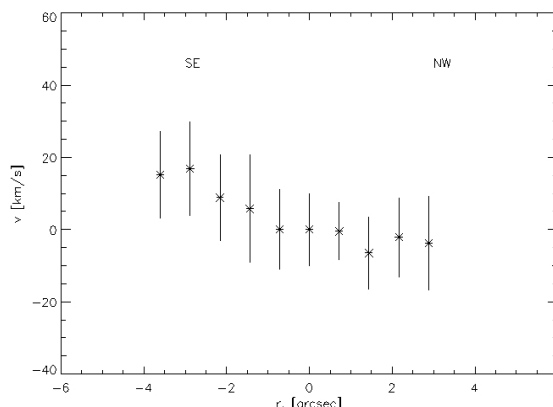


Figura 8: Curva de rotação com a rede de 900 mm^{-1} sobre a galáxia hospedeira.

5. Conclusão

Ao término deste trabalho, depois de realizadas avaliações e análises da galáxia com

anel polar NGC5122, podemos concluir que este objeto passou por um processo de interação que deixou resquícios no sistema.

A velocidade sistêmica encontrada para este objeto foi de $2826 \pm 11 \text{ kms}^{-1}$, o que está de acordo com o encontrado na literatura.

Na região NW da galáxia hospedeira, descobrimos alguns filamentos de poeira, visíveis principalmente nas imagens R. Essas estruturas foram ressaltadas graças ao processo de filtragem realizado.

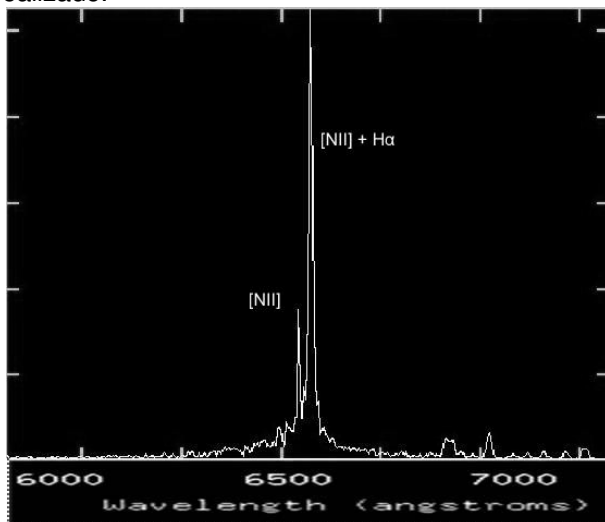


Figura 9: Espectro da região central da galáxia hospedeira.

Analisando as características espectrais do núcleo desta galáxia, encontramos assinaturas de um núcleo ativo do tipo LINER, como também foi abordado anteriormente por Reshetnikov (2001).

6. Referências Bibliográficas

ARNABOLDI, M. Freeman, K., Okamura, S. Narrowband Imaging in [OIII] and H α to search for intracluster planetary nebulae in the Virgo Cluster. *Aj*, V.125, PP. 514-524. 2003.

BERTOLA, F.; E.M. Corsini,; J.C.Vega Beltran,; A.Pizzella,; M.Sarzi. The bulge-disk orthogonal decoupling in galaxies: NGC 4698. *The Astrophysical Journal*, 519: L127-L130, 1999.

BOURNAUD, F.; Combes, F. Formation of polar ring galaxies. *Astronomy & Astrophysics*, vol. 401, pp.817-833. 2003.

COX, A.L., Sparke, L.S., van Moorsel, G. Shaw. M. Optical and 21 cm Observations of the Warped, Edge-on Galaxy UGC 7170. *Aj*, v. 111, pp. 1505. 1996.

FAÚNDEZ-ABANS,M.; de Oliveira-Abans,M. On the morphology of peculiar ring galaxies. *A&AS*, v.129, p.357-361, abr. 1998.

FREITAS-LEMES, P., Espectroscopia e Imageamento da galáxia com anel polar AM2020-504. Dissertação (mestrado). São José dos Campos, BR-SP, 2010: Universidade do Vale do Paraíba. Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento. Curso de Pós-Graduação em Física, 2010.

HUBBLE, E. *The Realm of the Nebulae*. 1936

HUCHTMEIER, W. K. Na HII survey of polar ring galaxies. II. The Effelsberg sample. *A&A* via CDS. V. 319, pp. 401-404. 1997.

IODICE, E. Polar Ring Galaxies and the Tully-Fisher Relation: Implications for the Dark Halo Shape. *Apj*, 585, PP. 730- 738. 2003

LANDOLT, A. U. UBVRI photometric standard stars in the magnitude range 11.5-16.0 around the celestial equator. *AJ*, v.104, p. 340-371, jul.1992.

RESHETNIKOV, V.P.; Faúndez-Abans, M.; de Oliveira-Abans, M. ESO 603-G21: A strange polar-ring galaxy. *A&A*, v.383, p. 390-397, fev. 2002.

RESHETNIKOV V.P., Faundez-Abans M., de Oliveira-Abans M. *Nuclear spectra of polar-ring galaxies*, 2001, *MNRAS*, 322, 689.

van DRIEL, W. ; Combes, F.; Arnalboldi, M.; SPARKE, L.S.; A neutral hydrogen survey of polar ring galaxies. *Astronomy & Astrophysics*, vol. 386, pp. 140-148. 2002.

VEILLEUX, S., Osterbrock,D. Spectral classification of emission-line galaxies. *Apjs*. V.63, pp. 295-310. 1987

Whitmore, B. C.; Lucas, R.A; McElroy, D.B.; Steiman-Cameron, T.Y.;Sachett, P.D.; Olling, R.P. New observations and a photographic atlas of polar-ring galaxies. *AJ*, v.100, p.1489-1522, nov. 1990.

WHITMORE, Bradley C. A few statistics from the catalog of polar-ring galaxies. Published in "Warped Disks and Inclined Rings Around Galaxies". S. Casertano, PD Sackett, FH Briggs, Cambridge University Press. 1991.

ZWICKY, F. *Ergebnisse d. Exakten Naturwiss*, Frankfurt, vol. 19, p 344. 1956.