

POSSÍVEIS INFLUÊNCIAS GRAVITACIONAIS DAS NUVENS
DE MAGALHÃES SOBRE A ESTRUTURA ÓTICAMENTE DETEC
TÁVEL DA GALÁXIA

Sergio Menge de Freitas

Rio de Janeiro, Novembro de 1971

POSSÍVEIS INFLUÊNCIAS GRAVITACIONAIS DAS NUVENS
DE MAGALHÃES SOBRE A ESTRUTURA ÓTICAMENTE DETEC
TAVEL DA GALÁXIA.

São propostas, neste trabalho, algumas linhas gerais para futuros planos de pesquisa atinentes ao tema em epígrafe, dando-se particular ênfase à introdução dos métodos da Geometria Descritiva nos estudos galácticos.

I - INTRODUÇÃO

Os planos de pesquisa que sugeriremos abaixo têm por escopo duas tentativas paralelas: uma, a de justificar a influência referida no título, e outra, a de constatá-la, pura e simplesmente. Caberia indagar sobre as razões pelas quais classificamos tais objetivos sob o rótulo de meras tentativas. Responderíamos que os dados disponíveis são escassos e, por vezes, até mesmo discrepantes. Além disto, como é notório, o tema é ousado e por demais complexo. A literatura mundial relativa às influências das Nuvens de Magalhães sobre a Galáxia é paupérrima, o que constitui, sem dúvida, um reflexo das duas condições restritivas acima mencionadas.

Para ilustrar a discrepância dos dados, basta dizer que Ake Wallenquist e Paul Müller, em seus Dicionários de Astronomia, ambas as obras não contanto ainda dez anos de idade, dão como distâncias às duas Nuvens, 120.000 e 250.000 anos-luz, respectivamente. A maioria dos autores, contudo, não dá como iguais as distâncias a uma e outra Nuvem, e, dentro de um quadro geral, adotaremos neste trabalho os seguintes valores, que parecem estar bem próximos da média:

Distância à Grande Nuvem-	50 kpc
Distância à Pequena Nuvem-	55 kpc.

Com relação às massas, temos os seguintes dados, em massas solares:

a) Grande Nuvem:

- $2,5 \times 10^{10}$ (George O. Abell "Clusters of Galaxies" - The Griffith Observer - Agosto de 1963)
- Entre $1,5$ e $2,0 \times 10^{10}$ (J. Lequeux "Physique et Evolution des Galaxies").
- $1,4 \times 10^{10}$ (Vincent C. Reddish "Evolution of Galaxies")
- $0,6 \times 10^{10}$ (William Herbst Jr. "On The Stability Of The Local Group" - Astronomical Society Of The Pacific Publications Vol. 81 n. 42 - Outubro de 1969)

b) Pequena Nuvem:

- $0,3 \times 10^{10}$ (Vincent C. Reddish op. cit.)
- $0,15 \times 10^{10}$ (William Herbst Jr. op. cit.)

Considerando-se, agora, a massa da Galáxia, encontramos os seguintes valores, também em massas solares:

$$13,0 \times 10^{10}$$

$$2,0 \times 10^{11}$$

$$1,5 \times 10^{11}$$

o primeiro destes valores dado por W. Herbst Jr. (op. cit.), o segundo por George O. Abell e Vincent C. Reddish (op. cit.), bem como por S. Chandrasekhar em "Principles of Stellar Dynamics", e o terceiro, dado por Thomas L. Swihart em "Astrophysics and Stellar Astronomy".

Comparando-se a massa da Galáxia com as massas das Nuvens, vamos obter (VL = Via Láctea; NMG = Nuvem de Magalhães Grande; NMP = Nuvem de Magalhães Pequena):

$$\frac{VL}{NMG} = 8,0 \quad (\text{G. O. Abell})$$

$$= 5,7 \quad (\text{J. Lequeux - adotando-se o valor médio})$$

$$= 14,2 \quad (\text{V. C. Reddish})$$

$$= 21,6 \quad (\text{W. Herbst Jr.})$$

$$\frac{VL}{NMP} = 66,6 \quad (\text{V. C. Reddish})$$

$$= 86,6 \quad (\text{W. Herbst Jr.})$$

A média aritmética entre estes valores dá

$$\frac{VL}{NMG} = 12,35 \quad \frac{VL}{NMP} = 76,60$$

Estas relações nos parecem impressionantes, particularmente as que se referem à NMG, e é surpreendente a pouca ênfase que lhes é dada.

Se considerarmos, como a maioria dos autores, que o núcleo concentra cerca de 80 % da massa da Galáxia, as médias acima transformam-se em (NVL = Núcleo da Via Láctea):

$$\frac{NVL}{NMG} = 9,88$$

$$\frac{NVL}{NMP} = 61,28$$

valores estes que nos serão úteis para primeiras aproximações, como será visto mais adiante.

Passemos, agora, às distâncias. De acordo com a opinião geral, nosso Sol se encontra num braço espiral, conhecido como Braço de Orion, que é intermediário entre dois outros: o de Sagitário, interno, e o de Perseu, externo. Suspeita-se fortemente da existência de um quarto braço, exterior ao de Perseu.

Ainda de acordo com a opinião mais aceita, poderíamos dizer que nos

situamos a $3/5$ de raio galático do centro e, portanto, a $2/5$ da orla. Distamos do centro cerca de 10 kpc, valor adotado pela União Astronômica Internacional na Assembléia Geral de Praga, em 1967.

Adotando as distâncias de 50 e 55 kpc respectivamente para a NMG e para a NMP, vemos que as Nuvens distam apenas 5 e 5,5 vezes mais do que o centro galático.

O quadro acima esboçado nos mostra, logo de imediato, que as relações de massas e de distâncias não vão redundar em infinitésimos desprezíveis, do ponto de vista dinâmico.

II - ASSIMETRIAS E DEFORMAÇÕES

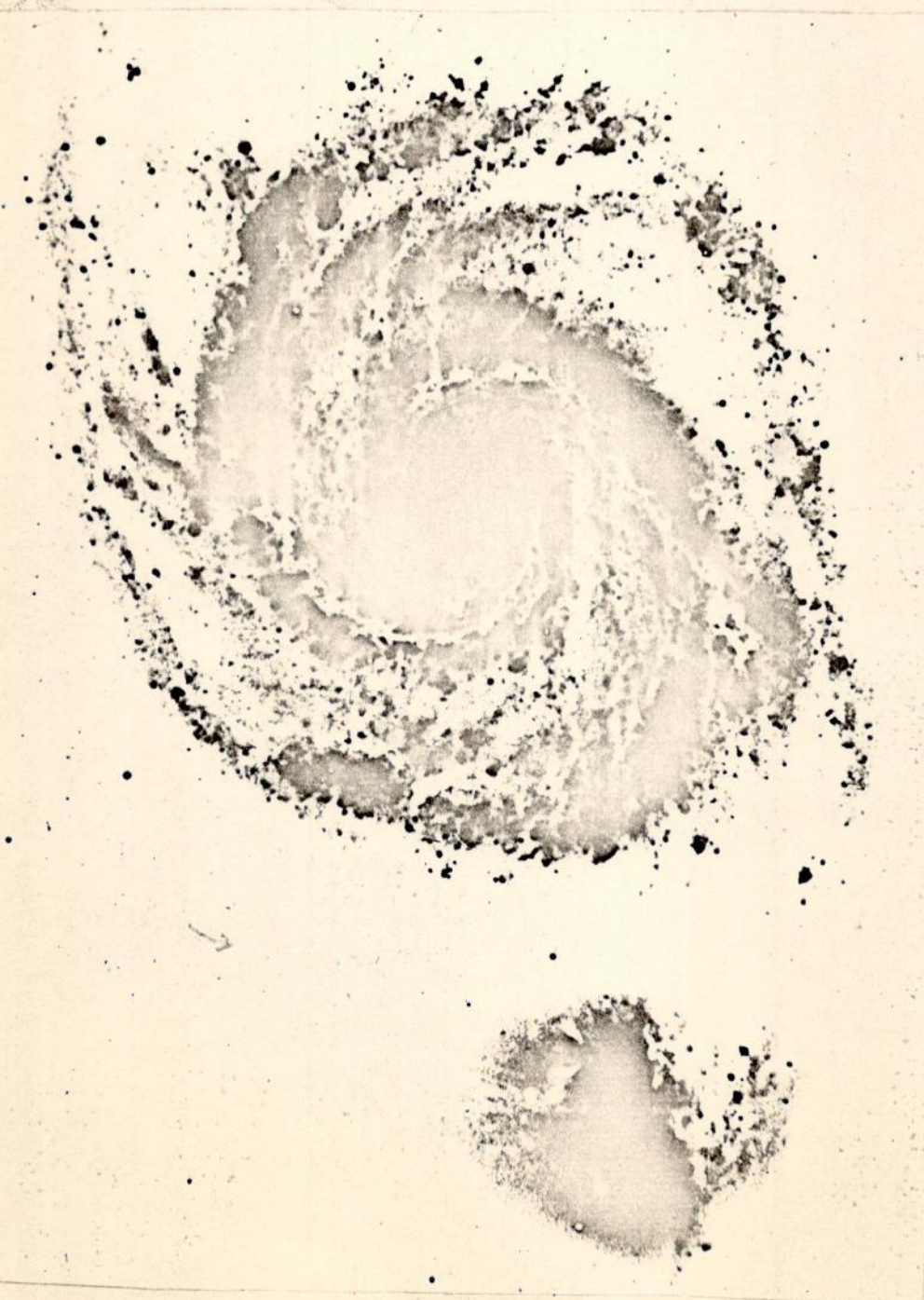


Figura 1



Figura 2

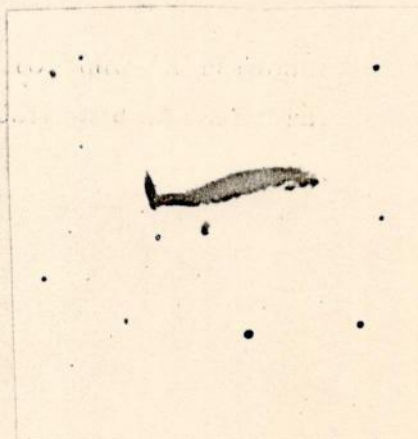


Figura 3

As figuras 1, 2 e 3 são alguns dos muitos exemplos ilustrativos de deformações ou assimetrias em outras galáxias.

A primeira delas parece mostrar uma deformação provocada na galáxia maior, pela influência gravitacional da menor. Não sabemos, exatamente, qual a distância que separa as duas galáxias, mas é praticamente certo que a menor está mais distante do Sol do que a maior, muito embora não tenhamos, à primeira vista, qualquer sensação de profundidade, ambas as galáxias parecendo ocupar o mesmo plano. Mais adiante, abordaremos o problema da visualização de distâncias.

Quanto à figura 2, é interessante salientar o fato de que o acúmulo de matéria escura é inclinado em relação ao que poderíamos chamar de faixa de maior luminosidade (fato que também se verifica para várias outras galáxias). Imaginemos um habitante hipotético nesta galáxia, situado em posição correspondente à do Sol na nossa. Se este habitante definisse o seu equador galático em função de luminosidade, como em última análise nós o fazemos, poderia constatar que, num dos hemisférios galáticos, a absorção interestelar era muito maior do que no outro. Esta comparação servirá para ilustrar um problema que abordaremos abaixo.

Mas deixemos as galáxias externas, e vamos à nossa própria. Como é sabido, as estrelas de População I tendem a se concentrar fortemente sobre o plano galático, o que não acontece para as estrelas de População II. Entretanto, com referência às estrelas B, as que se presumem mais próximas formam um círculo máximo inclinado de cerca de 16 graus em relação ao plano galático, círculo esse ao qual se dá o nome de Anel de Gould. Suspeita-se que este fenômeno esteja intimamente ligado à estrutura espiral local.

Na região Carina-Centauro, onde a absorção interestelar é relativamente diminuta, podem ser observadas as características de um padrão espiral bastante nítido, as quais se situam de 1° a 3° abaixo do plano galático. Esta região está compreendida entre as longitudes galáticas 270° e 300° . Note-se que as longitudes dos pontos médios das Nuvens de Magalhães são $278^{\circ} 43'$ e $300^{\circ} 58'$ respectivamente para a Maior e a Menor.

Bart J. Bok salienta que "entre 283° e 285° estamos realmente observando ao longo da orla de uma grande figura espiral" ("The Spiral Structure of Our Galaxy" - Sky & Telescope Vol. 39 n. 1 - 1970).

Antecipando aqui um pouco da ênfase que daremos a certos diagramas e à Geometria Descritiva, podemos salientar que o Padrão Local de Repouso cinemático se atraza ligeiramente em relação ao dinâmico, e este atrazo pode ser expresso por uma velocidade negativa cuja direção é, muito aproximadamente, a das Nuvens de Magalhães, como se verá adiante.

Tentando medir a velocidade do Padrão Local de Repouso usando como sistema de referência as galáxias do grupo local, M. L. Humason e H. D. Wahlquist concluíram que o PLR se move na direção $l = 106^\circ$ $b = -6^\circ$ (Astrophysical Journal 60 254 - 1955). Chamamos a atenção para a latitude negativa do "apex" do PLR, e para o fato de que, não apenas as Nuvens de Magalhães, mas também a galáxia de Andrômeda situam-se ao sul do plano galáctico.

Deixando de lado, por alguns momentos, as estrelas e seus agrupamentos, vejamos como a configuração do disco gasoso é, também, ilustrativa de algumas deformações. Como explica Lequeux, o disco é perfeitamente plano até cerca de 10 kpc do centro galáctico, mas deforma-se daí em diante, tendendo a apresentar, visto de perfil, uma figura semelhante à da letra S ("Structure et Evolution des Galaxies"). E comenta: "Tentou-se explicar este fenômeno pela atração gravitacional das Nuvens de Magalhães, ou por uma distorção hidromagnética produzida por um deslocamento da Galáxia no meio intergaláctico".

Antes de retornarmos às distribuições estelares, consideremos, em pinceladas largas, a absorção interestelar. Em recente e interessante artigo, Thomas W. Noonan dá especial destaque à diferença obtida para os níveis de absorção dos hemisférios galácticos norte e sul, citando diversas determinações. É justamente a partir destas diferenças que surgiu a idéia de que o Sol não está rigorosamente no plano galáctico, mas um tanto acima (100 pc segundo Mineur, ou de 5 a 10 pc segundo Vaucouleurs e Malik) (Astronomical Society of The Pacific - Leaflet n. 506 - Agosto de 1971).

Contudo, parece plausível aproximarmos o Sol do plano galáctico, atribuindo a maior absorção do hemisfério sul à presença de maior quantidade de matéria interestelar. Seria uma réplica do caso hipotético que imaginamos, quando comentamos a figura 2.

Julgamos viável conduzir uma pesquisa no sentido de verificar tal possibilidade, através das determinações da absorvidade interna (R_{vis}) dos aglomerados abertos. D. Mihalas apresenta, em "Galactic Astronomy", a seguinte tabela, de H. L. Johnson:

	R_{vis}	
h e X Persei3,0	
Orion4,8	(região do Cinturão)
III Cepheus5,4	
Orion5,7	(região da Espada)
NGC 22446,0	
I Ara6,6	

O método de determinação será abordado mais adiante, mas o que interessa ressaltar aqui é que, se os aglomerados abertos de latitudes nega-

tivas apresentarem maiores valores de R_{vis} , ter-se-á encontrado um possível indício de predominância de matéria interestelar no hemisfério sul galático. Por outro lado, não podemos excluir, a priori, a possibilidade de encontrarmos uma dependência entre R_{vis} e as longitudes galáticas.

Ficam aqui propostas, pois, as linhas mais gerais do que virá a constituir o PLANO I deste Projeto. Um trabalho correlato que será sugerido mais abaixo como PLANO II, diz respeito às contagens estelares em determinadas regiões.

Retornando às estrelas, consideremos os diagramas de McCuskey relativos às distribuições estelares no plano galático. (As figuras são extraídas de Mihalas "Galactic Astronomy").

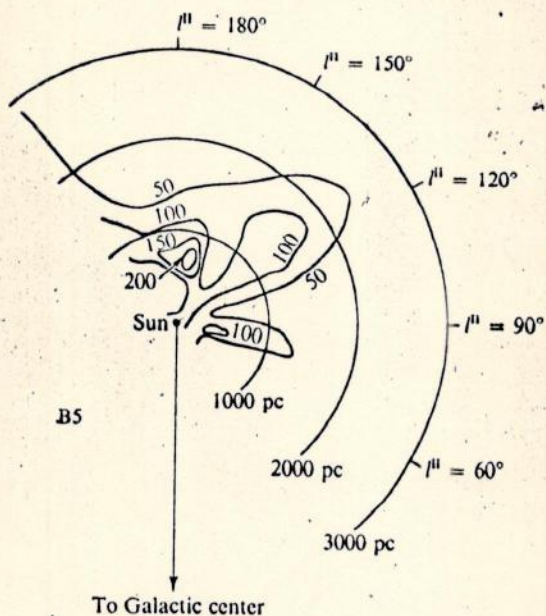


Figura 4

FIG. 4-13. Distribution of B5 stars in the Galactic plane. The curves give lines of equal star density in number of stars per 10^7 pc³. [Adapted from S. W. McCuskey, in A. Blaauw and M. Schmidt (eds.), *Galactic Structure*, Chicago: University of Chicago Press, 1965, chap. 1, by permission.]

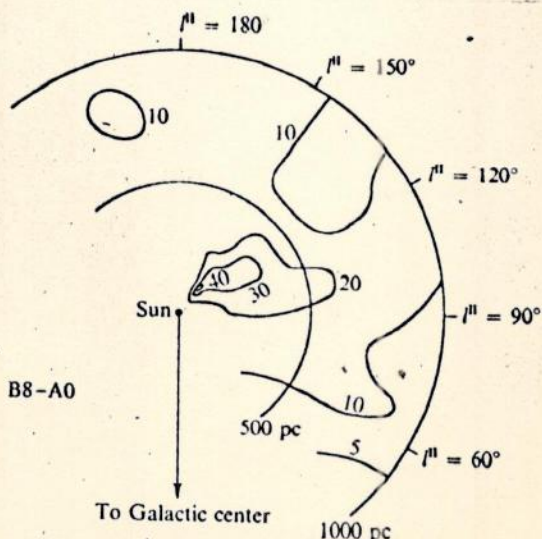


Figura 5

FIG. 4-14. Distribution of B8 to A0 stars in the Galactic plane. The curves give densities in number of stars per 10^5 pc³. [Adapted from S. W. McCuskey, in A. Blaauw and M. Schmidt (eds.), *Galactic Structure*, Chicago: University of Chicago Press, 1965, chap. 1, by permission.]

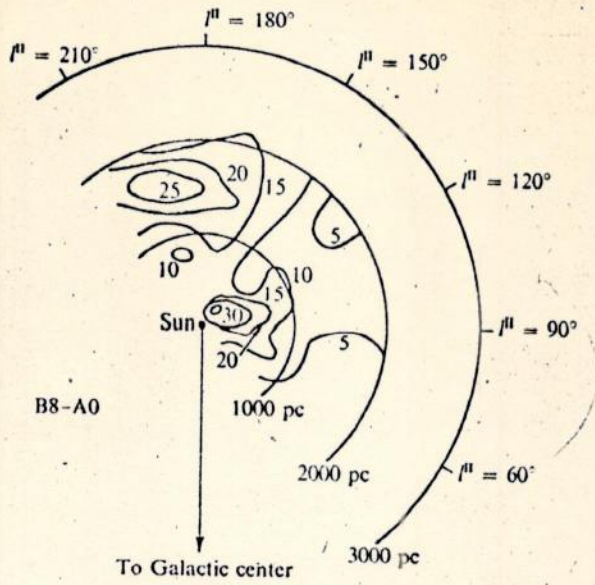


Figura 6

FIG. 4-15. Large-scale distribution of B8 to A0 stars in the Galactic plane. The curves give densities in number of stars per 10^5 pc². [Adapted from S. W. McCuskey, in A. Blaauw and M. Schmidt (eds.), *Galactic Structure*, Chicago: University of Chicago Press, 1965, chap. 1, by permission.]

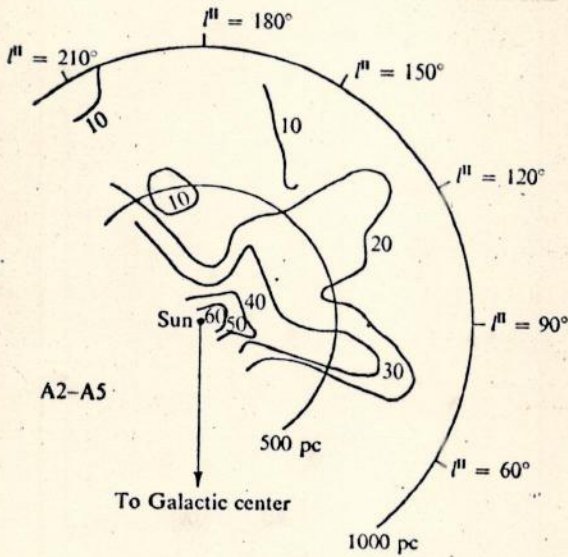


Figura 7

FIG. 4-16. Distribution of A2 to A5 stars in the Galactic plane. The curves give densities in number of stars per 10^5 pc². [Adapted from S. W. McCuskey, in A. Blaauw and M. Schmidt (eds.), *Galactic Structure*, Chicago: University of Chicago Press, 1965, chap. 1, by permission.]

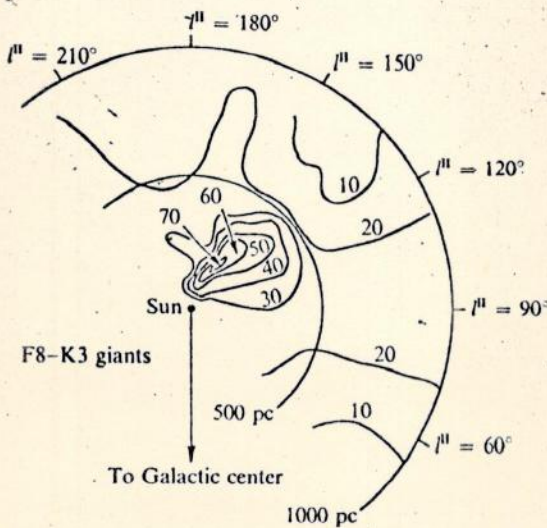


Figura 8

FIG. 4-17. Distribution of G giants in the Galactic plane. The curves give densities in number of stars per 10^5 pc². [Adapted from S. W. McCuskey, in A. Blaauw and M. Schmidt (eds.), *Galactic Structure*, Chicago: University of Chicago Press, 1965, chap. 1, by permission.]

Resultam estes gráficos das análises de densidade estelar, obtidas a partir da determinação dos termos do segundo membro da equação geral

$$\Psi(r, l, b, M, S) dr dM = D_g(r) dr \cdot \phi(M, S) dM$$

onde o primeiro membro representa a densidade espacial e as duas funções do segundo membro são:

$$D_g(r) = \text{Função de Densidade}$$

$$\phi(M, S) = \text{Função de Luminosidade}$$

A função de densidade representa a densidade de estrelas de tipo espectral S (incluindo a classe de luminosidade) e distâncias r; sua unidade é a densidade correspondente nas vizinhanças do Sol.

A função de luminosidade é uma função de distribuição, e fornece o número real de estrelas por parsec cúbico, com magnitudes absolutas M e tipo espectral (incluindo classe de luminosidade) S, nas vizinhanças do Sol.

Determinam-se as densidades através de um processo extremamente laborioso, cujo ponto de partida é uma função que se pode chamar de Função de Contagem Estelar, $A(m, l, b, S)$. Esta contagem é usualmente feita para áreas de um grau quadrado, para as diferentes magnitudes aparentes m e os diferentes tipos S (classificação MK), sendo l e b as coordenadas galáticas do centro de cada área.

Grande parte do laborioso processo deriva da escassez de dados relativos às paralaxes r, a qual obriga a lançar mão de um tratamento estatístico dos movimentos próprios.

A densidade por classe MK é obtida através da equação integral

$$A(m, S) = \omega \int_0^m \phi[m+5-5 \log r - a(r)] D_g(r) r^2 dr$$

onde $D_g(r)$ é a incógnita, e $\phi[m+5-5 \log r - a(r)]$ ou seja, $\phi(M)$ é obtido através da Função de Luminosidade de Van Rhijn (os detalhes de aplicação do método podem ser vistos em Mihalas "Galactic Astronomy" Cap. IV).

A primeira vista, torna-se convidativo completar os diagramas de McCuskey para as longitudes galáticas diametralmente opostas às direções das linhas de igual densidade. Contudo, observando-se mais atentamente o conjunto destas figuras, podemos notar que

- 1) tais diagramas referem-se tão somente ao plano galático;
- 2) em alguns destes diagramas, aparecem deformações muito nítidas, na direção aproximada de $l = 122^\circ$; ora, embora não haja qualquer referência ao fato, esta é a longitude da galáxia de Andrômeda;
- 3) evidentemente as deformações acima podem resultar de mera coincidência, ainda mais se nos lembrarmos da imensa distância a que se situa a galáxia de Andrômeda, mas, em compensa-

ção, as Nuvens de Magalhães estão exatamente nas longitudes para as quais o gráfico está em branco, e, se aqui pudéssemos obter deformações maiores, o fator "coincidência" estaria correndo o risco de uma sumária eliminação.

Daqui nasce o germe do principal plano deste projeto, cujo desenvolvimento será visto adiante. Os diagramas de McCuskey aparecem aqui com funções meramente ilustrativas das deformações ou assimetrias que estávamos enumerando.

III - PLAUSIBILIDADE DAS DEFORMAÇÕES DE ORIGEM EXTERNA

Ao mencionarmos a distorção do disco gasoso, tivemos oportunidade de transcrever um trecho de Lequeux no qual vimos que tal deformação pode ser provocada pela influência gravitacional das Nuvens de Magalhães.

C.C. Lin, do Massachusetts Institute of Technology, um dos autores da famosa Teoria das Ondas de Densidade, comenta que "A. Toomré considerou a possibilidade de que as ondas espirais em nossa galáxia poderiam ser causadas pela passagem da Grande Nuvem de Magalhães" (Sky & Telescope Vol. 42 n. 1 - Julho de 1971).

Bart J. Bok (idem, vol. 39 n. 1 - Janeiro de 1970) refere-se também à sugestão de A. Toomré, dando o detalhe de que a NMG teria passado próximo à Galáxia, cruzando o plano médio desta. Contudo, Bok não dá o seu aval à opinião de Toomré, pois "uma colisão tão violenta destruiria um potencial gravitacional geral de forma espiralada, e provavelmente estrçalharia a própria Nuvem".

Em outro artigo, Bart J. Bok escreve o seguinte (Publications - Astronomical Society of The Pacific Vol. 80 n. 476 - Outubro de 1968): "Em qualquer análise acérca dos modelos de nossa galáxia e dos efeitos gravitacionais, não podemos desprezar a possibilidade de que fôrças externas possam ter considerável influência. Já o trabalho de C. Hunter e A. Toomré, do M.I.T., indica que as Nuvens de Magalhães se movem em órbitas alongadas, em relação ao centro de nossa galáxia, e há seguras indicações de que elas estejam produzindo uma deformação do disco gasoso, nas partes mais externas da Galáxia".

Admitindo-se que as estrêlas tenham origem nas condensações da matéria interestelar, de acôrdo com a opinião predominante, e tendo em vista a aceitação de que o disco gasoso pode ser deformado pelas Nuvens de Magalhães, é lícito supor que, pelo menos nos primórdios de suas existências, as estrêlas possam refletir as deformações dos seus locais de origem. Contudo, como a teoria de Lin e Shu faz ver, as estrêlas se adiantam em relação à matéria interestelar da qual nasceram. Assim, ao que parece, as estrêlas são mais rapidamente homogeneizadas em suas posições

e velocidades, devido, provavelmente, ao campo gravitacional geral da Galáxia.

Mas as estrelas de População I extrema, como é sabido, estão ainda bem próximas dos seus locais de origem, pois a pouca idade que têm ainda não lhes deu tempo de se acomodarem a uma tendência geral de homogeneização. Ora, isto nos traz à mente, de imediato, o Anel de Gould, a que já nos referimos, e esta associação de idéias não parece espúria, pois o Anel é constituído justamente por estrelas muito jovens.

Aproximando os valores já obtidos para as relações entre as massas do núcleo galáctico e das Nuvens,

$$\frac{NVL}{NMG} = 9,88 - 10 \quad \frac{NVL}{NMP} = 61,28 - 60$$

e considerando a massa da galáxia de Andrômeda como o dôbro da massa da Via Láctea, isto é, $4,0 \times 10^{11}$ massas solares (valor adotado pela maioria dos autores), podemos utilizar os dados abaixo

Massa do núcleo: $1,6 \times 10^{11} M_{\odot}$ (80 % da Galáxia)
 Massa do Sol: $1,9 \times 10^{33} g$
 Constante de Gravitação: $G = 6,67 \times 10^{-8} \text{ dina cm}^2 g^{-2}$
 $1 \text{ pc} = 3 \times 10^{18} \text{ cm}$

para obter o seguinte:

Fôrça Sol-Núcleo = $9,6 \times 10^{27}$ dinas
 " " -Andrôm. = $2,2 \times 10^{22}$ "
 " " -NMG = $1,8 \times 10^{23}$ "
 " " -NMP = $2,5 \times 10^{22}$ "

ou seja,

$$\begin{aligned} F_{\text{Núc}} &= 53 \times 10^3 F_{\text{NMG}} \\ &= 34 \times 10^4 F_{\text{NMP}} \\ &= 44 \times 10^4 F_{\text{Andr.}} \end{aligned}$$

Será válido considerar estas três fôrças externas como meros infinitésimos, e, portanto, desprezíveis? Quer nos parecer que não, particularmente a que se refere à NMG, e, principalmente em face do tempo de atuação que é, pelo menos, de alguns bilhões de anos.

Através da Mecânica Celeste, seria possível obter uma primeira aproximação de modelos de órbitas, muito a grosso modo, e independentemente para as quatro massas, isto é, Núcleo, NMG, NMP e Andrômeda. Poder-se-ia incluir modelos simplificados de perturbações, e isto talvez nos pudesse dar uma idéia da variação destas fôrças (em função das distâncias variáveis). Alguns exemplos deste tipo de aproximação grosseira serão dados mais abaixo.

Constitui esta sugestão, o PLANO III do presente projeto, ao qual voltaremos.

Um cálculo aproximado, que também pode justificar assimetrias ou distorções, consiste em comparar as forças exercidas, por exemplo, pela NMG sobre o Sol, com as forças exercidas pela mesma NMG sobre uma estrela idêntica e simétrica em relação ao núcleo, ou seja, uma réplica do Sol, diametralmente oposta a este.

Este cálculo nos informa que a força exercida pela NMG sobre uma massa diametralmente oposta ao Sol é 2,07 vezes maior do que a exercida sobre massa semelhante, na região do Sol. Para a NMP, obteríamos um valor 1,63 vezes maior, em iguais circunstâncias.

É praticamente impossível explorar óticamente as regiões da Galáxia diametralmente opostas ao Sol; o que pretendemos aqui é, tão somente, mostrar a plausibilidade das distorções. E se é possível haver assimetrias como as ora insinuadas, parece razoável supor que estas deformações possam provocar outras assimetrias, também do nosso lado da Galáxia, através de processos de compensação. Talvez o próprio Anel de Gould possa ser o resultado não só de diretas influências externas, mas também, de reajustes internos. Outro tanto talvez se verifique para o apex do Padrão Local de Repouso, ao qual já nos referimos. Existe uma possibilidade de o PLANO III acima mencionado nos fornecer, por dedução, dados teóricos relativos à localização deste apex, os quais poderão ser posteriormente confrontados com os dados observacionais.

IV - ASPECTOS CINEMÁTICOS

Já foi mencionado que o Padrão Local de Repouso cinemático se atraza em relação ao dinâmico. Verifica-se tal atrazo na direção $-\Theta$, conforme a figura abaixo, onde Θ é a direção da velocidade tangencial do PLR em torno do centro galático. Na figura, constam as direções das Nuvens de Magalhães.

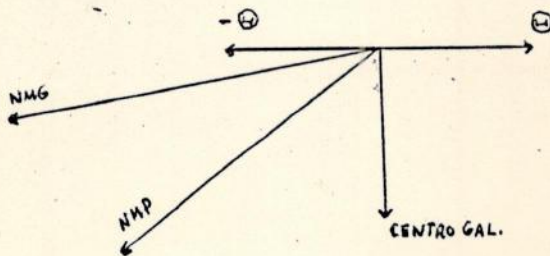


Figura 9

Analisando-se os movimentos próprios, velocidades radiais ou velocidades espaciais das estrelas relativamente próximas, e descontando-se os efeitos do movimento solar, conclui-se que as componentes das velocidades destas estrelas, em relação ao PLR, estão gaussianamente distribuídas sô-

bre as componentes da velocidade do próprio PLR.

Uma vez que, para cada eixo, as distribuições são gaussianas, temos:

$$n(u, v, w) du dv dw = \frac{N}{\pi^{3/2} \sigma_1 \sigma_2 \sigma_3} e^{-\frac{u^2}{\sigma_1^2} - \frac{v^2}{\sigma_2^2} - \frac{w^2}{\sigma_3^2}} du dv dw$$

onde u , v e w são componentes das velocidades sobre um sistema ortogonal de eixos, $n(u, v, w)$ é o número de estrelas com velocidades nos intervalos $(u, u + du)$, $(v, v + dv)$, $(w, w + dw)$ e N é o número total de estrelas contidas no elemento de volume considerado.

De acordo com a expressão da Curva de Gauss, $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ são medidas de dispersão (no caso, velocidades médias quadráticas). Considerando-se o expoente de e , acima, e tendo em vista que

$$\frac{u^2}{\sigma_1^2} + \frac{v^2}{\sigma_2^2} + \frac{w^2}{\sigma_3^2} = 1$$

é a equação de um elipsóide com eixos $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$, a distribuição de velocidades assim obtida é chamada Elipsóide de Velocidades. Esta forma de analisar as velocidades, deve-se a K. Schwarzschild.

Se as velocidades não forem medidas sobre os eixos principais do elipsóide mas sim sobre eixos u', v' e w' , arbitrários em relação aos eixos principais do elipsóide, este pode, então, ser genericamente representado por

$$n(u', v', w') du' dv' dw' = \frac{N}{\pi^{3/2} \sigma_1 \sigma_2 \sigma_3} e^{(\alpha u'^2 + \beta v'^2 + \gamma w'^2 + \delta u'v' + \epsilon v'w' + \zeta u'w')} du' dv' dw'$$

onde os coeficientes $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta$ dependerão de $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ e dos ângulos entre os eixos u', v', w' e u, v, w .

A partir da observação, pode-se deduzir os valores de $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ bem como as direções dos eixos dos elipsóides. O eixo maior, que é o de maior interesse para o nosso caso, é aquele que apresentar a maior dispersão de velocidades, isto é, aquele sobre o qual as projeções dos diversos vetores-velocidade fornecerão a máxima soma de módulos.

Os resultados destas pesquisas indicam que: a) um dos eixos é perpendicular ao plano galático; b) o eixo maior (direção das maiores dispersões de velocidades, como vimos) aponta grosseiramente para o centro galático.

Estudos como este, feitos para cada um dos diversos tipos de estrelas, mostraram que, a rigor, nenhum dos eixos maiores aponta exatamente para o centro da galáxia, e deu-se ao fenômeno a denominação Desvio do Vertex dos Elipsóides de Velocidades.

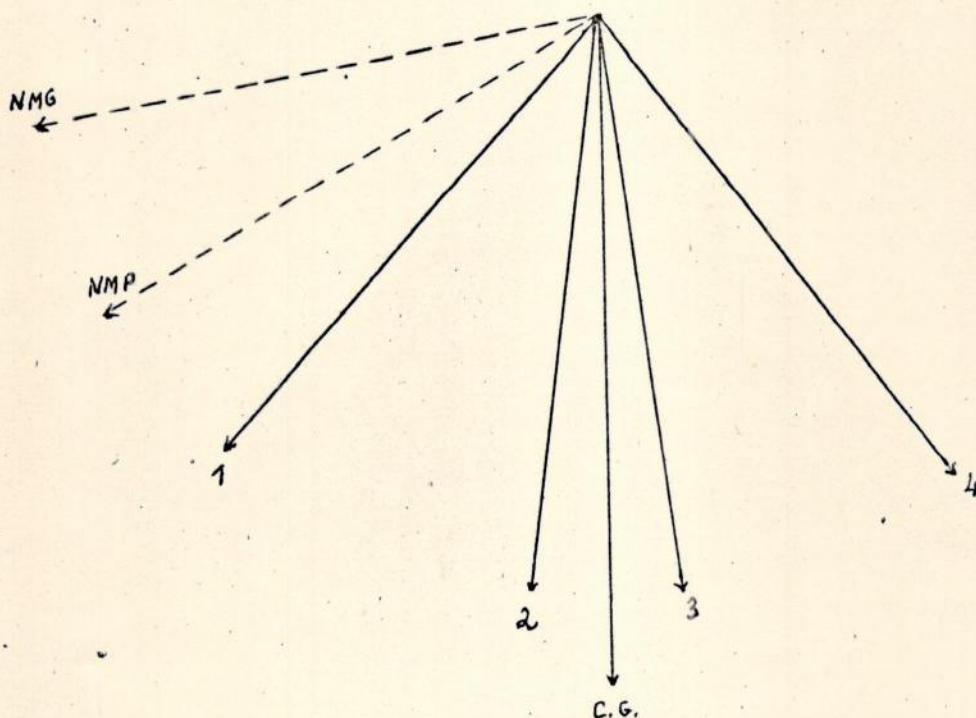
Em linhas gerais, tem se verificado que as estrelas mais jovens movem-se em órbitas praticamente circulares em torno do centro galático, e que as dispersões sobre os eixos π e \oplus são normalmente desiguais (o eixo π é perpendicular a \oplus , isto é, tem a direção Sol-Centro Galático, e é contado positivamente na direção oposta ao Centro).

Contudo, o aspecto mais interessante diz respeito às estrelas O e B, as quais constituem um grupo cinemático bem distinto. As suas dispersões σ_{θ} e σ_{π} são quase iguais, e os desvios de vertex para estas estrelas são muito diferentes dos das demais estrelas, como será visto abaixo.

Novamente somos levados a considerações semelhantes às que já fizemos para as posições, só que, agora, para as velocidades: as estrelas O e B são por demais jovens para terem adquirido uma distribuição de equilíbrio imposta pelo potencial geral da Galáxia.

A partir dos dados de desvios de vertex para os elipsóides de velocidades (Mihalas op. cit. citando como fonte J. Delhaye), podemos construir o diagrama abaixo:

Figura 9



- 1 - Direção do eixo maior do elipsóide para as estrelas O B;
- 2 - Idem para as gigantes M;

Entre as direções 3 e 4 encontram-se os eixos maiores para todas as demais estrelas.

Como vemos, o gráfico parece insinuar mais uma conexão entre as estrelas O B e as Nuvens de Magalhães.

Levando-se em conta as estrelas de altas velocidades, isto é, cujos módulos dos vetores-velocidades são maiores do que 65 km/s (o que exclui as O B, como veremos), o elipsóide não mais serve para descrever as distribuições de velocidades. Nenhuma estrela tem velocidade positiva (i.e. no sentido da rotação galáctica) maior do que a acima, em relação ao PLR, mas as velocidades negativas (direção $-\odot$) ultrapassam 300 km/s em alguns casos.

Segundo Oort, os vetores-velocidade relativos ao PLR podem ser representados da seguinte maneira:

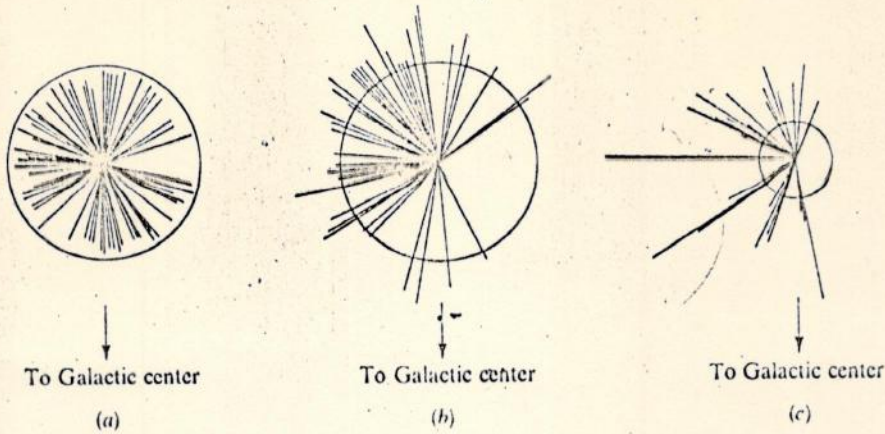


FIG. 7-4. The velocity vectors, relative to the LSR, of stars with (a) $v < 63$ km/sec, (b) $63 \leq v \leq 100$ km/sec, and (c) $v > 100$ km/sec. The circle has a radius of 63 km/sec in each case. (After J. H. Oort, *Kapteyn Astron. Lab. Groningen Publ. 40*, 1926.)

Figura 10

Verifica-se que 93 % das estrelas com velocidade maior do que 63 km/s tem vetores velocidade nas direções entre as longitudes galáticas 160° e 360° , isto é, praticamente todas se atrazam em relação ao PLR, à medida que este gira em tórno do centro galático. (A velocidade tangencial do PLR aponta, evidentemente, para $l = 90^\circ$).

Outra verificação significativa é que as estrelas que têm altas velocidades em relação ao PLR, também apresentam elevadas velocidades no eixo Z, perpendicular ao plano galático. Enquanto que as estrelas normais apresentam velocidades médias quadráticas $\langle Z^2 \rangle^{1/2}$ entre 10 e 20 km/s, o grupo em questão apresenta valores entre 70 e 90 km/s.

Levando em conta as direções ilustradas nos diagramas acima, bem como estas dispersões sôbre o eixo Z, e tendo em vista que as Nuvens de Magalhães estariam também à esquerda, nos referidos diagramas, e que elas não se situam no plano galático, mas abaixo dêle, parece convidativo fazer a aproximação grosseira abaixo, aplicando a Terceira Lei de Kepler:

$$(M_1 + M_2)P^2 = a^3$$

à NMG e ao núcleo galático, sendo as massas expressas em massas solares e a distância em Unidades Astronômicas, e fazendo a aproximação

$$1 \text{ kpc} = 2 \times 10^8 \text{ ua}$$

$$50 \text{ kpc} = 10^{10} \text{ ua}$$

obtendo

$$(1,8 \times 10^{11})P^2 = 10^{30} \quad \therefore \quad P^2 = 5,5 \times 10^{18} \text{ anos}$$

$$P = 2,34 \times 10^9 \text{ anos}$$

Ora, o período do PLR em tórno do centro galático é $2,5 \times 10^8$ anos. Comparando-se os períodos, verificamos que o da NMG é 9,3 vezes maior, ou seja, aproximadamente, 10 vezes maior. Assim, admitindo-se que a NMG girasse no próprio plano galático, enquanto o PLR descrevesse 90° de sua

órbita, a Nuvem giraria apenas 9° . Uma vez que a NMG não está no plano galático e que, portanto, sua órbita seria inclinada em relação ao mesmo, é evidente que a longitude galatocêntrica variaria menos do que 9° dado que aí surge um fator coseno, e, para os fins que ora nos interessam, podemos considerar a Nuvem como estacionária, para obter a seguinte configuração:

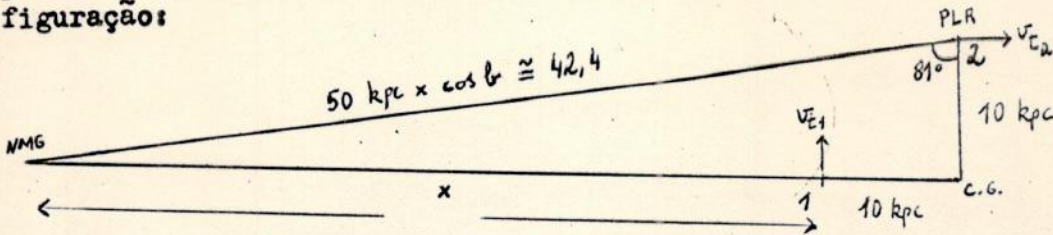


Figura 11

Resolvendo-se o triângulo, obtemos que $x = 42,01 - 10,00 = 32,01$. Comparando-se os quadrados das distâncias 1-NMG e 2-NMG, vemos que

$$\frac{D^2}{d^2} \approx 1,75$$

Deste modo, quando o PLR passou pelo "Perinuvem", teria sofrido uma atração gravitacional aproximadamente 1,75 vezes maior do que a que sofre atualmente.

Considerando-se, no diagrama acima, as velocidades tangenciais v_{t1} e v_{t2} do PLR, e tendo em vista que a NMG desviaria vetores paralelos a v_{t1} alguns graus para a esquerda, a figura parece insinuar a verossimilhança da influência da Nuvem sobre as direções das velocidades de estrelas com v maior do que 100 km/s (ver Fig. 10).

Admitindo-se que o Sol tenha uma idade de cerca de 5 bilhões de anos, verifica-se que ele terá dado talvez 20 voltas em torno do centro galático. Entretanto, as estrelas tidas como mais jovens devem ter uma idade de cerca de 10^6 anos, enquanto que as mais velhas terão, aproximadamente 10^{10} anos. De acordo com a figura anterior, o PLR passou pelo "Perinuvem" a 1/4 de volta, aproximadamente, isto é, a 6×10^7 anos.

Ora, se as mais jovens estrelas O B têm cerca de 10^6 anos, as do PLR ou próximas a ele ainda não existiam, ou estariam, no máximo, nascendo, quando a distância PLR-NMG foi mínima.

Tendo em vista este quadro, consideremos novamente as estrelas de altas velocidades, que são, como vimos, as mais velhas. Das RR Lyrae, 72 % têm altas velocidades, e das anãs M, 47 % são de altas velocidades. Das

K0 a K9, 18 % são de altas velocidades, e das G0 a G9, a porcentagem é de 16 %. Para os restantes tipos, as porcentagens são inferiores a 5,7 % com altas velocidades.

Pode-se concluir, de imediato, que, quanto mais velha a estrela, mais vezes ela deve ter passado pelo "Perinuvem", ou seja, mais vezes ela sofreu o áuge das influências externas.

Assim, vemos que as estrelas jovens parecem fugir de uma distribuição gaussiana em suas localizações, fuga esta que parece não ocorrer quanto às suas velocidades. Com as estrelas velhas, insinua-se um quadro inverso: suas velocidades fogem da distribuição gaussiana, fuga esta que parece não ocorrer quanto às suas localizações.

Observemos agora, mais atentamente, o que vem a ser uma estrela de alta velocidade.

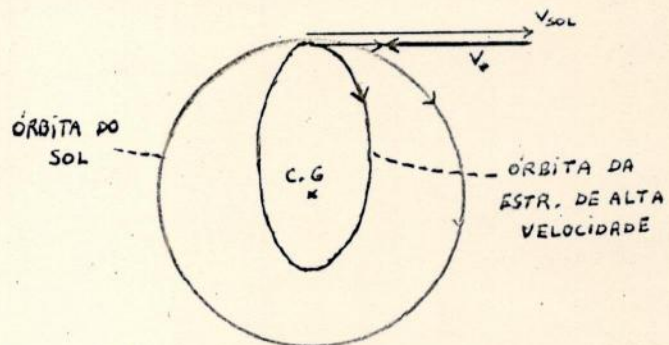


Figura 12

Como a figura indica, a estrela de alta velocidade é aquela cuja velocidade orbital em torno do centro galáctico é muito menor do que a do Sol, o que dá origem ao vetor velocidade v_* . Ora, parece razoável supor que uma estrela próxima do Sol, com massa semelhante à deste (que é aproximadamente média), devesse possuir velocidade orbital da mesma ordem de grandeza. E se não possui, podemos admitir como hipótese, a existência de um mecanismo frenador que, como se vê pela figura, situa-se à esquerda. Estaremos diante de mais uma coincidência?

Em face das considerações acima, parece-nos cabível propor uma pesquisa de caráter eminentemente cinemático, a qual constituiria o PLANO IV deste projeto, e que, em linhas gerais, iria consistir numa análise das velocidades, não apenas para tipos de estrelas, como tem sido feito, mas também para longitudes e latitudes galácticas específicas, estudo este do qual não temos notícia até o momento.

V - ANÁLISE DAS POSIÇÕES

De acordo com o que vimos nos itens anteriores, poucos estudos existem que façam referências a deformações ou assimetrias nas posições das estrelas. Quanto a este aspecto, tivemos oportunidade de nos referir ao Anel de Gould e às curvas de densidade de McCuskey. Passemos a conside-

rar mais atentamente este problema.

Serão estes os dois únicos casos de assimetria que podemos observar òticamente? Quer nos parecer que outros casos poderão se apresentar, desde que possamos ter a mais ampla visão de conjunto possível, e temos a impressão que esta, jamais poderá advir diretamente dos catálogos. Isto porque não estamos empregando o termo visão num sentido metafórico. Referimo-nos a uma visualização efetiva, concreta e espacial; assim, julgamos que os catálogos devem ser convertidos, tanto quanto for possível, em figuras, mapas ou diagramas, de preferência adotando-se coordenadas galácticas.

Já foi dito que os métodos indutivo e dedutivo são tão fundamentais quanto as nossas duas pernas. Contudo, para ciências como a Astronomia e a Física, parece evidente que o método indutivo atinge uma certa supremacia. Discorrendo acêrca de Aristóteles, Sir James Jeans ilustra o fato com excepcional clareza: "Ele escreveu volumosamente sôbre uma ampla faixa de questões físicas, mas seu método era sempre o da dedução, e como suas premissas eram quase que invariavelmente errôneas, assim também o eram as suas conclusões. Quase 2000 anos haveriam de passar antes que os métodos dedutivos de Aristóteles fossem abandonados em favor dos métodos indutivos e, então, o progresso tornou-se rápido" ("The Growth of Physical Science").

Aprofundando-nos um pouco mais nesta direção, vejamos o que Maritain nos diz acêrca da Siples Apreensão: "Conhecer é formar em sí uma idéia, na qual se vê, atinge ou 'apreende' alguma coisa". E adiante: "O ato de concepção ou de simples apreensão é, dêste modo, uma operação primeira que não supõe nenhuma outra operação intelectual antes dela; não constitui naturalmente o nosso primeiro ato de conhecimento (pois supõe antes dêle as operações dos sentidos)" (Lógica Menor).

A segunda operação é, como se sabe, o Juízo, através do qual afirmamos ou negamos, e a terceira é, evidentemente, o raciocínio, que pressupõe os juízos.

Ora, é precisamente dentro desta ordem que nasce, por exemplo, a Estatística, que procura nos levar o mais possível tanto às visualizações, como às induções. E é exatamente isto que nos conduz a afirmar: os catálogos estelares, particularmente para quem deseja estudar a Galáxia como um todo, devem ser tanto quanto possível transformados em algo que atinja diretamente o sentido da visão, i. e., em gráficos, figuras, diagramas, etc., para que o conjunto de pontos, ou de setas, torne-se prontamente objeto de uma simples apreensão, a qual poderá conter, até mesmo, e de relance, conotações indutivas.

Dentro da tônica desta visualização astronômica, acreditamos que a

eficiência será tanto maior quanto mais pudermos aplicar os métodos da Geometria Descritiva, ciência que foi criada justamente para permitir visualizações. Como escrevem N. Krylov, P. Lobandiyevsky e S. Men, "Geometria Descritiva é um ramo da geometria no qual as formas espaciais dos objetos são representadas num plano.

"Os objetivos básicos da geometria descritiva são:

- 1 - o estudo dos vários métodos de representar figuras tri-dimensionais num plano;
- 2 - a investigação das propriedades geométricas de figuras e sólidos com base em imagens dadas".

E mais adiante: "O estudo da geometria descritiva constitui um grande auxílio para que se possa desenvolver uma visualização tri-dimensional, bem como o hábito de um raciocínio lógico correto".

Como vimos anteriormente, os diagramas de McCuskey representam densidades estelares no plano galático. É uma forma de mapeamento galático, sem dúvida, mas a Descritiva permite fazer alguns mapeamentos espaciais, não só para as estrélas, como para aglomerados abertos, globulares, nuvens de Hidrogênio, etc. Um desenvolvimento neste setor poderia resultar numa espécie de Topografia Galática.

O método mais simples que poderá nos dar uma idéia das distribuições espaciais consiste na apresentação de três projeções sôbre três planos perpendiculares entre sí, os quais podem ser designados como Plano Horizontal, Plano Vertical e Plano de Perfil, conforme a figura abaixo, onde apresentamos as projeções de uma reta AB.

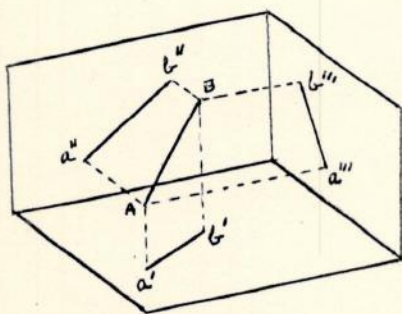


Figura 13

Para fazermos algo de semelhante em relação a um objeto celeste, torna-se evidente que precisamos ter a sua localização no espaço, isto é, precisamos conhecer suas coordenadas esféricas e sua paralaxe ou distância. No caso de um mapeamento galático, interessam-nos, como é claro, as coordenadas galáticas.

Tomando-se como Plano Horizontal um plano paralelo ao plano galático, podemos esquematizar a construção das projeções de um objeto S da maneira exposta a seguir:

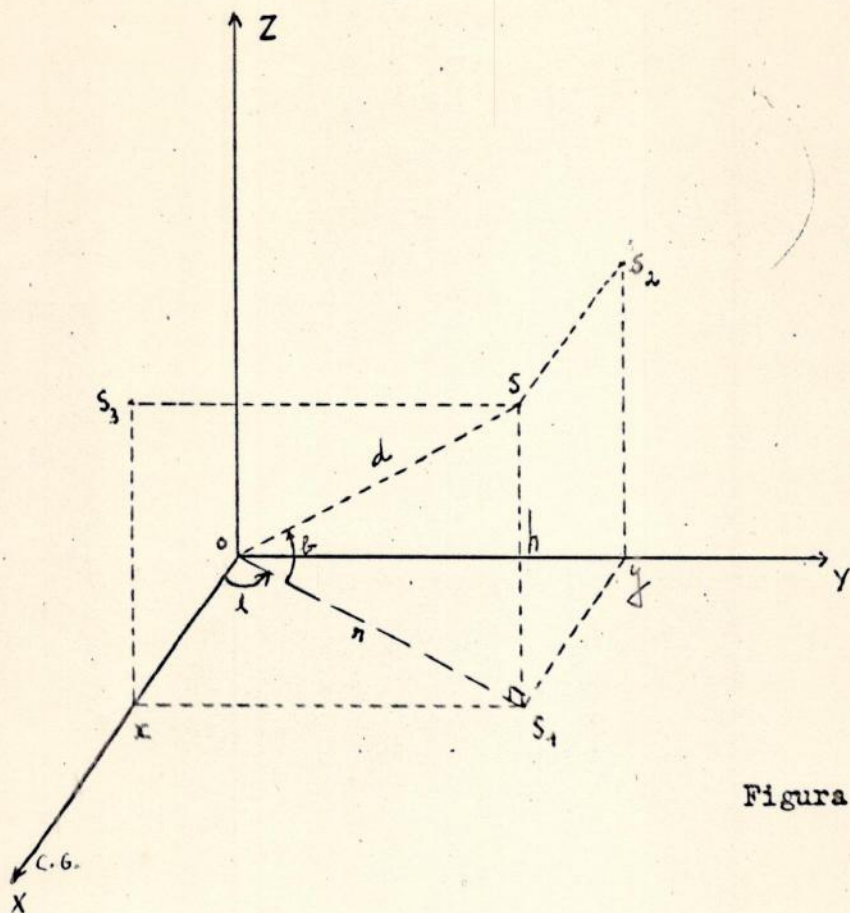


Figura 14

- O representa o Sol, e o plano horizontal XY é o plano galáctico;
- OX é tomado como direção do centro galáctico e, portanto, o ângulo l representa a longitude galáctica de S; o ângulo b é a elevação acima do plano galáctico, ou seja, é a latitude galáctica;
- d é a distância de S ao Sol;
- S₁ é a projeção ortogonal de S sobre o plano galáctico (ou sobre o horizontal, sendo OS₁ = r = d cos b ;
- a coordenada z é, evidentemente, igual a S₁S = h = xS₃ = yS₂ e pode ser obtida pelo triângulo retângulo OS₁S, através do Teorema de Pitágoras; assim, h é comum às projeções sobre os planos XZ e YZ;
- a coordenada x é comum aos planos XY e XZ, e a coordenada y é comum aos planos XY e YZ;
- S₂ e S₃ são as projeções de S sobre os planos YZ e XZ, respectivamente.

O mais é apenas questão de convencionar qual destes dois últimos planos será chamado Vertical, e qual o de Perfil, restando somente cuidar da obtenção de uma escala apropriada.

A título de exemplo, anexamos ao presente uma construção feita para 95 aglomerados globulares (dados extraídos de Atlas Coeli 1950 A. Becvar).

A elaboração de mapeamentos semelhantes constitui o PLANO V do presente projeto.

VI - CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PLANOS DE PESQUISA

PLANO I - Obtenção da Absortividade Interna de Aglomerados Abertos
 Objetivo: Verificar se o valor desta absortividade é maior para latitudes galáticas negativas (embora este tipo de objeto se situe sempre muito próximo ao plano galático) e para determinadas longitudes galáticas. No caso afirmativo, obter-se-á um razoável indício de que o hemisfério sul galático é mais rico em matéria interestelar, o que poderá ser provocado pela influência das Nuvens de Magalhães. É possível, também, que venhamos a obter alguma correlação entre localizações específicas e níveis de absortividade.

Método: Empregando o sistema fotométrico UBV, chamamos as diferenças de magnitude (B - V) e (U - B) de índices de côr. Para as estrelas cujas luminosidades não são sujeitas à absorção interestelar, existem tabelas de valores correlacionando os índices de côr e os tipos MK (por exemplo, em Mihalas, op. cit. pg. 34).

Quando o Índice de côr observado de uma determinada estrela não coincide com o valor que deveria ter, de acordo com a tabela, temos então uma diferença entre o IC observado e o IC intrínseco

$$E = (IC)_{obs} - (IC)_{intr}$$

o que define o Excesso de Côr E. Assim,

$$E(B - V) = (B - V)_{obs} - (B - V)_{intr}$$

$$E(U - B) = (U - B)_{obs} - (U - B)_{intr}$$

Chamando de A_{vis} a absorção total visual expressa em magnitudes, é evidente que esta será proporcional ao Excesso de Côr $E(B - V)$, ou seja

$$A_{vis} \propto E(B - V) \quad A_{vis} = R_{vis} E(B - V)$$

ondê R_{vis} é uma constante de proporcionalidade. Assim,

$$R_{vis} = \frac{A_{vis}}{E(B - V)}$$

sendo, portanto, adimensional e independente da espessura ótica.

Chamando M_{vis} a magnitude absoluta visual e V a magnitude obtida pelo filtro V que corresponde ao visual, e levando em conta que podemos considerar as estrelas de um aglomerado como estando tôdas à mesma distância de nós, torna-se claro que a diferença $V - M_{vis}$ deveria ser constante, de vez que a espessura ótica pode ser considerada comum, e que as estrelas do aglomerado se distribuem num campo angular reduzido.

Contudo, a observação nos mostra que, para cada estrela do aglomerado, $V - M_{vis}$ não é constante, o que é explicado pela absorção interna ao próprio aglomerado.

Dêste modo, designando por C uma absorção constante oriunda da matéria interestelar entre o aglomerado e o Sol, teremos:

$$V - M_{\text{vis}} = C + A_{\text{vis}}$$

sendo A_{vis} a absorção interna do aglomerado, e, assim,

$$V - M_{\text{vis}} = C + R_{\text{vis}} E(B - V)$$

Mas, como vimos,

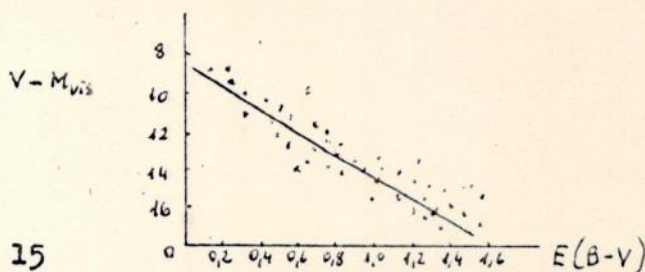
$$E(B - V) = (B - V)_{\text{obs}} - (B - V)_{\text{intr}}$$

Através da tabela, e com o emprêgo de diagramas HR teóricos ou diagramas de cor-magnitude, a classificação MK da estrela nos fornece M_{vis} e também $(B - V)_{\text{intr}}$. A observação nos fornece $(B - V)_{\text{obs}}$, de modo que assim obtemos $E(B - V)$.

Ainda a observação fornece V , o que nos dá $V - M_{\text{vis}}$; ora, a equação

$$V - M_{\text{vis}} = C + R_{\text{vis}} E(B - V)$$

é da forma $y = a + bx$ onde b é o coeficiente angular. Construindo-se um gráfico de $V - M_{\text{vis}}$ contra $E(B - V)$ com os pontos relativos a cada estrela do aglomerado, obtemos uma figura como a seguinte



onde a inclinação da reta ajustante fornece a absorvidade interna R_{vis} do aglomerado aberto.

PLANO II - Contagens estelares nas direções próximas ao Polo Sul Galático.

Objetivo: comparar com as contagens na direção do Polo Norte Galático. Caso as contagens aqui propostas venham a revelar maiores valores que as correspondentes norte, o fato poderia ser considerado como mais um indício de maior quantidade de matéria no hemisfério sul galático.

Método: a maioria das contagens na direção norte tem sido feita até a magnitude aparente $m = 16$, e unicamente em placas fotográficas. A exequibilidade deste plano dependerá da magnitude aparente limite que poderá ser obtida na Estação de Montanha do Observatório do Valongo, bem como da obtenção de tabelas até a mesma magnitude limite, para possibilitar um confronto adequado. Podemos salientar que o polo sul galático situa-se em AR = 00 h 49 m e DEC = $-27^{\circ} 24'$, próximo à estrela Alfa Sculptor, ¹⁵perfeitamente visível de Setembro a Fevereiro de cada ano.

PLANO III - Aproximações obtidas pela aplicação dos princípios da Mecânica Celeste ao PLR, Nuvens de Magalhães e Núcleo Galáctico.

Objetivo: Verificar a razoabilidade ou não de as assimetrias posicionais e cinemáticas conhecidas serem, possivelmente, resultantes de influências gravitacionais das Nuvens de Magalhães.

Método: Este plano poderá ser desenvolvido através de múltiplas linhas de pesquisa, como as sugeridas em itens anteriores d'êste trabalho, incluindo aperfeiçoamentos nos próprios exemplos citados, tais como aplicações da teoria das perturbações.

PLANO IV - Estudo estatístico de correlação entre características cinemáticas, tipos espectrais e coordenadas galácticas.

Objetivo: verificar se existem ou não tais correlações, ou se, no caso afirmativo, a interdependência será mais ou menos estreita em determinadas localizações.

Método: êste plano poderá, igualmente, conter várias linhas de pesquisa, e depende fundamentalmente de catálogos de movimentos próprios que contenham dados sôbre estrêlas com declinações negativas. Os aspectos teóricos poderão conter estudos sôbre as soluções da Equação de Transporte de Boltzmann. Quaisquer que sejam as linhas de pesquisa adotadas, os passos iniciais serão plotagens de movimentos espaciais e movimentos próprios em longitude e latitude galácticas, contra as próprias coordenadas galácticas.

PLANO V - Mapeamento espacial ou topográfico através das projeções em três planos, de estrêlas de diversos tipos, aglomerados e outros objetos. É importante assinalar que êste método da Geometria Descritiva poderá ser aplicado não só aos objetos, mas também aos próprios vetores representativos das velocidades.

Objetivos: já foram suficientemente explanados, de vez que êste é o plano geral mais importante do presente trabalho, e, portanto, o que recebeu maior ênfase.

Método: além das três projeções já consideradas, poderão ser aplicados diversos métodos da Descritiva além d'êstes, como rotações, rebatimentos, projeções em verdadeira grandeza, e outros mais.

Já foram mencionados os gráficos anexos, a título de exemplo, feitos para os aglomerados globulares. Façamos, neste ponto, alguns comentários sôbre os mesmos.

Em cada um d'êles, eixos X e Y encontram-se assinalados, apenas com a finalidade de se identificar os aglomerados, de acôrdo com as coordenadas em anexo.

Adotando-se os eixos Θ , π , Z conforme a figura seguinte,

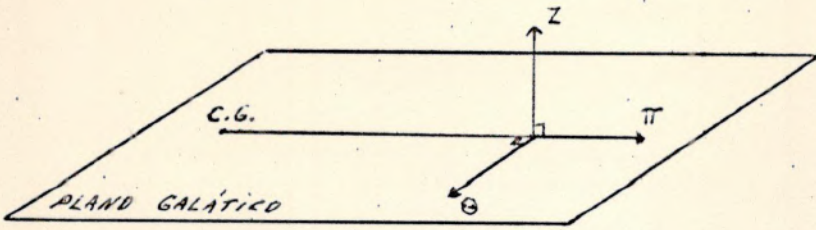
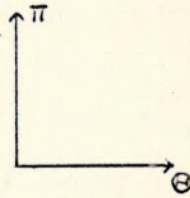


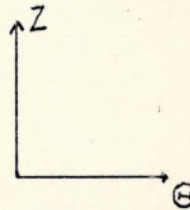
Figura 16

teremos a seguinte correspondência:

Plano Horizontal:



Plano Vertical:



Plano de Perfil:

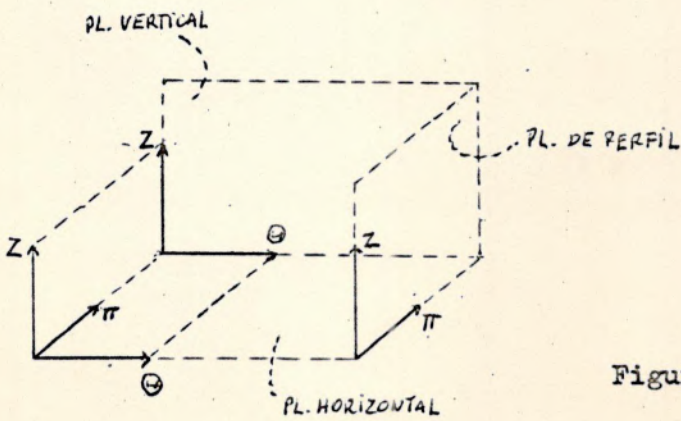
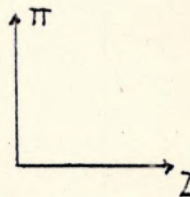


Figura 17

Quer nos parecer que este simples exemplo revela um futuro promissor para a aplicação da Geometria Descritiva aos problemas galáticos, uma vez que os gráficos insinuam dois aspectos que, se confirmados, poderão adquirir grande importância. Um deles é que a distribuição dos 95 aglomerados globulares (o que é uma "amostra" de cerca de 50 %) é mais cilíndrica do que esférica. Outro aspecto é que as Nuvens de Magalhães parecem, de fato, exercer uma certa influência na disposição dos aglomerados.

Quanto ao primeiro aspecto, é interessante assinalar que: 1) o eixo do cilindro se situa aproximadamente na direção Sol-Centro Galático; 2) a grande maioria dos aglomerados fica bastante próxima do plano galático. Ora, é justamente no plano galático, e particularmente na direção do centro, que a absorção estelar mais se faz sentir, de modo que o resultado obtido é bastante surpreendente - não só quanto ao fato de ser cilíndrica a distribuição, como também quanto à orientação do eixo e à exiguidade do raio deste cilindro.

No que diz respeito ao segundo aspecto, cumpre salientar que os aglomerados globulares constituem o que se poderia qualificar de População II extrema, isto é, incluem-se entre os mais antigos objetos formados na Galáxia. Deveria o longo período de suas existências lhes ter imposto a distribuição mais gaussiana possível?

COORDENADAS X Y DOS AGLOMERADOS

EM CADA UMA DAS PROJEÇÕES

	Plano Horizontal		Plano Vertical		Plano de Perfil	
	x	y	x	y	x	y
NGC 2419	00,95	38,00	00,95	38,10	45,60	38,00
7006	55,20	15,40	55,20	11,20	19,20	15,40
6533	30,10	27,00	30,10	22,50	30,00	27,00
6539	30,60	26,90	30,60	22,50	30,00	26,90
104	27,90	26,10	27,90	20,00	28,00	26,10
288	29,85	27,70	29,85	16,20	23,70	27,70
362	26,30	25,40	26,30	18,00	25,40	25,40
1261	20,95	27,80	20,95	11,20	18,80	27,80
1851	28,95	34,25	28,95	27,20	34,75	34,25
1904	24,35	25,80	24,35	19,45	26,95	25,80
2298	16,20	33,65	16,20	18,70	26,20	33,65
2808	26,15	26,65	26,15	21,75	29,25	26,65
3201	27,85	28,40	27,85	22,65	29,85	28,40
4147	27,50	22,55	27,50	35,20	32,70	22,55
4372	27,45	25,95	27,45	21,95	29,50	25,95
4590	25,75	25,65	27,75	25,90	33,40	25,65
4833	27,80	26,10	27,80	22,00	29,50	26,10
5024	29,95	25,50	29,95	32,20	39,70	25,50
5053	29,85	27,00	29,85	29,75	37,25	27,00
5139	28,15	26,00	28,15	23,80	31,30	26,00
5272	35,55	29,20	35,55	26,10	33,60	29,20
5286	25,80	23,65	25,80	23,55	31,05	23,65
5466	31,45	25,80	31,45	29,35	36,85	25,80
5634	39,25	21,40	39,25	25,30	32,80	21,40
5694	21,50	11,30	21,50	41,40	48,90	11,30
I 4489	29,50	19,05	29,50	19,35	26,85	19,05
NGC 5824	20,40	08,35	20,40	30,80	38,30	08,35
5897	28,35	21,70	28,35	25,70	33,30	21,70
5904	32,00	24,60	32,00	26,30	33,80	24,60
5927	29,20	26,20	29,20	22,90	30,40	26,20
5946	29,10	26,30	29,10	22,65	30,10	26,30
5986	27,50	21,25	27,50	23,95	31,45	21,25
6093	29,40	22,35	29,40	24,20	31,70	22,35
6101	30,90	24,00	30,90	21,50	29,00	24,00
6121	29,80	26,40	29,80	22,80	30,30	26,40
6139	28,80	21,20	28,80	23,10	30,60	21,20
6144	29,35	22,75	29,35	23,70	31,20	22,75
6171	30,05	26,15	30,05	23,10	30,60	26,15
6205	32,70	27,10	32,70	24,60	32,10	27,10
6218	30,70	24,95	30,70	23,70	31,20	24,95
6229	39,30	24,65	39,30	30,40	37,80	24,65
6235	29,95	19,80	29,95	24,10	31,60	19,80
6254	30,60	25,30	30,60	23,40	30,90	25,30
6266	29,60	24,10	29,60	22,90	30,40	24,10
6273	29,85	24,10	29,85	22,90	30,45	24,10
6284	29,90	19,30	29,90	23,70	31,20	19,30
6287	30,05	23,25	30,05	23,20	30,70	23,25
6293	29,70	20,80	29,70	23,25	30,75	20,80
6304	29,80	24,60	29,80	22,65	30,15	24,60
6316	29,75	21,70	29,75	22,90	30,40	21,70
6325	30,20	19,70	30,20	23,40	30,90	19,70
6333	30,35	23,60	30,35	23,10	30,60	23,60
6341	34,20	25,80	34,20	25,50	33,00	25,80

NGC 6342	30,55	22,60	30,55	23,30	30,80	22,60
6352	29,40	25,60	29,40	22,20	29,70	25,60
6356	30,60	22,30	30,60	23,35	30,75	22,30
6362	28,10	24,80	28,10	21,40	28,90	24,80
6366	30,30	26,50	30,30	22,80	30,30	26,50
6388	28,50	21,40	28,50	21,60	29,10	21,40
6397	29,50	26,70	29,50	22,25	29,75	26,70
6402	31,30	24,30	31,30	23,30	29,20	24,30
6426	35,70	16,90	35,70	25,55	26,95	16,90
6440	30,25	25,35	30,25	22,50	30,00	25,35
6441	29,60	23,20	29,60	23,00	29,50	23,20
6453	29,20	16,70	29,20	21,45	28,95	16,70
6496	29,40	24,70	29,40	21,90	29,40	24,70
6517	31,50	23,30	31,50	22,90	30,40	23,30
6522	30,10	23,00	30,10	23,00	30,50	23,00
6528	30,05	23,90	30,05	22,10	29,60	23,90
6535	33,30	21,10	33,30	23,60	31,10	21,10
6541	29,65	25,55	29,65	22,05	29,55	25,55
6569	30,05	24,90	30,05	22,95	29,50	24,90
6584	28,10	21,80	28,10	20,60	28,10	21,80
6624	30,30	21,30	30,30	21,40	28,95	21,30
6626	30,25	25,25	30,25	22,20	29,70	25,25
6638	30,90	20,80	30,90	21,40	28,90	20,80
6637	30,05	24,05	30,05	21,75	29,25	24,05
6652	30,15	19,90	30,15	20,70	28,20	19,90
6656	30,25	26,05	30,25	22,25	29,75	26,05
6681	30,00	26,15	30,00	12,60	20,10	26,15
6712	31,30	24,80	31,30	22,15	29,65	24,80
6715	30,50	22,10	30,50	20,50	28,00	22,10
6723	30,00	22,80	30,00	20,90	28,40	22,80
6752	28,90	24,90	28,90	21,10	28,60	24,90
6760	30,60	26,70	30,60	22,40	29,90	26,70
6779	36,10	24,40	36,10	23,20	30,70	24,40
6809	30,40	24,90	30,40	21,30	28,80	24,90
6838	30,95	25,20	30,95	21,40	28,90	25,20
6864	33,70	17,60	33,70	17,00	24,50	17,60
6934	36,20	22,85	36,20	19,60	27,10	22,85
6981	34,30	21,40	34,30	17,50	25,00	21,40
7078	35,95	24,70	35,95	18,80	26,30	24,70
7089	35,10	23,85	35,10	17,70	25,20	23,85
7099	31,80	23,80	31,80	17,80	25,30	23,80
7492	34,90	24,10	34,90	09,40	16,90	24,10

O Sol e o Centro Galático estão com suas coordenadas assinaladas. Os círculos maior e menor representam, respectivamente, as Nuvens de Magalhães Grande e Pequena, sendo que os raios destes círculos correspondem aproximadamente às suas dimensões reais na escala, com base nos seus diâmetros angulares aparentes, apenas sendo presumido um formato esférico para cada Nuvem.

As fotografias que constituem as figuras 1, 2 e 3 são ampliações de diapositivos obtidos pelos Observatórios Hale (Monte Wilson e Monte Palomar).

A figura 1 é a galáxia M 51 da constelação Cães de Caça; a figura 2 é uma das galáxias de um grupo em Leão, e a figura 3 é uma de um grupo de galáxias em Hércules.
