

Doações: curso de pós-graduação em física da UFRGS
R\$ 600,00

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA

METALICIDADE DO SISTEMA DE
AGLOMERADOS GLOBULARES E
EVOLUÇÃO QUÍMICA INICIAL DA GALÁXIA

EDUARDO LUIZ DAMIANI BICA

FT 98.20.9 (Pos.)
Agglomerados Globulares

Dissertação realizada sob a orientação da Dra. Miriani Griselda Pastoriza, apresentada ao Instituto de Física da UFRGS em preenchimento parcial aos 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
1982

11218

FT98.20.G
B583M

FIS

1995/264118-6

1982/08/10

2230

Opn: 2230

FT 98.20.G

B583m

INSTITUTO DE FISICA
BIBLIOTECA
Exp. N. 11.218
Fech. Alta. 10/08/82

AGRADEÇO A

Miriani Griselda Pastoriza e Horacio Alberto Dottori, pelo apoio.
todo o Grupo de Astronomia, pela colaboração.

Guilherme Bittencourt, pela assistência computacional.

Marco, pela diligência na datilografia.

DEDICO A

Meus Pais

R E S U M O

Fotometria integrada de 91 aglomerados globulares galácticos foi feita com os filtros B e V do sistema UBV e 41, 42, 45 e 48 do sistema DDO. Foi desenvolvido um método para determinação de $E(B-V)$. O índice de cor intrínseco $C(42-45)_0$, o qual mede a intensidade da banda G do CH, foi calibrado com $[Fe/H]$ na nova escala de abundância metálica. As abundâncias $[Fe/H]$ foram obtidas para os 91 aglomerados globulares observados. A análise da metalicidade dos aglomerados globulares em função da distribuição espacial mostrou que o gradiente de metalicidade entre os halos interno e externo persiste na nova escala. Há evidências de gradiente dentro destas regiões. O volume ocupado pelos aglomerados globulares decresce com o aumento da metalicidade, sendo que o grupo mais rico em metais forma um sistema discoidal de 16×6 Kpc, cujo grau de achatamento tende a crescer com o aumento da metalicidade. A forma discreta da função metalicidade do sistema de aglomerados globulares sugere formação de estrelas no Halo em sucessivas etapas ativas e inibidas. A comparação com modelos de evolução química do Halo e a distribuição espacial dos aglomerados sugerem três fases na formação do Halo: colapso em queda livre, atenuação do colapso pela pressão do gás e início do desenvolvimento do disco.

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry should be supported by a valid receipt or invoice. This ensures transparency and allows for easy verification of the data.

In the second section, the author details the various methods used to collect and analyze the data. This includes both primary and secondary research techniques. The primary research involved direct observation and interviews with key stakeholders, while secondary research focused on reviewing existing literature and reports.

The third section presents the findings of the study. It highlights several key trends and patterns observed in the data. For example, there was a significant increase in the use of digital services over the period studied. Additionally, the data suggests that customer satisfaction is closely linked to the quality of service provided.

Finally, the document concludes with a series of recommendations for future research and practical applications. It suggests that further studies should explore the long-term effects of these trends and investigate ways to improve service quality based on the findings.

A B S T R A C T

Integrated photometry of 91 galactic globular clusters was carried out with filters Band V of the UBV system and 41, 42, 45 and 48 of the DDO System. A method to determine $E(B-V)$ was developed. The intrinsic color index $C(42-45)_0$, which measures the G band of CH intensity, was calibrated with $[Fe/H]$ in the new metal abundance scale. The $[Fe/H]$ abundances were obtained for the 91 observed globular clusters. The analysis of globular clusters metallicity as a function of spatial distribution showed that the metallicity gradient between the inner and outer halos persists in the new scale. There is evidence of gradients within these regions. The volume occupied by the globular clusters decreases with increasing metal abundance, the metal richest group forming a 16 x 6 Kpc discoidal system whose degree of flattening tends to increase with increasing metal abundance. The discrete shape of the globular cluster system metallicity function suggests that star formation in the halo proceeded in successive active and inhibited stages. Comparison with models of chemical evolution in the halo and the spatial distribution suggest three phases in the halo formation: free-fall collapse, collapse attenuation by gas pressure and beginning of disk development.

I N D I C E

I. INTRODUÇÃO	1
1.1 - O Sistema de Aglomerados Globulares da Galáxia	1
1.2 - A Abundância Metálica dos Aglomerados Globulares	3
1.3 - Os Sistemas Fotométricos UBV e DDO	9
1.4 - A Metalicidade em Função da Distribuição Espacial	10
1.5 - Modelos de Formação e Evolução Química Inicial da Galáxia	12
1.6 - Objetivos deste Trabalho	14
II. AS OBSERVAÇÕES E A REDUÇÃO DOS DADOS	16
2.1 - O Equipamento	16
2.2 - O Procedimento nas Observações	17
2.3 - A Redução dos Dados	18
2.4 - Os Resultados das Observações	22
III. O AVERMELHAMENTO INTERESTELAR	24
3.1 - Determinações Existentes	24
3.2 - Método para Determinação de $E(B-V)$	27
3.3 - As Magnitudes e Cores Intrínsecas	30
IV. A DETERMINAÇÃO DA ABUNDÂNCIA METÁLICA	32
4.1 - A Sensibilidade de $C(42-45)_0$ à Metalicidade	32

4.2 - A Calibração $C(42-45)_0$ vs $[Fe/H]$ na Nova Escala	35
4.3 - As Abundâncias $[Fe/H]$ Resultantes para 91 Aglomerados	36
4.4 - $[Fe/H]$ de 12 Aglomerados Globulares Agregados à Amostra.....	37
V. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	39
5.1 - A Distribuição Espacial dos Aglomerados Globulares	39
5.2 - Estimativa do número total de Aglomerados Globulares na Galáxia	42
5.3 - A Função Metalicidade dos Aglomerados Globulares	44
5.4 - A Metalicidade em função da Distribuição Espacial	47
5.5 - Comparação com o Modelo Simples de uma Zona	50
VI. CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS	58
TABELAS	61
FIGURAS	79
APENDICE	101
ADENDA - Outro Método para Estimar o Número Total de Aglomerados Globulares na Galáxia	120

I. INTRODUÇÃO

1.1 - O Sistema de Aglomerados Globulares da Galáxia

O termo aglomerado globular foi inicialmente utilizado para designar aglomerados ricos em estrelas com simetria aproximadamente esférica. Quando os mais próximos começaram a ser estudados, foi constatado que eles possuem tipos de estrelas muito característicos: as estrelas brilhantes são vermelhas e alguns aglomerados contêm estrelas variáveis RR Lyrae. A construção de diagramas HR a partir da década de 50 mostrou que os aglomerados globulares da Galáxia apresentam sistematicamente duas características: ramo de estrelas gigantes vermelhas e ramo horizontal. Assim, na Galáxia, o termo aglomerado globular passou também a designar aglomerados que apresentam este tipo particular de diagrama HR.

O estudo de aglomerados globulares foi fundamental no desenvolvimento da escala de distâncias, estrutura galáctica e evolução estelar. Em 1944, Baade definiu os aglomerados globulares como protótipos de População II. Evidências observacionais e teóricas a partir desta época estabeleceram conclusivamente que os siste-

mas estelares de População II são remanescentes das primeiras gerações de estrelas no Universo. Consequentemente, a determinação de abundâncias de elementos químicos, idades e propriedades cinemáticas dos aglomerados globulares são de particular importância no estudo da origem da Galáxia e dos primeiros estágios de sua evolução.

As mais recentes compilações de dados fundamentais dos aglomerados globulares foram feitas por Harris e Racine (1979) e Alcaino (1979a). Estes trabalhos fornecem coordenadas, parâmetros estruturais, magnitudes e cores integradas, parâmetros de metalicidade, parâmetros cinemáticos e referências à literatura.

Existem 132 aglomerados globulares galácticos catalogados. Este número não é o total existente porque muitos objetos de baixa latitude galáctica, principalmente na direção do Centro da Galáxia, são obscurecidos pelo pó interestelar e também porque o hemisfério sul não foi ainda completamente explorado na procura de aglomerados globulares esparsos e de baixo brilho superficial. Harris (1976) estimou que o número total seja ≈ 200 .

Os aglomerados globulares se distribuem através do Halo de forma aproximadamente esférica e o número de aglomerados por unidade de volume cresce em direção ao centro. As propriedades cinemáticas do sistema de aglomerados globulares têm sido um problema controverso. Isto se deve ao fato de que apenas quatro parâ

metros cinemáticos (vetor posição e velocidade radial) podem ser obtidos diretamente das observações, enquanto a solução completa da órbita de um aglomerado necessita 6 parâmetros cinemáticos e mais a forma do potencial no qual o aglomerado se move. Conseqüentemente, o problema só pode ser tratado estatisticamente. Harris e Racine (1979) concluem que uma órbita típica possui excentricidade $e \approx 0.6$, contrariamente aos trabalhos pioneiros como Eggen et al. (1962) que sugeriam órbitas extremamente excêntricas. Frenk e White (1980) também rejeitam conclusivamente órbitas predominantemente radiais.

1.2 - A Abundância Metálica dos Aglomerados Globulares

Aqui metais são todos os elementos mais pesados do que o Hélio e a fração da abundância de metais em massa é chamada Z. Porém, utilizaremos como índice de metalicidade a abundância de Ferro relativa ao Hidrogênio referida à abundância solar:

$$[Fe/H] = \log (Fe/H) - \log (Fe/H)_{\odot}$$

Fotometria fotoelétrica de banda larga e espectroscopia de baixa resolução em estrelas individuais de aglomerados globulares foram iniciadas na década de 50. Destas observações foram desenvolvidas técnicas de

determinação de abundância metálica. Estas técnicas se baseiam no fato de que no espectro de estrelas F, G e K os elementos pesados são os principais responsáveis pelas linhas de absorção que, por sua vez, são mais numerosas e intensas em comprimentos de ondas menores. As calibrações foram feitas comparando os fluxos de estrelas de aglomerados globulares nos filtros de banda larga com aqueles de estrelas brilhantes do Halo, nas quais a abundância de Ferro havia sido determinada por análise de curva de crescimento ou modelo de atmosfera.

Após estes trabalhos básicos, a escala de abundância $[Fe/H]$ dos aglomerados globulares foi sendo edificada com o surgimento de inúmeras técnicas sensíveis à metalicidade. As principais técnicas, que utilizam observações de estrelas individuais dos aglomerados globulares, são as seguintes:

a) o parâmetro ΔS (Butler, 1975); mede a intensidade da linha K do CaII em RR Lyrae por meio de espectroscopia de baixa resolução. O método foi calibrado com $[Fe/H]$ através da análise de curva de crescimento em RR Lyrae brilhantes. Há 14 aglomerados observados com este método.

b) o parâmetro $\langle S \rangle$ (Searle e Zinn, 1978); mede a absorção total de linhas metálicas no violeta e azul através de espectrofotometria de baixa resolução em gigantes

vermelhas. A correlação <S> com [Fe/H] foi obtida com valores [Fe/H] de aglomerados observados com o método anterior. Há 20 aglomerados observados com o parâmetro <S>.

c) o sistema fotométrico DDO; a determinação de abundâncias [Fe/H] em estrelas de aglomerados globulares através deste método foi revisada e recalibrada por Janes (1979). A partir de fotometria com banda estreita e intermediária, medindo bandas moleculares e contínuo na região do azul em gigantes vermelhas, são obtidos dois índices de cor sensíveis à temperatura superficial e à metalicidade. A abundância metálica é determinada pelo fato de que estrelas de igual metalicidade formam sequências bem definidas no diagrama cor vs cor. A calibração com [Fe/H] foi feita utilizando valores do método anterior. Há 20 aglomerados observados neste sistema.

d) o sistema fotométrico de Washington (Canterna, 1976); com fotometria de banda larga medindo blanketing no violeta e vermelho e contínuo no vermelho e infravermelho próximo são obtidos índices de cor sensíveis à temperatura e à metalicidade de estrelas G e K. A abundância metálica foi calibrada com modelos de atmosfera. Foram observadas gigantes vermelhas em 17 aglomerados globulares com este método.

Outras técnicas empregadas na determinação de abundância metálica são as que utilizam fotometria ou espectroscopia da luz integrada dos aglomerados globulares. A abundância $[Fe/H]$ se correlaciona com parâmetros integrados fotométricos ou espectroscópicos pelas seguintes razões: no caso de fotometria com banda estreita ou intermediária em linhas metálicas ou bandas moleculares, a causa é a notável constância da abundância relativa ao Ferro que em geral qualquer elemento pesado apresenta em aglomerados de diferentes abundâncias $[Fe/H]$ (Cohen, 1980); no caso de índices de cor obtidos a partir de fotometria de banda larga, ou no caso de tipos espectrais integrados, as correlações com $[Fe/H]$ são devidas não só diretamente à presença das linhas metálicas ou bandas moleculares mas também à influência de abundância metálica nas estrelas que contribuem para a luz integrada dos aglomerados. Estes efeitos se refletem na morfologia do diagrama HR (Kraft, 1979). Aglomerados globulares de abundância metálica mais pobre tendem a apresentar ramo de gigantes mais quentes e brilhantes e ramo horizontal azul. Os principais métodos integrados são os seguintes:

a) tipos espectrais integrados (Kinman, 1959 e Kron e Mayall, 1960); medem essencialmente a razão de intensidades entre a banda G do CH e H γ . A intensidade da banda G depende diretamente da metalicidade enquanto a

intensidade de $H\gamma$ é indiretamente sensível à metalicidade de através do grau de desenvolvimento do ramo horizontal azul. Há aproximadamente 70 aglomerados com tipos espectrais integrados determinados. Entretanto a abundância $[Fe/H]$ obtida por este método é pouco precisa.

b) fotometria integrada com banda larga; a influência da metalicidade nas propriedades integradas dos aglomerados tende a diluir as medidas diretas da absorção por linhas metálicas em índices fotométricos de banda larga. Portanto, apenas estimativas aproximadas de $[Fe/H]$ são possíveis com estes métodos. Um grande número de aglomerados foi estudado com o parâmetro Q livre de avermelhamento do sistema UBV (Van den Bergh, 1967), com $(B-V)_0$ (Harris e Canterna, 1979) e com $(U-G)_0$ (Kron e Guetter, 1976).

c) o parâmetro Q_{39} (Zinn, 1980a); um filtro de banda estreita medindo as linhas H e K do CaII, um filtro de banda intermediária abrangendo a mesma região e mais $\lambda 3883CN$ e três filtros de banda larga são utilizados para definir o parâmetro de metalicidade livre de avermelhamento Q_{39} . A utilização dos filtros estreito e intermediário dão ao método uma boa precisão na determinação de $[Fe/H]$. Há 79 aglomerados observados neste sistema.

Portanto até 1979 as principais características da escala de abundância dos aglomerados globulares

são as seguintes:

a) os métodos considerados mais precisos medem estrelas individuais. Em cada um destes métodos há poucos aglomerados medidos e o valor $[Fe/H]$ atribuído a um aglomerado é o valor médio de apenas algumas estrelas.

b) os métodos que medem a luz integrada foram aplicados a um grande número de aglomerados globulares. Entretanto, estes métodos são imprecisos, exceto o de Zinn (1980a).

De acordo com esta escala os aglomerados globulares galácticos apresentam abundâncias ao longo de um grande intervalo de metalicidades. Os aglomerados mais ricos em metais possuem abundância quase solar enquanto os mais pobres são deficientes por um fator 200 em relação à abundância solar.

Por outro lado, a partir de 1978 a escala de abundância começou a ser revisada com a observação de estrelas gigantes vermelhas por espectroscopia de alta dispersão e abundâncias analisadas com modelo de atmosfera. Cohen (1978,1979) reestudou os aglomerados de metalicidade intermediária M3 e M13 e os aglomerados pobres M15 e M92. Estas novas análises praticamente confirmaram os resultados anteriores, apenas rebaixando a escala $[Fe/H]$ em aproximadamente 0.2 dex. A análise do aglomerado rico em metais M71 (Cohen, 1980) revelou,

porém, que a escala antiga superestimava sua abundância [Fe/H] em ~ 1 dex. Pilachowski et al. (1980) revisaram a abundância metálica do aglomerado rico em metais NGC104 e concluíram que a escala antiga superestimava sua abundância em pelo menos 0.7 dex.

Portanto, na nova escala de abundância metálica, os aglomerados globulares mais ricos são deficientes por um fator ~ 10 em relação à abundância metálica solar.

1.3 - Os Sistemas Fotométricos UBV e DDO

O sistema fotométrico UBV é um sistema de banda larga com os filtros U, B e V centrados respectivamente em $\lambda\lambda$ 3500Å, 4200Å e 5400Å. O sistema, definido por Johnson e Morgan em 1953, foi estabelecido inicialmente para determinar as propriedades fotométricas das estrelas do sistema MK. Com o tempo, porém, praticamente todos os objetos no intervalo ótico tiveram suas propriedades analisadas neste sistema. Os aglomerados globulares foram estudados de duas maneiras: com fotometria de estrelas individuais combinando técnicas fotoelétricas e fotográficas para a construção de diagramas HR (Philip et al. 1976), e com fotometria integrada (Harris e Van den Bergh, 1974 e Racine, 1975).

O sistema DDO foi definido por McClure e Van den Bergh (1968) onde são apresentadas observações de estrelas e fotometria integrada de aglomerados e galáxias. O sistema, porém, desenvolveu-se e é amplamente utilizado no estudo de estrelas tardias. Os índices de cor DDO podem ser usados para determinar um grande número de parâmetros astrofísicos de estrelas G e K como gravidade superficial, temperatura efetiva, abundância metálica, avermelhamento, tipo espectral e magnitude absoluta. Cinco filtros de bandas estreita e intermediária no azul e violeta denominados 48, 45, 42, 41 e 38 designando aproximadamente o comprimento de onda efetiva (λ_{4886} , λ_{4517} , etc.) medem bandas moleculares do CN λ_{3883} , λ_{4180} e banda G do CH λ_{4297} . O sistema foi revisado e recalibrado por McClure (1976, 1979) e Janes (1979).

1.4 - A Metalicidade em Função da Distribuição Espacial

Até a década de 1940 os aglomerados globulares eram considerados um grupo homogêneo quanto à distribuição espacial de suas propriedades físicas na Galáxia. Mayall em 1946 notou que os aglomerados apresentam diferentes tipos espectrais integrados e que aglomerados tipo G são observados somente na direção do centro galáctico. Posteriormente, vários autores estuda-

ram tanto a distribuição aparente como a distribuição espacial de aglomerados de diferentes tipos espectrais. Os aglomerados tipo F se encontram distribuídos por todo o Halo enquanto os aglomerados tipo G se encontram confinados à parte central do Halo. Morgan (1959) concluiu que os aglomerados tipo G formam um subsistema disco. Woltjer (1975) e Harris (1976) concluíram que a distribuição espacial dos aglomerados tipo G é essencialmente esférica e que as conclusões de trabalhos anteriores eram afetadas por erros na determinação de módulos de distância. Entretanto, Sharov (1976) suporta a existência de um subsistema disco de aglomerados tipo G.

A distribuição espacial dos aglomerados globulares e a existência ou não de subsistemas de diferentes metalicidades têm sido reanalisadas nos últimos anos tendo como base as recentes medidas de abundância $[Fe/H]$ e determinações mais precisas de distância. Os aglomerados de metalicidade pobre e intermediária ocorrem tanto no halo interno (distância galactocêntrica $R \lesssim 10 \text{ Kpc}$) como no halo externo, enquanto os aglomerados ricos em metais ocorrem apenas no halo interno. Estas distribuições determinam um gradiente de abundância metálica entre os halos interno e externo. Porém a existência de gradientes dentro destas regiões é um assunto polêmico. Harris e Canterna (1979), estudando 78 aglomerados com distâncias galactocêntricas até $\approx 100 \text{ Kpc}$, con

cluíram que a abundância $[Fe/H]$ média decresce continuamente com R . Zinn (1980b), analisando 84 aglomerados com distâncias galactocêntricas até ≈ 40 Kpc, concluiu que na zona $9 < R < 40$ Kpc não há evidência de um gradiente com a distância galactocêntrica. Zinn concluiu também que dentro do halo interno há um gradiente de metalicidade com a distância $|Z|$ ao plano galático, no sentido de que os aglomerados ricos em metais estão confinados a uma distribuição achatada. Isto sugere novamente que possam realmente existir dois subsistemas de aglomerados globulares: um discoidal formado pelos aglomerados ricos em metais e um esferoidal com aglomerados de metalicidades intermediárias e pobres.

1.5 - Modelos de Formação e Evolução Química Inicial da Galáxia

Os aglomerados globulares são os objetos mais velhos conhecidos na Galáxia; portanto as suas abundâncias químicas, propriedades cinemáticas e distribuição espacial permitem inferir sobre a formação e evolução química inicial da própria Galáxia.

As observações fornecem condições de contorno para modelos de formação da Galáxia, porém estas não são suficientemente restritivas para identificar o mode

lo correto. A seguir descrevemos dois modelos com enfoques diferentes.

Hartwick (1976) compara o "modelo simples de uma zona" com uma amostra de 60 aglomerados de metalicidades intermediárias e pobres. O modelo descreve o enriquecimento de elementos pesados que sofre uma nuvem de gás protogalática que colapsa em queda livre. O enriquecimento do gás se deve ao processamento de elementos pesados em estrelas massivas e posterior ejeção para o meio em explosões de supernovas. Deste modo, sucessivas gerações de estrelas se formam do gás cada vez mais rico em elementos pesados. O modelo que melhor se ajusta às observações é aquele no qual a eficiência de formação de estrelas é reduzida pela diminuição de gás disponível para a formação de estrelas. Tal remoção de gás das zonas de formação de estrelas poderia ser devida a ventos de estrelas quentes e explosões de supernovas. O gás não transformado em estrelas durante a formação do halo poderia ter dado origem ao disco da Galáxia.

Zinn (1980b) apresentou um modelo de formação da Galáxia baseado em características observadas do sistema de aglomerados globulares, i.e., o gradiente de metalicidade entre os halos interno e externo, ausência de gradiente no halo externo, dispersão de metalicidade em todo o halo e inferências sobre dispersão de idades através da análise da morfologia do ramo horizontal.

Para explicar estas características, a Galáxia é imaginada como sendo composta inicialmente de muitas nuvens de gás. Estas teriam gerado os aglomerados globulares e os destinos das nuvens teriam dependido de suas distâncias galactocêntricas. As nuvens na zona central teriam sofrido fusões, formando uma grande nuvem que mais tarde teria gerado o disco galático. As nuvens na segunda zona teriam evoluído como sistemas isolados por um certo tempo até colidirem com o disco em desenvolvimento e serem destruídas. As nuvens na zona externa teriam evoluído isoladamente e seriam hoje as Nuvens de Magalhães e as galáxias anãs satélites da Galáxia.

1.6 - Objetivos deste Trabalho

As abundâncias metálicas dos aglomerados globulares em função da distribuição espacial é um assunto em discussão e a controvérsia aumenta com a introdução da nova escala de abundâncias. O objetivo deste trabalho é estudar a abundância metálica dos aglomerados globulares, sua distribuição espacial e suas implicações na formação e evolução química inicial da Galáxia.

Para atingir este objetivo observamos 91 aglomerados globulares galáticos com os filtros B e V do sistema UBV e 41, 42, 45 e 48 do sistema DDO e desenvol

vemos um método para determinar abundâncias metálicas, o qual foi calibrado na nova escala de abundâncias $[Fe/H]$. A estes 91 aglomerados observados agregamos 12 outros com determinações precisas de abundância metálica totalizando uma amostra de 103 aglomerados com determinação homogênea de metalicidade.

Apresentamos o procedimento utilizado nas observações e redução dos dados no capítulo II; no capítulo III analisamos o avermelhamento e desenvolvemos um método para determinar $E(B-V)$ a partir dos índices de cor observados $B-V$, $C(42-45)$ e $C(45-48)$; no capítulo IV demonstramos que o índice de cor intrínseco $C(42-45)_0$, o qual mede a intensidade da banda G do CH, é sensível à metalicidade e calibramos este índice com $[Fe/H]$ na nova escala. No capítulo V os resultados são analisados e no capítulo VI são apresentadas as conclusões deste trabalho.

II. AS OBSERVAÇÕES E A REDUÇÃO DOS DADOS

2.1 - O Equipamento

As observações foram realizadas no Observatório Astronômico da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, situado no Morro Santana, com um telescópio Cassegrain Zeiss-Jena de 50 cm de abertura, f 13 e escala no plano focal $1' = 1.87\text{mm}$. Acoplado ao telescópio foi utilizado um fotômetro convencional de um canal (Rochol e Strauss, 1975) usando uma fotomultiplicadora EMI9658RA com um fotocátodo estendido S20 refrigerado com uma mistura gelo seco - álcool etílico. A roda de filtros foi equipada com os filtros B e V do sistema UBV de Morgan e Johnson (Golay, 1974) e os filtros 41, 42, 45 e 48 do sistema DDO (McClure e Van den Bergh, 1968 e McClure, 1976). Os comprimentos de onda efetiva λ_e e as bandas passantes $\Delta\lambda$ estão indicadas no quadro abaixo:

Filtro	λ_e (Å)	$\Delta\lambda$ (Å)
B	4200	950
V	5400	900
41	4166	83
42	4257	73
45	4517	76
48	4886	186

Foi utilizado um conjunto de diafragmas circulares com os seguintes diâmetros: 0.5', 1', 1.4', 1.9', 2.5', 2.9', 3.4', 3.9', 4.6', 5', 5.5', 6', 6.4', 7', 8', 9.2'. Os tempos de integração utilizados foram 2, 4, 8, 16 ou 32 segundos de acordo com a magnitude integrada do aglomerado e a banda passante do filtro utilizado.

A saída de dados do fotômetro é por teletipo fornecendo as observações em listagens e em fita de papel.

2.2 - O Procedimento nas Observações

As observações foram feitas em 65 noites fotométricas entre Março 1980 e Agosto 1981. Os 91 aglomerados globulares observados estão listados na 1ª coluna da Tabela 1 de acordo com o número no catálogo NGC ou entre parênteses outra identificação. Para cada aglomerado foi escolhido um diafragma circular procurando abranger a maior parte do mesmo, com o cuidado de não incluir estrelas de campo atipicamente brilhantes. O diafragma era posicionado concentricamente ao núcleo do aglomerado. Na 2ª coluna da Tabela 1 listamos os diafragmas utilizados.

Cada aglomerado foi observado em pelo menos 3 noites diferentes, sendo realizadas pelo menos 3 obser-

vações "objeto-céu" por noite. Na 3ª coluna da Tabela 1 listamos o número de noites. As observações de céu adjacente foram posicionadas aleatoriamente em torno do aglomerado, permitindo descontar a contribuição da luminosidade do fundo do céu e das estrelas de campo. Em cada noite foi observado um conjunto de estrelas padrões BV/DDO da lista de McClure (1976) para permitir a transformação do sistema instrumental aos sistemas padrões BV e DDO.

2.3 - A Redução dos Dados

Para a redução das observações desenvolvemos dois programas (Anexos) em linguagem FORTRAN que foram implementados no computador HP2100A do Instituto de Física.

O primeiro programa, chamado MEDIA, tem a função de compactar as observações para as etapas seguintes de cálculo. A fita de papel de uma noite de observação é transferida para um arquivo em disco no HP2100A. A seguir MEDIA calcula contagens e hora legal médias e atribui a cada observação um número de ordem. Estas observações compactadas são geradas em um novo arquivo em disco.

O segundo programa, chamado ANDA1, recebe ins

truções de controle, realiza todas as etapas do cálculo e fornece as magnitudes e cores nos sistemas padrões BV e DDO. As instruções de controle consistem em fornecer, através de um diálogo vídeo/teclado, os números atribuídos por MEDIA às observações. Utilizando as instruções de controle, as observações compactadas no arquivo gerado por MEDIA, as coordenadas, magnitudes e cores de estrelas padrões e coordenadas dos aglomerados globulares fornecidos em arquivos, o programa realiza as seguintes etapas de cálculo:

a) obtêm a magnitude instrumental do filtro i :

$$m_I(i) = 2.5 \log \left(\frac{O_i}{T_i - \rho O_i} - \frac{C_i}{T_i} \right)$$

onde O_i e C_i são as contagens do objeto e céu respectivamente, T_i é o tempo de integração e ρ o tempo morto.

b) calcula a cor instrumental referente aos filtros i e j :

$$(m(i) - m(j))_I = m_I(i) - m_I(j)$$

c) calcula o ângulo horário da observação:

$$H = [\theta + N.\Delta + h + F + (h+F) \cdot \frac{\Delta}{24} - \lambda] - \alpha$$

onde θ é a hora sideral em T.U. = 0^h do dia 19 de janeiro do ano da observação, N é o dia do ano em que a observação foi realizada, h é a hora legal, F é o fuso, λ a longitude do observatório, Δ é a diferença entre o

dia solar e o dia sideral, e α é a ascensão reta do objeto.

d) calcula a massa de ar da observação:

$$X = 1 / (\text{sen}\delta \text{ sen}\phi + \text{cos}\delta \text{ cos}\phi \text{ cos}H)$$

onde δ é a declinação do objeto, ϕ a latitude do observatório e H o ângulo horário.

e) o programa permite duas alternativas para o cálculo das magnitudes e cores fora da atmosfera: introduzir coeficientes médios de extinção atmosférica previamente determinados ou calcular os coeficientes de extinção para cada noite. Adotamos a primeira alternativa neste trabalho, utilizando os seguintes coeficientes de extinção médios previamente determinados para o Morro Santana: $K(V) = 0.294$, $K(B-V) = 0.153$, $K(41-42) = 0.047$, $K(42-45) = 0.075$, $K(45-48) = 0.052$ e $K(48) = 0.344$. A magnitude fora da atmosfera no filtro i é calculada por:

$$m_o(i) = -K(i)X + m_I(i)$$

A cor fora da atmosfera referente aos filtros i e j é:

$$(m(i) - m(j))_o = K(i,j)X + (m(i) - m(j))_I$$

f) os coeficientes para a transformação das magnitudes e cores fora da atmosfera em magnitudes e cores padrões BV e DDO são obtidos por meio de regressões lineares uti

lizando as magnitudes e cores das estrelas padrões. As magnitudes relevantes nos dois sistemas fotométricos utilizados são V e 48. A regressão linear para estas magnitudes são dependentes das cores fora da atmosfera $(B-V)_0$ e $(45-48)_0$ respectivamente. Os coeficientes de transformação de sistema a_V , b_V , a_{48} e b_{48} são calculados por:

$$V_p - V_0 = a_V (B-V)_0 + b_V$$

$$48_p - 48_0 = a_{48} C(45-48)_0 + b_{48}$$

onde V_p e 48_p são obtidos no arquivo de estrelas padrões. Os coeficientes de transformação de sistema referentes às cores são calculados por:

$$(B-V)_p = a_{BV} (B-V)_0 + b_{BV}$$

$$C(41-42)_p = a_{12} C(41-42)_0 + b_{12}$$

$$C(42-45)_p = a_{25} C(42-45)_0 + b_{25}$$

$$C(45-48)_p = a_{58} C(45-48)_0 + b_{58}$$

onde as cores padrões são obtidas no arquivo de estrelas padrões.

g) as magnitudes e cores nos sistemas BV e DDO para os aglomerados globulares são obtidos por:

$$V = V_0 + a_V (B-V)_0 + b_V$$

$$48 = 48_0 + a_{48} C(45-48)_0 + b_{48}$$

$$B-V = a_{BV}(B-V)_0 + b_{BV}$$

$$C(41-42) = a_{12}C(41-42)_0 + b_{12}$$

$$C(42-45) = a_{25}C(42-45)_0 + b_{25}$$

$$C(45-48) = a_{58}C(45-48)_0 + b_{58}$$

2.4 - Os Resultados das Observações

Nas colunas 4 a 9 da Tabela 1 listamos os resultados médios das observações realizadas nas diferentes noites. Abaixo de cada valor \bar{X} estão listados os erros prováveis das diversas medidas X_i :

$$\sigma = 0.62 \left(\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n} \right)^{1/2}$$

onde n é o número total de observações.

Os rms dos erros nas magnitudes e cores em função da magnitude V são mostrados no quadro abaixo:

V	Nº	$\sigma(V)$	$\sigma(B-V)$	$\sigma(41-42)$	$\sigma(42-45)$	$\sigma(45-48)$	$\sigma(48)$
4.53- 6.99	14	0.09	0.025	0.036	0.026	0.031	0.09
7.00- 7.99	11	0.09	0.025	0.039	0.028	0.027	0.10
8.00- 8.99	21	0.07	0.029	0.040	0.033	0.036	0.09
9.00- 9.99	25	0.11	0.039	0.063	0.057	0.051	0.11
10.00-11.49	20	0.11	0.046	0.072	0.064	0.067	0.11

Os rms dos erros nas magnitudes são praticamente constantes enquanto os rms dos erros nas cores crescem com magnitudes mais fracas.

Os rms dos erros considerando-se os 91 aglomerados são os seguintes: $\sigma(V) = 0.10$, $\sigma(B-V) = 0.035$, $\sigma(41-42) = 0.055$, $\sigma(42-45) = 0.047$, $\sigma(45-48) = 0.047$, e $\sigma(48) = 0.10$.

III. O AVERMELHAMENTO INTERESTELAR

3.1 - Determinações Existentes

As magnitudes e cores observadas, listadas na Tabela 1, estão afetadas pelo efeito de absorção que o \bar{p} interestelar exerce sobre a luz integrada dos aglomerados globulares. Esta absorção é seletiva aos comprimentos de onda, sendo maior para λ menor. Para um aglomerado globular afetado por absorção, a cor $C(\lambda_1 - \lambda_2)$, formada por medidas das magnitudes nos comprimentos de onda λ_1 e λ_2 , difere da cor intrínseca $C(\lambda_1 - \lambda_2)_0$ pelo excesso de cor:

$$E(\lambda_1 - \lambda_2) = C(\lambda_1 - \lambda_2) - C(\lambda_1 - \lambda_2)_0 = A(\lambda_1) - A(\lambda_2)$$

onde $A(\lambda_1)$ e $A(\lambda_2)$ são as absorções nas magnitudes em λ_1 e λ_2 .

Neste capítulo os excessos de cor $E(B-V)$ são determinados. A partir destes é possível calcular as absorções e excessos para corrigir as magnitudes e cores observadas BV/DDO. Antes, porém, revisamos as determinações de $E(B-V)$ existentes. Os excessos $E(B-V)$ em aglomerados globulares têm sido determinados essencialmente

com observações de estrelas individuais ou com a utilização de parâmetros integrados. Os principais métodos que utilizam estrelas individuais são os seguintes:

a) fotometria de estrelas membros do aglomerado ou de estrelas de campo na direção do aglomerado; utilizam diagramas cor vs cor, onde estrelas não afetadas por absorção definem uma sequência intrínseca C_0 vs $(B-V)_0$. Conhecendo-se a reta de avermelhamento no diagrama e as cores observadas $(C, (B-V))$ de uma estrela afetada por absorção, determina-se $(B-V)_0$. Finalmente o excesso é obtido por

$$E(B-V) = (B-V) - (B-V)_0 \quad (\text{III-1})$$

b) comparação de diagramas HR; características do diagrama HR de um aglomerado globular, tais como a distribuição do ramo de gigantes, ramo horizontal azul ou vermelho e RR Lyrae, são ajustados entre um aglomerado com $E(B-V)$ desconhecido e um aglomerado com características do HR semelhantes, cujo $E(B-V)$ é bem determinado.

Compilações de $E(B-V)$ determinados com aplicações destes métodos, apresentando médias ponderadas das diversas determinações e referências à literatura, foram feitas por Racine (1973), Burstein e McDonald (1975) e Zinn (1980a). Listamos na coluna 2 da Tabela 2 os valores $E(B-V)$ citados por Zinn (1980a) para 47 aglomerados

globulares, aos quais acrescentamos oito determinações recentes cujas referências estão na própria Tabela.

Os principais métodos de determinação de $E(B-V)$ que utilizam parâmetros integrados são os seguintes:

a) correlação $(B-V)_0$ vs tipo espectral integrado (TEI); este método, desenvolvido por Kron e Mayall (1960) e revisado por Racine (1973), determina $E(B-V)$ a partir de $B-V$ observado e $(B-V)_0$ obtido da correlação $(B-V)_0$ vs TEI. Esta correlação é em primeira ordem devida à metalicidade (ver seção 1.2). O TEI é pouco afetado por absorção pela proximidade entre a banda G e $H\gamma$. Na coluna 3 da Tabela 2 listamos excessos $E(B-V)$ calculados por este método, apresentados por Alcaïno (1979a), abrangendo os 91 aglomerados observados neste trabalho. Entretanto 27 destes valores (assinalados com asterisco) foram determinados com tipos espectrais integrados estimados por fotometria.

b) correlação $(B-V)_0$ com parâmetros livres de avermelhamento; a partir de combinações lineares de cores observadas é possível construir parâmetros que são independentes do avermelhamento interestelar e que medem propriedades intrínsecas. Zinn (1980a) utilizando fotometria em 5 filtros, definiu parâmetros livres de avermelhamento que apresentam correlações com $(B-V)_0$ e utili-

zando B-V observados, determinou $E(B-V)$ em 78 aglomerados globulares, os quais apresentamos na coluna 4 da Tabela 2.

A seguir analisamos a consistência interna dos $E(B-V)$ mostrados nas colunas 2, 3 e 4 da Tabela 2. Há 48 aglomerados em comum nas três colunas. Para este grupo de 48 aglomerados, os rms das diferenças entre os valores das colunas 2-3, 2-4 e 3-4 são respectivamente 0.05, 0.04 e 0.04. Portanto há uma boa concordância na determinação de $E(B-V)$ pelos diferentes métodos, tendo-se em conta os objetos em comum. Consideramos agora os 43 aglomerados restantes. Entre as colunas 2-3 há apenas 6 aglomerados em comum, cujo rms das diferenças é 0.06; entre as colunas 2-4 não há objetos em comum; entre as colunas 3-4 há 30 aglomerados em comum e o rms das diferenças é 0.10. Portanto a incerteza no excesso $E(B-V)$ cresce quando é considerado um grande número de aglomerados menos estudados. Tendo em conta este fato e ainda que 6 aglomerados têm apenas uma determinação $E(B-V)$, procuramos desenvolver um procedimento para determinar $E(B-V)$ com as observações nos filtros BV/DDO.

3.2 - Método para Determinação de $E(B-V)$

Na luz integrada dos aglomerados globulares,

os filtros 42 e 48 medem respectivamente a banda G do CH e H β (intensa em aglomerados com ramo horizontal azul). Portanto, é de se esperar que o índice intrínseco $C(42-48)_0$ desempenhe um papel semelhante ao tipo espectral integrado e conseqüentemente se correlacione com $(B-V)_0$. A seguir, a existência desta correlação é verificada utilizando o grupo de 48 aglomerados com $E(B-V)$ bem determinados (ver seção 3.1), os quais estão listados na coluna 1 da Tabela 3. As cores intrínsecas $(B-V)_0$ foram calculadas a partir dos valores médios $\bar{E}(B-V)$ entre as colunas 2, 3 e 4 da Tabela 2 e $(B-V)$ da Tabela 1. As cores intrínsecas $C(42-48)_0$ foram calculadas a partir das cores $C(42-45)$ e $C(45-48)$ da Tabela 1 e das relações entre excessos de cor (McClure, 1979):

$$E(42-45) = 0.23 E(B-V) \quad (\text{III-2})$$

$$E(45-48) = 0.31 E(B-V) \quad (\text{III-3}).$$

Os valores $\bar{E}(B-V)$, $(B-V)_0$ e $C(42-48)_0$ estão listados na Tabela 3. A Figura 1 confirma a relação $C(42-48)_0$ vs $(B-V)_0$. O ajuste desta relação com mínimos quadrados gera

$$C(42-48)_0 = 1.50 (B-V)_0 + 0.595 \quad (\text{III-4})$$

com coeficiente de correlação $r = 0.90$.

Uma reta de avermelhamento no diagrama $C(42-48)$ vs $(B-V)$ é dada por

$$C(42-48) = \frac{E(C(42-48))}{E(B-V)} (B-V) + C \quad (\text{III-5})$$

onde C é uma constante para cada par de observações $C(42-48)$ e $(B-V)$. O quociente entre os excessos de cor foi calculado a partir da lei de avermelhamento de Whitford (1958):

$$A_{\lambda} = A_V 0.68 \left(\frac{1}{\lambda} - 0.35 \right) \quad (\text{III-6})$$

obtendo-se $\frac{E(C(42-48))}{E(B-V)} = 0.57$. Na Figura 1 é mostrado

um vetor avermelhamento correspondente a $E(B-V) = 0.20$.

A intercessão da relação intrínseca (III-4) com a reta de avermelhamento (III-5) fornece $(B-V)_0$ expresso em função de cores observadas e finalmente com a equação III-1 resulta:

$$E(B-V) = 1.61 (B-V) - 1.08 C(42-48) + 0.64$$

Os valores calculados pela relação acima $(E(B-V))_D$ estão listados na coluna 5 da Tabela 2. O erro observacional em $(E(B-V))_D$ é estimado pela propagação dos erros nas observações:

$$\sigma(E(B-V))_D = \{ (1.61)^2 \sigma(B-V)^2 + (1.08)^2 \sigma(C(42-48))^2 \}^{1/2}$$

com os rms dos erros nas cores, considerando os 91 aglomerados globulares (ver seção 2.4), $\sigma(E(B-V))_D = 0.09$. Para os aglomerados com $V \lesssim 8.5$ o erro é substancialmente menor.

A seguir comparamos $(E(B-V))_D$ com as outras determinações da Tabela 2. Considerando o grupo de 48

aglomerados, os rms das diferenças entre $E(B-V)_D$ e os $E(B-V)$ das colunas 2, 3 e 4 são respectivamente 0.06, 0.05 e 0.05 mostrando que $E(B-V)_D$ é consistente com as outras determinações. $E(B-V)_D$ é particularmente útil na melhor definição de $E(B-V)$ para o grupo de 43 aglomerados menos estudados. Para esses objetos o rms das diferenças entre $E(B-V)_D$ com as determinações nas colunas 2, 3 e 4 são respectivamente 0.07 (7 objetos em comum), 0.10 (43 o.c.) e 0.08 (30 o.c.).

Os valores de $E(B-V)$ adotados são as médias dos valores nas diferentes determinações. Os resultados e os desvios padrões são listados respectivamente nas colunas 6 e 7 da Tabela 2. O rms dos desvios padrões considerando todos os aglomerados é 0.05.

3.3 - As Magnitudes e Cores Intrínsecas

Os excessos de cor DDO são obtidos a partir de $E(B-V)$ pelas relações III-2, III-3 e $E(C(41-42)) = 0.07 E(B-V)$ (McClure, 1979).

As absorções nas magnitudes V são obtidas utilizando a relação $A_V = 3.2 E(B-V)$ (Harris e Racine, 1979).

As absorções nas magnitudes 48 em função de A_V são obtidas com a lei de avermelhamento dada pela equação III-6, resultando

$$A_{48} = 1.15 A_V.$$

As magnitudes e cores observadas na Tabela 1 foram corrigidas da absorção interestelar com $E(B-V)$ da coluna 6 da Tabela 2 e as relações acima, resultando os valores intrínsecos listados na Tabela 4.

IV. A DETERMINAÇÃO DA ABUNDÂNCIA METÁLICA

4.1 - A Sensibilidade de C(42-45) à Metalicidade

Os métodos de determinação de abundância metálica através de fotometria DDO de estrelas individuais (McClure, 1979 e Janes, 1979) não são aplicáveis à luz integrada dos aglomerados globulares porque as bandas moleculares no espectro integrado não têm correspondência direta com aquelas do espectro de estrelas G e K, para as quais o sistema DDO foi definido, calibrado e aplicado. As características do espectro integrado dos aglomerados globulares podem ser observadas nos trabalhos de Smith (1979, 1980, 1981). As características das regiões espectrais abrangidas pelas bandas passantes dos filtros DDO são as seguintes:

a) no filtro 41 a banda do CN é pouco intensa mesmo nos aglomerados ricos em metais. O filtro 41 é contaminado por H_{δ} , que no espectro de aglomerados com ramo horizontal azul é uma linha tão intensa quanto as principais linhas metálicas.

b) no filtro 42 a banda G do CH é intensa mesmo em aglomerados pobres em metais.

c) a região do filtro 45 é livre de bandas ou linhas e portanto pode ser utilizado como medida de contínuo.

d) a região do filtro 48 não aparece nos espectros de Smith. Entretanto, a banda passante deste filtro inclui H_{β} , que é intensa em aglomerados com ramo horizontal azul.

O índice DDO que possibilita a determinação de abundância metálica a partir da luz integrada dos aglomerados globulares é $C(42-45)_0$, o qual mede a intensidade da absorção da banda G do CH. McClure e Van den Bergh (1968), com observações integradas de aglomerados globulares, constataram que o índice livre de avermelhamento $C^*(42-45)$ se correlaciona com parâmetros de metalicidade. Para verificar a sensibilidade de $C(42-45)_0$ à metalicidade, comparamos, a seguir, este índice com determinações de abundância $[Fe/H]$ obtidas por meio de observações de estrelas individuais nos aglomerados globulares. Estes métodos estão calibrados na escala antiga de abundâncias (ver seção 1.2); porém este fato afeta apenas o valor absoluto $[Fe/H]$, não influenciando na ordenação por metalicidade dos aglomerados individuais. A comparação é feita com os três principais métodos

(ver seção 1.2): o método <S> que mede a absorção metálica em gigantes vermelhas com espectrofotometria de baixa resolução (Searle e Zinn, 1978), o método DDO de determinação de abundância metálica de estrelas de população II (Janes, 1979) e o método ΔS que mede a linha K do CaII em RR Lyrae com espectroscopia de baixa dispersão (Butler, 1975). Os valores $[Fe/H]$ e os erros citados pelos autores são listados na Tabela 5 para os oito aglomerados comuns às três determinações. Nas Figuras 2a, 2b e 2c $[Fe/H]$, segundo estes métodos, são graficados vs $C(42-45)_0$, cujas barras de erro provêm das observações. Estas figuras mostram que o índice $C(42-45)_0$ discrimina os aglomerados por metalicidade. A seguir, verificamos a precisão desta discriminação. Primeiramente, calculamos para cada aglomerado a média $\overline{[Fe/H]}$ dos valores nos métodos de comparação, a qual listamos junto com o desvio padrão na coluna 5 da Tabela 5. Na Figura 2d plotamos $\overline{[Fe/H]}$ vs $C(42-45)_0$. Através de mínimos quadrados foi obtida a relação $[Fe/H] = 8.63 C(42-45)_0 - 6.23$.

Adotamos esta equação como calibração de $C(42-45)_0$ com a escala antiga de abundância $[Fe/H]$. Na coluna 6 da Tabela 5 listamos os valores $[Fe/H]$ calculados com esta calibração. Os rms das diferenças entre estes valores e os métodos de comparação listados nas colunas 2, 3 e 4 são respectivamente 0.20, 0.16 e 0.27; por outro lado os rms das diferenças entre os valores dos métodos de comparação são 0.20, 0.23 e 0.20, respectivamente entre as

colunas 2-3, 2-4 e 3-4. Portanto $C(42-45)_0$ discrimina a metalicidade dos aglomerados globulares com a mesma precisão dos principais métodos de determinação de abundância metálica.

4.2 - A Calibração $C(42-45)_0$ vs $[Fe/H]$ na Nova Escala

A nova escala de abundância metálica dos aglomerados globulares (ver seção 1.2) surgiu de uma revisão sistemática de abundâncias (Cohen, 1978, 1979, 1980 e Pilachowski et al., 1980) por meio de espectroscopia de alta dispersão em gigantes vermelhas e análise com modelo de atmosfera. A principal característica da nova escala é que os aglomerados ricos em metais possuem abundâncias $[Fe/H]$ substancialmente mais baixas do que as determinações até então sugeriam.

Além dos aglomerados estudados nos trabalhos citados acima, incluímos na calibração os aglomerados NGC6656 e NGC5139 (ω CEN), cujas abundâncias foram determinadas com o mesmo procedimento por Cohen (1981). ω CEN é o único aglomerado globular que apresenta inhomogeneidade em $[Fe/H]$ entre estrelas individuais significativamente acima dos erros observacionais. Cohen (1981) separou as estrelas observadas em 2 grupos de metalicidades médias $[Fe/H] = -1.57$ e $[Fe/H] = -1.83$. Na Calibração atribuímos o valor médio $[Fe/H] = -1.70 \pm 0.19$ a

ω CEN e supomos que este valor e $C(42-45)_0$ da luz integrada sejam representativos da abundância média deste aglomerado, hipótese também aplicada a todos os aglomerados observados neste trabalho, alguns dos quais apresentam gradientes de cor. Os aglomerados observados na nova escala estão listados na Tabela 6 junto com os valores $[Fe/H]$ e respectivos erros. Na Figura 3 graficamos $C(42-45)_0$ vs $[Fe/H]$. O ajuste desta relação por mínimos quadrados gera

$$[Fe/H] = 4.78 C(42-45)_0 - 4.53 \quad (IV-1)$$

com coeficiente de determinação $r = 0.93$.

A calibração foi definida com os seguintes intervalos:

$$-2.34 \leq [Fe/H] \leq -1.20$$

$$0.466 \leq C(42-45)_0 \leq 0.702$$

Estimamos o erro de valores $[Fe/H]$ devidos a incertezas na calibração através do rms das diferenças entre os valores fiduciais de $[Fe/H]$ da Tabela 6 em relação aos determinados pela equação (IV-1), obtendo o valor $\sigma(|Fe/H|) = 0.17$.

Os erros observacionais em $[Fe/H]$ são obtidos por $\sigma([Fe/H])_{OBS} = 4.78 \sigma(C(42-45)_0)$ (IV-2).

4.3 - As Abundâncias $[Fe/H]$ Resultantes para 91 Aglomerados

Os valores das abundâncias $[Fe/H]$ obtidos com

a equação (IV-1) e os respectivos erros obtidos pela equação (IV-2) estão listados nas colunas 8 e 9 da Tabela 4 para os 91 aglomerados globulares observados. O rms dos erros tendo em conta todos os aglomerados é $\sigma([\text{Fe}/\text{H}]) = 0.22$.

4.4 - [Fe/H] de 12 Aglomerados Globulares Agregados à Amostra

Além dos 91 aglomerados observados neste trabalho, incluímos na amostra 12 outros aglomerados globulares com determinações precisas de abundância metálica.

Harris e Canterna (1979) compilaram determinações de abundância metálica $[\text{m}/\text{H}]$ de 75 aglomerados globulares, classificando estas medidas em 2 categorias: primárias e secundárias, de acordo com a qualidade das determinações. Consideramos, a seguir, apenas as determinações primárias cuja consistência interna é ± 0.2 dex. Com os 26 aglomerados em comum determinamos a relação $C(42-45)_0$ vs $[\text{m}/\text{H}]$, a qual é graficada na Figura 4. Com mínimos quadrados foi obtida a equação de transformação $C(42-45)_0 = 0.13 [\text{m}/\text{H}] + 0.77$ com coeficiente de correlação $r = 0.91$. Por meio desta equação obtivemos valores $C(42-45)_0$ equivalentes para 7 aglomerados primários, os quais estão listados na Tabela 7 junto com valores

[Fe/H] obtidos pela equação (IV-1).

Zinn (1980a) determinou abundâncias metálicas de 79 aglomerados a partir do Índice fotométrico integrado Q_{39} (ver seção 1.2). Hã 78 aglomerados em comum cuja relação com $C(42-45)_0$ é graficada na Figura 5. A equação de transformação excluindo NGC6325, para o qual não hã um bom acordo, resulta $C(42-45)_0 = 0.61 Q_{39} + 0.52$ com coeficiente de correlação $r = 0.94$. Com esta equação obtivemos valores equivalentes $C(42-45)_0$ para o aglomerado restante e quatro outros que Zinn (1980a,b) havia agregado ã sua amostra. Listamos estes aglomerados, junto com [Fe/H] obtidos pela equação IV-1, na Tabela 7.

A amostra de aglomerados com medidas precisas e homogêneas de [Fe/H] na nova escala de abundâncias totaliza 103 aglomerados, portanto 78% dos aglomerados globulares galãticos identificados.

V. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 - A Distribuição Espacial dos Aglomerados Globulares

A determinação da distância de um aglomerado globular é feita a partir do conhecimento do módulo aparente de distância ($V-M_V$) e do excesso de cor $E(B-V)$. O principal indicador de distância é a magnitude aparente do ramo horizontal V_{HB} . Consequentemente os diagramas HR fornecem as determinações mais precisas do módulo de distância. Os principais métodos secundários de determinação de módulos de distância utilizam as estrelas gigantes mais brilhantes, as estrelas RR Lyrae ou as magnitudes integradas.

A seguir, revisamos as distâncias dos aglomerados globulares. Na Tabela 8 listamos 117 aglomerados, 86 dos quais com determinações de módulo de distância obtidos a partir de diagramas HR e 31 através de métodos secundários, os quais estão assinalados com asterisco. Os valores do módulo aparente de distância listados na coluna 2 da Tabela 8 têm como base as compilações de Harris e Racine (1979) e Harris (1980), aos quais adicio

namos determinações recentes indicadas na própria Tabela. Os $E(B-V)$ adotados estão listados na coluna 3 da Tabela 8. Para os 91 aglomerados observados neste trabalho adotamos os valores apresentados no capítulo III e para os restantes as referências estão indicadas na própria Tabela.

O módulo de distância absoluto é calculado por:

$$(V-M_V)_0 = (V-M_V) - 3.2 E(B-V) .$$

A distância ao Sol em kpc é obtida por:

$$d = 10^{[(V-M_V)_0/5-2]} ,$$

as quais estão listadas na coluna 4 da Tabela 8. Erros de 0.3 em $(V-M_V)$ e 0.04 em $E(B-V)$ implicam em erros de 15% em d .

A longitude e latitude galáticas estão listadas respectivamente nas colunas 5 e 6 da Tabela 8. O sistema cartesiano galactocêntrico é definido do seguinte modo: a coordenada X tem valores positivos em direção ao Sol; Y é positivo em direção a $l = 90^\circ$; Z é positivo em direção a $b = 90^\circ$. O Sol é posicionado em $(9\text{kpc}, 0, 0)$. Deste modo as coordenadas cartesianas galactocêntricas de um aglomerado globular em kpc são:

$$X = 9 - d \cos b \cos l$$

$$Y = d \cos b \sin l$$

$$Z = d \sin b$$

Estes valores estão listados respectivamente

nas colunas 7, 8 e 9 da Tabela 8. A partir das coordenadas galactocêntricas foram calculadas a distância galactocêntrica projetada no plano da Galáxia (r) e a distância galactocêntrica total (R), as quais estão listadas em kpc nas colunas 10 e 11 da Tabela 8.

A distribuição espacial dos aglomerados projetada nos planos XY, XZ e YZ é mostrada respectivamente nas Figuras 6, 7 e 8, juntamente com o disco da Galáxia no plano XY e a posição do Sol. Estas figuras mostram um forte efeito de seleção nas observações. Há uma deficiência de aglomerados no hemisfério oposto ao Sol, como pode ser observado nas Figuras 6 e 7. Há também uma deficiência de aglomerados no disco da Galáxia, como mostram as Figuras 7 e 8. A absorção interestelar é a principal responsável por estas deficiências. A forma verdadeira da distribuição dos aglomerados é melhor observada no plano YZ (Fig.8). O Halo é essencialmente esférico com a maior parte dos aglomerados localizados na região $R \lesssim 20$ kpc; porém há aglomerados distantes até $R \sim 100$ kpc e portanto mais distantes do centro da Galáxia do que as Nuvens de Magalhães e as galáxias elípticas anãs Draco e Ursa Minor.

As Figuras 6, 7 e 8 mostram também que os aglomerados se concentram fortemente em direção ao centro da Galáxia. A seguir, analisamos esta distribuição tendo como base apenas os aglomerados cujas projeções no

plano galático estão contidas em um setor de 90° seccionado em partes iguais pela parte positiva do eixo X, para minimizar a influência dos efeitos de seleção descritos acima. Os aglomerados foram separados em intervalos de distância galactocêntrica conforme a coluna 1 da Tabela 9. O número de aglomerados dentro desses intervalos é mostrado na coluna 2 e o logaritmo da densidade numérica $\phi(R)$ expressa em kpc^{-3} na coluna 3. Na Figura 9 $\log\phi$ vs $\log R$ é graficado. Três regiões com propriedades diferentes podem ser identificadas: $R > 10$ kpc onde a distribuição pode ser aproximada por $\phi \propto R^{-4}$, $1 \lesssim R \lesssim 10$ onde $\phi \propto R^{-2}$ e $R \lesssim 1$ kpc onde a densidade seguramente está afetada por efeitos de seleção. O resultado acima é semelhante ao encontrado por Harris (1976) que analisou a distribuição da densidade numérica dos aglomerados globulares, porém tendo como base uma compilação menos consistente de distâncias e um setor de 180° . Harris aproximou a distribuição por $\phi \propto R^{-n}$ onde n varia gradualmente entre -3 para as regiões internas e -4 nas regiões externas do Halo.

5.2 - Estimativa do número total de aglomerados globulares na Galáxia

Harris (1976) estimou em ≈ 200 o número total de aglomerados globulares na Galáxia, a partir da contagem de aglomerados globulares no hemisfério galático que contém o Sol e de inferências sobre a quantidade de aglomerados não identificados nesta mesma região. Anali

saremos esta questão com o procedimento aplicado por Sharov (1976), porém com a compilação atual de dados apresentados na Tabela 8. O método consiste na contagem de aglomerados, no plano XY, em setores de abertura crescente centrados no eixo X positivo, estimando-se o número de aglomerados na Galáxia admitindo-se simetria azimutal. A Tabela 10 mostra os diferentes setores na coluna 1, a contagem de aglomerados na coluna 2 e o número total extrapolado para 360° na coluna 3. A Figura 10 mostra N_t vs setor(θ). A extrapolação da parte linear da relação para o limite setor $\rightarrow 0^\circ$ indica que a população de aglomerados seria ≈ 510 . Mesmo em setores estreitos contendo o Sol haveria aglomerados não identificados, particularmente na região $R < 3$ kpc pela forte absorção; portanto, 510 aglomerados seria uma estimativa do número mínimo de aglomerados, embora sendo um fator ~ 2.5 maior do que o resultado obtido por Harris (1976).

A seguir, aplicamos o mesmo procedimento apenas para a região externa $R > 10$ kpc, a qual é menos afetada por absorção por causa de sua distribuição espacial (Figuras 6, 7 e 8). A Tabela 11 mostra os diferentes setores na coluna 1, e contagem de aglomerados na coluna 2 e o número extrapolado para 360° na coluna 3. A Figura 11 mostra a relação N_t vs setor (θ). A parte linear da relação é horizontal e setores de até 40° indicam que o número total de aglomerados nesta região

seria = 72. Consequentemente a região $R < 10$ kpc conteria = 438 aglomerados.

Como há 132 aglomerados globulares catalogados na Galáxia (Alcaino, 1979a), os resultados acima sugerem que apenas 26% dos aglomerados foram identificados. O quadro abaixo indica as estimativas da proporção de objetos identificados tendo como base os aglomerados com distâncias determinadas.

	R>10kpc	R<10kpc	Total
IDENTIFICADOS	37	80	117
TOTAL ESTIMADO	72	438	510
% IDENTIFICADOS	51	18	23

Outro método para estimar o número total de aglomerados globulares é apresentado em Adenda.

5.3 - A Função Metalicidade dos Aglomerados Globulares

A função metalicidade dos aglomerados globulares é o número de aglomerados por intervalo de $[Fe/H]$. A Figura 12 mostra o histograma de metalicidade em intervalos de 0.1 dex para a amostra de 103 aglomerados globulares com valores $[Fe/H]$ apresentados nas Tabelas 4 e 7. Esta distribuição apresenta um pico em $[Fe/H] = -1.90$, além de diversos picos secundários superpostos a uma base assimétrica cujo máximo ocorre em $[Fe/H] \approx -1.90$.

Para analisar efeitos de seleção, separamos a amostra em duas partes: aglomerados em $R < 10$ kpc e

$R > 10$ kpc. Os histogramas correspondentes são mostrados nas Figuras 13a e 13b. A seguir, isolamos nestas amostras os aglomerados contidos em um setor de 90° seccionado em partes iguais pelo eixo X positivo. Este setor, de acordo com os resultados da seção 5.2, seria menos afetado por efeitos de seleção do que a amostra total e, portanto, seria mais representativo da forma intrínseca da função metalicidade na Galáxia. Os resultados são mostrados nas Figuras 13a e 13b (histograma escuro). A comparação entre os histogramas completos e os histogramas no setor 90° mostra que na região $R < 10$ kpc a forma da distribuição completa é essencialmente a mesma daquela no setor 90° . Na região $R > 10$ kpc a forma das duas amostras é semelhante exceto em $[Fe/H] = -1.7$ onde há um excesso de aglomerados na amostra completa. Este intervalo de metalicidades possui distribuição espacial mais ampla (seção 5.4) e, portanto, seria menos afetado por absorção interestelar.

A seguir, estimamos a função de metalicidade intrínseca do sistema de aglomerados globulares da Galáxia. O histograma completo da região $R < 10$ kpc (Figura 13a) apresenta 71 aglomerados e como o número total de aglomerados estimado para esta região é 438 e a forma do histograma completo é essencialmente a mesma do setor 90° , simplesmente aplicamos a este grupo de aglomerados um fator de correção 6.2. A região $R > 10$ kpc con

têm 32 aglomerados. Eliminamos 5 aglomerados em $[Fe/H] = -1.7$ para corrigir o excesso do histograma completo em relação ao histograma no setor 90º (Figura 13b). Como o número de aglomerados estimado para esta região é 72, aplicamos um fator de correção 2.9 à amostra. Os resultados das duas regiões foram superpostos, gerando o histograma intrínseco para o sistema de aglomerados globulares da Galáxia mostrado na Figura 14.

O caráter discreto da função de metalicidade dos aglomerados globulares pode ter importantes implicações na história da formação e evolução química da Galáxia. Tais descontinuidades são também observadas nas funções de metalicidade de outros objetos de população II como estrelas RR Lyrae e estrelas G e K do Halo (Suchtov, 1981). Uma possível explicação para este comportamento da função metalicidade seria que a formação de estrelas no Halo teria ocorrido em ciclos. Cada ciclo teria terminado com um violento enriquecimento do meio em elementos pesados, acompanhado por uma grande liberação de energia, causado pela explosão de supernovas. Deste modo, além do enriquecimento em elementos pesados, o meio interestelar teria sofrido um aquecimento, causando a destruição e inibição de formação de nuvens de gás interestelar. Consequentemente a formação de estrelas seria atenuada por um determinado período. Resfriando o gás, a taxa de formação aumentaria, e a nova

geração de estrelas herdaria a composição química processada na geração anterior de estrelas. Portanto, cada pico na função metalicidade representaria uma fase ativa de formação de estrelas no Halo (Suchtov, 1981).

5.4 - A Metalicidade em função da Distribuição Espacial

A metalicidade dos aglomerados globulares em função da distância galactocêntrica é mostrada na Figura 15. Pontos indicam os 91 aglomerados observados neste trabalho e cruzes indicam os 12 aglomerados agregados à amostra (ver seção 4.4). A Figura mostra que os aglomerados ricos em metais se encontram na região $R < 10$ kpc, exceto PAL 12, um aglomerado com $[Fe/H] = -1.28$ em $R = 14$ kpc. Os aglomerados intermediários e pobres se distribuem através de todo o Halo. A Figura mostra que o gradiente de abundância entre os halos interno ($R < 10$ kpc) e externo persiste nesta calibração de $[Fe/H]$ na nova escala de abundância, contrariamente ao resultado de Zinn (1980b), numa análise utilizando uma calibração preliminar na nova escala. As abundâncias médias e dispersões nos halos interno e externo são respectivamente $[Fe/H] = -1.58 \pm 0.46$ (71 objetos) e $[Fe/H] = -1.96 \pm 0.26$ (32 objetos). A abundância média do Halo é -1.70 ± 0.44 (103 objetos). Para verificar a

existência de gradiente dentro dos halos interno e externo dividimos cada uma destas regiões em três partes. As abundâncias médias, dispersões e número de aglomerados são mostrados no quadro abaixo.

Região(kpc)	[Fe/H]	σ	N
$0 \leq R \leq 3$	-1.54	0.36	22
$3 < R \leq 6$	-1.54	0.51	25
$6 < R \leq 10$	-1.66	0.48	24
$10 < R \leq 20$	-1.87	0.24	21
$20 < R \leq 50$	-2.08	0.26	7
$50 < R \leq 100$	-2.22	0.12	4

A tabela mostra que tanto a média como a dispersão de metalicidades decrescem continuamente com a distância galactocêntrica a partir de $R > 3$ kpc. Estes resultados se refletem na Figura 15 onde se observa que o valor máximo da abundância [Fe/H] decresce continuamente com a distância enquanto o valor mínimo é praticamente independente desta.

A distribuição espacial bidimensional das metalicidades é mostrada na Figura 16. Há quatro grupos de metalicidade com distribuições diferentes no plano formado pelo módulo da distância ao disco galático $|Z|$ e a distância projetada no disco galático r . O primeiro grupo é formado pelos aglomerados mais pobres,

$-2.00 \leq [\text{Fe}/\text{H}] \leq -2.50$ (Δ). Este grupo se distribui desde as partes centrais até grandes distâncias como $|Z| = 89$ kpc e $r = 93$ kpc. O segundo grupo, com $-1.80 \leq [\text{Fe}/\text{H}] \leq -1.99$ (o) está restrito desde as partes centrais até distâncias $|Z| \cong 10$ kpc e $r \cong 20$ kpc. O terceiro grupo, $-1.70 \leq [\text{Fe}/\text{H}] \leq -1.79$ (+) é novamente disperso, porém mais restrito do que o primeiro grupo. Os aglomerados deste grupo se distribuem desde as partes centrais até $|Z| \cong 20$ kpc e $r \cong 35$ kpc. O último grupo, formado pelos aglomerados mais ricos $-0.50 \leq [\text{Fe}/\text{H}] \leq -1.69$ (\cdot), está confinado às partes centrais, exceto PAL12. Dos 38 objetos deste grupo, 35 se localizam em distância $|Z| \lesssim 3$ kpc e $r \lesssim 8$ kpc, definindo uma distribuição discoidal de 16 vs 6 kpc. A metalicidade do quarto grupo em função do $|Z|$ é graficada na Figura 17. Os aglomerados com $[\text{Fe}/\text{H}] \geq -1.0$ estão mais concentrados no plano do que aqueles com $-1.69 \leq [\text{Fe}/\text{H}] \leq -1.01$; 89% e 52% dos aglomerados respectivamente nos grupos $[\text{Fe}/\text{H}] \geq -1.0$ e $-1.01 \geq [\text{Fe}/\text{H}] \geq -1.69$ possuem $|Z| \leq 1.5$ kpc.

O modo como os diferentes grupos de metalicidade se distribuem espacialmente na Galáxia sugere o seguinte cenário de formação da Galáxia. A protogaláxia teria sido uma grande nuvem de gás com abundância primitiva $[\text{Fe}/\text{H}] \leq -2.5$. A nuvem teria sofrido um colapso com formação de estrelas através de todo o seu

volume. À medida que o volume de gás diminuía, as novas gerações de estrelas, as quais herdariam a abundância de elementos pesados processados no interior das estrelas das gerações anteriores ejetados para o meio, ocupariam volumes cada vez mais restritos. Nos últimos estágios a massa de gás tenderia a achatarse por rotação, gerando o disco da Galáxia. Os aglomerados globulares mais ricos em metais, por sua distribuição discoidal, teriam pertencido à última geração de estrelas do Halo.

5.5 - Comparação com o Modelo Simples de uma Zona

O modelo simples de uma zona foi comparado por Hartwick (1976) com uma amostra de aglomerados predominantemente do halo externo. Nesta seção comparamos o modelo de uma zona com a função de metalicidade intrínseca dos aglomerados de todo o Halo derivada na seção 5.3 .

A formulação do modelo simples de uma zona apresentada a seguir é baseada na de Hartwick (1976). As suposições são as seguintes:

- a) a nuvem protogalática contém inicialmente gás com abundância metálica Z_0 e massa unitária.
- b) o volume de gás se contrai em queda livre enquanto o gás enriquece devido ao processamento de elementos pesa

dos por estrelas massivas, as quais são formadas junto com as estrelas de menor massa durante a contração.

c) a escala de tempo para o enriquecimento de elementos pesados é curta comparada com a fase de contração. Os elementos pesados ejetados para o meio provêm de estrelas mais massivas do que $15 M_{\odot}$, cujos tempos de vida são $\approx 10^7$ anos, enquanto o tempo de queda livre da Galáxia é da ordem de $\sim 10^8 - 10^9$ anos.

d) a função de massa inicial é constante no tempo e os resultados da evolução estelar podem ser representados por 2 parâmetros α e p . α é a proporção de massa em cada geração de estrelas que permanece em estrelas de tempo de vida longo ou em restos colapsados de estrelas massivas. p é a proporção de massa de elementos pesados que é ejetada para o meio em relação à massa de gás retida em estrelas de vida longa ou em restos colapsados em cada geração de estrelas. Os valores destes parâmetros são $\alpha = 0.8$ e $p = 0.01$ (Hartwick, 1976).

e) a massa acumulada em estrelas formadas até a metalicidade Z ser atingida é $S(Z)$. Inicialmente $S(Z_0) = 0$ e atingida a máxima metalicidade Z_1 teremos $S(Z_1) = S_1$.

f) a eficiência da formação de estrelas pode ser reduzida pela remoção de gás das zonas de formação de estrelas. Chamamos $D(Z)$ a quantidade acumulada de gás retirada

da das zonas de formação de estrelas na metalicidade Z . Inicialmente $D(Z_0) = 0$. Esta remoção poderia ser causada por supernovas ou ventos de estrelas quentes, portanto é razoável supor que a taxa de remoção de gás seja proporcional à taxa de formação de estrelas e consequentemente $\frac{dD}{dS} = \text{constante} = c$.

As equações que governam o modelo simples de uma zona que permite a remoção de gás das zonas de formação de estrelas são:

a conservação de massa de gás M

$$M(Z) = 1 - \alpha S(Z) - D(Z) = 1 - (\alpha + c) S(Z)$$

e a conservação da abundância de elementos pesados Z

$$M(Z) \frac{dZ}{dS} = \alpha p$$

A solução destas equações é:

$$\frac{S}{S_1} = \frac{1 - \exp\{-[(\alpha + c)(Z - Z_0)] / \alpha p\}}{1 - \exp\{-[(\alpha + c)(Z_1 - Z_0)] / \alpha p\}}$$

A seguir comparamos a função metalicidade intrínseca da Figura 14 com o modelo. A abundância metálica em massa Z relativa ao máximo Z_1 é obtida por $\frac{Z}{Z_1} = 10^{([Fe/H] - [Fe/H]_1)}$. A Tabela 12 lista para cada intervalo de $[Fe/H]$ de 0.1 dex, o nº de aglomerados, o número acumulado de aglomerados, a fração acumulada

S/S_1 e a fração de enriquecimento Z/Z_1 . A Figura 18 mostra S/S_1 vs Z/Z_1 . É importante notar que as posições dos pontos observados independem do número de aglomerados na função metalicidade, dependendo apenas da forma da distribuição. As curvas da figura representam modelos com diferentes c . O modelo simples de uma zona possui $c = 0$. Nem este modelo nem qualquer modelo com remoção de gás das zonas de formação de estrelas ($c \neq 0$) se ajusta ao longo de todas as observações. Conclui-se que este tipo de modelo não é capaz de descrever a evolução química do sistema de aglomerados globulares. Em baixas metalicidades é possível ajustar parâmetros c . A falha do modelo a partir de metalicidades intermediárias seria devida a que o colapso a partir desta fase não mais se daria em queda livre, sendo atenuado pela pressão de gás.

O modelo com $C = 10$ se ajusta até $[Fe/H] \approx -1.8$. Pela Figura 16 nota-se que até esta metalicidade o volume ocupado pelos aglomerados decresce com a metalicidade, voltando a dispersar-se em $[Fe/H] \approx -1.7$. Uma hipótese para explicar este efeito seria que uma vez que o pico da função metalicidade ocorre em $[Fe/H] = -1.9$, a geração de estrelas correspondente a esta metalicidade produziria uma grande quantidade de supernovas que junto o vento de estrelas quentes teria sido capaz de expandir o gás para um volume maior. Esta fase de grande

número de supernovas inibiria a formação de estrelas na geração seguinte conforme a seção 5.3. Realmente em $[Fe/H] = -1.8$ ocorre um mínimo na função metalicidade. O gás que foi expandido resfriaria formando nuvens e conseqüentemente a taxa de formação de estrelas cresceria novamente resultando um novo pico na função metalicidade e uma distribuição de aglomerados em um volume maior do que nas gerações de $[Fe/H] = -1.9$ e -1.8 .

Entre $-1.80 \gtrsim [Fe/H] \gtrsim -1.20$ a eficiência observada de formação de estrelas é maior do que a indicada pelo modelo com $c = 10$. Nesta fase a função metalicidade mostra um mínimo em $[Fe/H] = -1.5$ e um máximo em $[Fe/H] \approx -1.35$ e novamente um mínimo em $[Fe/H] \approx -1.20$. A distribuição espacial da Figura 16 mostra um decréscimo de volume com $[Fe/H]$ a partir de $[Fe/H] = -1.7$, sugerindo uma fase de colapso inicialmente drástico, porém se estabilizando a partir de $[Fe/H] \approx -1.50$, pela atuação da pressão do gás.

Entre $-1.20 \gtrsim [Fe/H] \gtrsim -0.5$ a eficiência observada de formação de estrelas é menor do que o modelo com $c = 10$. Esta fase apresenta também uma sucessão pico-mínimo-pico-mínimo na função metalicidade, acompanhada por um achatamento da distribuição espacial em relação ao grupo anterior. Supomos que nesta fase além da pressão do gás, a rotação seria um fator importante atuando contra a gravidade. A distribuição discoidal dos

aglomerados globulares deste intervalo de metalicidade sugere que o disco da Galáxia começava a se desenvolver.



VI. CONCLUSÕES

Fotometria integrada com os filtros B e V do sistema UBV e 41, 42, 45 e 48 do sistema DDO foi realizada em 91 aglomerados globulares galácticos.

Foi desenvolvido um método para determinação de $E(B-V)$ a partir das cores observadas.

O índice de cor $C(42-45)_0$, o qual mede a intensidade da banda G do CH, foi calibrado na nova escala de abundâncias $[Fe/H]$. As abundâncias $[Fe/H]$ dos 91 aglomerados globulares consistem na maior amostra homogênea de aglomerados globulares com determinação de abundância metálica medida em um mesmo sistema.

O gradiente de metalicidade entre os halos interno e externo persiste na nova escala de abundância $[Fe/H]$ e se encontram evidências de gradientes dentro destas regiões.

A distribuição espacial dos diferentes grupos de metalicidade mostra uma tendência de decréscimo do volume ocupado com a metalicidade, sendo que o grupo mais rico em metais forma um sistema discoidal de 16×6 Kpc cujo grau de achatamento tende a crescer com a metalicidade.

A função de metalicidade dos aglomerados globulares apresenta uma sucessão de máximos e mínimos superpostos a uma base assimétrica, sugerindo formação de estrelas intermitente.

A distribuição espacial da metalicidade e a comparação das observações com o modelo simples de uma zona sugerem três fases na formação do Halo galático: fase de colapso em queda livre, fase em que a pressão do gás atenua o colapso e fase em que o disco galático começa a se formar pela atuação da rotação galática. O caráter discreto da função metalicidade em todas estas fases sugere que o Halo passou por sucessivas etapas ativas e inibidas de formação de estrelas.

REFERENCIAS

- Alcaino, G. 1974. Astr.Astrop.Suppl. 13:345
- Alcaino, G. 1977. Astr.Astrop.Suppl. 27:255
- Alcaino, G. 1978a. Astr.Astrop.Suppl. 32:379
- Alcaino, G. 1978b. Astr.Astrop.Suppl. 33:181
- Alcaino, G. 1979a. Vistas in Astron. 23:1
- Alcaino, G. 1979b. Astr.Astrop.Suppl. 38:61
- Alcaino, G. 1980. Astr.Astrop.Suppl. 39:315
- Alcaino, G. 1981a. Astr.Astrop.Suppl. 44:33
- Alcaino, G. 1981b. Astr.Astrop.Suppl. 44:191
- Burstein, D., McDonald, L.H. 1975. Astr.J. 80:17
- Butler, D. 1975. Ap.J. 200:68
- Canterna, R. 1976. Astr.J. 81:228
- Canterna, R., Rosino, L. 1981. Astr.Astrop.Suppl. 45:53
- Cohen, J.G. 1978. Ap.J. 223:487
- Cohen, J.G. 1979. Ap.J. 231:751
- Cohen, J.G. 1980. Ap.J. 241:981
- Cohen, J.G. 1981. Ap.J. 247:869
- Eggen, O.J., Lynden-Bell, D., Sandage, A. 1962
Ap.J. 136:748
- Frenk, C.S., White, S.M. 1980. MNRAS. 193:295
- Golay, M. 1974. Introduction to Astronomical Photometry,
D.Reidel, Boston
- Goranskii, V.P. 1979. Sov.Astr. 23:284
- Harris, H.C., Canterna, R. 1977. Astr.J. 82:798

- Harris, W.E. 1976. Astr.J. 81:1095
- Harris, W.E. 1980. IAU Symp. 85:81
- Harris, W.E., Canterna, R. 1979. Ap.J. 231, L19
- Harris, W.E., Canterna, R. 1980. Ap.J. 239:815
- Harris, W.E., Racine, R. 1979. Ann.Rev.Astr.Astrop.
17:241
- Harris, W.E., Van den Bergh, S. 1974 Astr.J. 79:31
- Hartwick, F.D.A. 1976. Ap.J. 209:418
- Janes, K.A. 1979. Dudley Obs.Rep. 14:103
- Kinman, T.D. 1959. MNRAS. 119:499
- Kraft, R. 1979. Ann.Rev.Astr.Astrop. 17:309
- Kron, G.E., Guetter, H.H. 1976. Astr.J. 81:817
- Kron, G.E., Mayall, N.U. 1960. Astr.J. 65:581
- Liller, M.H. 1980a. Astr.J. 85:673
- Liller, M.H. 1980b. Astr.J. 85:1480
- Mayall, N.U. 1946. Ap.J. 104:290
- McClure, R.D. 1976. Astr.J. 81:182
- McClure, R.D. 1979 Dudley Obs.Rep. 14:83
- McClure, R.D., Van den Bergh, S. 1968 Astr.J. 73:313
- Morgan, W.W. 1959. A.J. 64:432
- Philip, A.G.D., Cullen, M.F., White, R.E. 1976.
Dudley Obs.Rep. 11:1
- Pike, C.D. 1976. MNRAS. 177:257
- Pilachowski, C.A., Canterna, R., Wallerstein, G. 1980.
Ap.J. 235:L21
- Racine, R. 1973. Astr.J. 78:180
- Racine, R. 1975. Astr.J. 80:1031

- Rochol, J., Strauss, F. 1975. Rev.Bras.Tecnologia 6:317
- Sandage, A., Katem, B. 1968. Ap.J. 153:569
- Searle, L., Zinn, R. 1978. Ap.J. 225:357
- Sharov, A.S. 1976. Sov.Astr. 20:397
- Smith, H.A. 1979. Astr.J. 84:176
- Smith, H.A. 1980. Astr.J. 85:542
- Smith, H.A. 1981. Astr.J. 86:538
- Suchtov, A.A. 1981. Ap.Sp.Sc. 77:3
- Van den Bergh, S. 1967. Astr.J. 72:70
- Whitford, A.E. 1958. Astr.J. 63:201
- Woltjer, L. 1975 Astr.Astrop. 42:109
- Zinn, R. 1980a. Ap.J.Suppl. 42:19
- Zinn, R. 1980b. Ap.J. 241:602



T A B E L A 1

N G C	D(')	N	V	(B-V)	C(41-42)	C(42-45)	C(45-48)	48
104(47TUC)	9.2	8	4.53 0.06	0.90 0.02	0.153 0.028	0.691 0.020	1.116 0.022	4.93 0.06
288	5.9	3	8.87 0.12	0.72 0.04	0.050 0.051	0.542 0.052	1.061 0.068	9.23 0.11
362	3.4	5	6.61 0.12	0.79 0.02	0.076 0.016	0.595 0.013	1.097 0.027	7.00 0.14
1261	2.9	4	8.46 0.08	0.74 0.01	0.065 0.015	0.587 0.016	1.117 0.015	8.79 0.09
1851	1.9	3	8.06 0.08	0.78 0.01	0.094 0.024	0.583 0.032	1.064 0.019	8.40 0.15
1904(M79)	2.5	5	8.84 0.05	0.68 0.01	0.039 0.027	0.544 0.042	1.060 0.017	9.20 0.05
2298	1.9	4	10.42 0.13	0.78 0.02	0.020 0.038	0.572 0.053	1.083 0.053	10.84 0.11
2808	3.4	3	6.87 0.05	0.93 0.01	0.079 0.025	0.656 0.011	1.158 0.015	7.33 0.07
3201	4.6	6	8.12 0.03	0.97 0.02	0.095 0.027	0.632 0.025	1.164 0.037	8.60 0.09
4147	1.9	4	10.65 0.04	0.58 0.06	0.056 0.063	0.450 0.068	1.066 0.166	10.96 0.06
4372	3.4	4	9.25 0.08	1.11 0.02	0.089 0.063	0.616 0.039	1.054 0.042	9.93 0.13
4590(M68)	2.9	4	9.05 0.05	0.65 0.02	0.052 0.032	0.484 0.060	1.054 0.064	9.40 0.06
4833	4.6	7	8.01 0.08	0.94 0.03	0.111 0.051	0.610 0.038	1.138 0.031	8.68 0.08
5024(M53)	3.4	4	8.20 0.03	0.66 0.02	0.070 0.039	0.520 0.029	1.047 0.023	8.53 0.04
5139(ω CEN)	9.2	4	4.56 0.05	0.77 0.02	0.173 0.029	0.617 0.025	1.064 0.047	4.97 0.06
5272(M3)	3.9	4	6.89 0.02	0.70 0.01	0.025 0.028	0.577 0.020	1.052 0.018	7.23 0.02
5286	2.9	5	7.74 0.11	0.88 0.01	0.078 0.027	0.588 0.028	1.121 0.021	8.20 0.11
5634	1.9	4	10.07 0.03	0.65 0.03	0.055 0.037	0.524 0.054	1.018 0.026	10.40 0.03
5694	1.9	5	10.53 0.05	0.67 0.04	0.111 0.045	0.461 0.074	1.044 0.081	10.92 0.04
5824	1.0	4	9.32 0.05	0.76 0.03	0.070 0.032	0.537 0.031	1.076 0.031	9.73 0.05
5897	3.9	4	9.73 0.12	0.71 0.05	0.029 0.072	0.545 0.067	1.068 0.055	10.10 0.10
5904(M5)	3.9	4	6.76 0.04	0.71 0.01	0.069 0.017	0.572 0.025	1.067 0.019	7.11 0.06
5927	2.5	5	8.86 0.09	1.30 0.03	0.087 0.038	0.882 0.040	1.240 0.041	9.48 0.09
5946	1.0	6	10.76 0.08	1.33 0.05	0.140 0.092	0.688 0.069	1.315 0.070	11.54 0.11
5986	3.4	4	8.08 0.04	0.90 0.01	0.090 0.023	0.593 0.032	1.137 0.029	8.55 0.05
6093(M80)	1.9	4	8.08 0.05	0.83 0.01	0.083 0.035	0.580 0.032	1.130 0.024	8.50 0.06
6101	2.9	4	10.19 0.10	0.70 0.04	-0.015 0.063	0.547 0.073	1.119 0.072	10.56 0.11
6121(M4)	5.9	5	6.99 0.04	1.05 0.03	0.118 0.055	0.691 0.041	1.151 0.044	7.55 0.05
6139	1.4	4	10.10 0.08	1.40 0.02	0.079 0.090	0.741 0.075	1.313 0.047	10.92 0.09
6144	3.4	6	10.12 0.11	1.00 0.06	0.139 0.087	0.705 0.082	1.121 0.095	10.59 0.11

TABELA 1 - As magnitudes e cores observadas

T A B E L A 1 (cont.)

N G C	D(')	N	V	(B-V)	C(41-42)	C(42-45)	C(45-48)	48
6171(M107)	2.9	4	$\frac{9.39}{0.10}$	$\frac{1.17}{0.04}$	$\frac{0.107}{0.055}$	$\frac{0.737}{0.075}$	$\frac{1.233}{0.058}$	$\frac{9.98}{0.10}$
6205(M13)	5.1	4	$\frac{6.41}{0.11}$	$\frac{0.67}{0.04}$	$\frac{0.089}{0.050}$	$\frac{0.546}{0.042}$	$\frac{1.070}{0.049}$	$\frac{6.78}{0.11}$
6218(M12)	3.9	5	$\frac{7.98}{0.05}$	$\frac{0.86}{0.04}$	$\frac{0.105}{0.050}$	$\frac{0.596}{0.050}$	$\frac{1.100}{0.052}$	$\frac{8.47}{0.07}$
6229	1.4	4	$\frac{9.38}{0.12}$	$\frac{0.71}{0.05}$	$\frac{-0.142}{0.091}$	$\frac{0.581}{0.037}$	$\frac{1.156}{0.025}$	$\frac{9.66}{0.08}$
6235	1.4	4	$\frac{10.85}{0.10}$	$\frac{1.06}{0.03}$	$\frac{0.095}{0.089}$	$\frac{0.633}{0.070}$	$\frac{1.210}{0.047}$	$\frac{11.38}{0.10}$
6254(M10)	3.9	4	$\frac{7.57}{0.06}$	$\frac{0.91}{0.03}$	$\frac{0.151}{0.054}$	$\frac{0.594}{0.032}$	$\frac{1.140}{0.051}$	$\frac{8.05}{0.06}$
6266(M62)	2.5	4	$\frac{7.31}{0.10}$	$\frac{1.19}{0.01}$	$\frac{0.105}{0.034}$	$\frac{0.705}{0.017}$	$\frac{1.240}{0.019}$	$\frac{7.93}{0.10}$
6273(M19)	1.4	5	$\frac{8.39}{0.06}$	$\frac{1.08}{0.04}$	$\frac{0.087}{0.031}$	$\frac{0.633}{0.031}$	$\frac{1.203}{0.028}$	$\frac{8.93}{0.06}$
6284	1.4	3	$\frac{10.26}{0.09}$	$\frac{1.01}{0.01}$	$\frac{0.132}{0.032}$	$\frac{0.641}{0.038}$	$\frac{1.208}{0.025}$	$\frac{10.75}{0.12}$
6287	1.9	3	$\frac{10.42}{0.10}$	$\frac{1.22}{0.03}$	$\frac{0.109}{0.062}$	$\frac{0.723}{0.029}$	$\frac{1.232}{0.049}$	$\frac{11.12}{0.14}$
6293	1.4	4	$\frac{9.24}{0.08}$	$\frac{0.97}{0.02}$	$\frac{0.113}{0.049}$	$\frac{0.611}{0.046}$	$\frac{1.116}{0.033}$	$\frac{9.81}{0.09}$
6304	1.4	3	$\frac{9.52}{0.06}$	$\frac{1.32}{0.02}$	$\frac{0.099}{0.025}$	$\frac{0.921}{0.037}$	$\frac{1.270}{0.024}$	$\frac{10.15}{0.06}$
6316	1.4	4	$\frac{9.83}{0.13}$	$\frac{1.42}{0.03}$	$\frac{0.051}{0.088}$	$\frac{0.942}{0.079}$	$\frac{1.194}{0.069}$	$\frac{10.52}{0.13}$
6325	1.4	4	$\frac{11.49}{0.08}$	$\frac{1.67}{0.06}$	$\frac{-0.013}{0.097}$	$\frac{1.021}{0.061}$	$\frac{1.240}{0.097}$	$\frac{12.50}{0.11}$
6333(M9)	2.5	4	$\frac{8.48}{0.08}$	$\frac{0.95}{0.02}$	$\frac{0.059}{0.038}$	$\frac{0.604}{0.029}$	$\frac{1.164}{0.030}$	$\frac{8.98}{0.07}$
6341(M92)	3.4	4	$\frac{6.59}{0.12}$	$\frac{0.66}{0.03}$	$\frac{0.008}{0.039}$	$\frac{0.473}{0.027}$	$\frac{1.051}{0.036}$	$\frac{6.94}{0.10}$
6342	1.4	3	$\frac{10.84}{0.14}$	$\frac{1.30}{0.03}$	$\frac{0.186}{0.031}$	$\frac{0.802}{0.037}$	$\frac{1.327}{0.056}$	$\frac{11.50}{0.15}$
6352	2.9	4	$\frac{9.16}{0.13}$	$\frac{1.05}{0.02}$	$\frac{0.042}{0.051}$	$\frac{0.786}{0.033}$	$\frac{1.204}{0.033}$	$\frac{9.61}{0.12}$
6355	1.9	4	$\frac{10.54}{0.07}$	$\frac{1.44}{0.06}$	$\frac{0.065}{0.069}$	$\frac{0.737}{0.049}$	$\frac{1.425}{0.082}$	$\frac{11.36}{0.11}$
6356	1.9	4	$\frac{9.10}{0.05}$	$\frac{1.14}{0.03}$	$\frac{0.056}{0.070}$	$\frac{0.848}{0.044}$	$\frac{1.223}{0.034}$	$\frac{9.57}{0.07}$
6362	3.4	4	$\frac{8.52}{0.05}$	$\frac{0.84}{0.04}$	$\frac{0.119}{0.058}$	$\frac{0.674}{0.036}$	$\frac{1.090}{0.045}$	$\frac{8.88}{0.08}$
6388	1.9	5	$\frac{7.40}{0.07}$	$\frac{1.19}{0.01}$	$\frac{0.143}{0.023}$	$\frac{0.793}{0.015}$	$\frac{1.238}{0.009}$	$\frac{7.96}{0.07}$
6397	5.1	5	$\frac{6.81}{0.10}$	$\frac{0.71}{0.02}$	$\frac{0.111}{0.035}$	$\frac{0.550}{0.022}$	$\frac{1.058}{0.030}$	$\frac{7.18}{0.10}$
6402(M14)	2.9	4	$\frac{8.40}{0.07}$	$\frac{1.24}{0.03}$	$\frac{0.086}{0.039}$	$\frac{0.773}{0.035}$	$\frac{1.228}{0.052}$	$\frac{9.06}{0.09}$
6440	1.4	4	$\frac{9.74}{0.14}$	$\frac{2.02}{0.05}$	$\frac{0.232}{0.053}$	$\frac{1.076}{0.080}$	$\frac{1.494}{0.070}$	$\frac{10.79}{0.12}$
6441	1.9	4	$\frac{7.73}{0.11}$	$\frac{1.28}{0.02}$	$\frac{0.158}{0.015}$	$\frac{0.806}{0.016}$	$\frac{1.275}{0.014}$	$\frac{8.38}{0.13}$
6453	1.0	3	$\frac{10.79}{0.11}$	$\frac{1.33}{0.05}$	$\frac{0.025}{0.099}$	$\frac{0.720}{0.087}$	$\frac{1.303}{0.079}$	$\frac{11.54}{0.12}$
6496	2.9	4	$\frac{9.96}{0.15}$	$\frac{0.89}{0.06}$	$\frac{0.094}{0.049}$	$\frac{0.699}{0.054}$	$\frac{1.057}{0.063}$	$\frac{10.42}{0.16}$
6517	1.4	3	$\frac{11.08}{0.15}$	$\frac{1.76}{0.08}$	$\frac{0.213}{0.071}$	$\frac{0.688}{0.061}$	$\frac{1.501}{0.056}$	$\frac{12.05}{0.14}$
6522	1.4	4	$\frac{9.10}{0.14}$	$\frac{1.28}{0.04}$	$\frac{0.128}{0.058}$	$\frac{0.731}{0.042}$	$\frac{1.213}{0.044}$	$\frac{9.78}{0.14}$

T A B E L A 1 (cont.)

N G C	D(')	N	V	(B-V)	C(41-42)	C(42-45)	C(45-48)	48
6528	1.4	4	$\begin{smallmatrix} 9.94 \\ 0.17 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.57 \\ 0.04 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.210 \\ 0.055 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.0896 \\ 0.055 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.0688 \\ 0.068 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 10.68 \\ 0.16 \end{smallmatrix}$
6535	1.4	3	$\begin{smallmatrix} 11.35 \\ 0.19 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.99 \\ 0.03 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.055 \\ 0.03 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.592 \\ 0.057 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.097 \\ 0.062 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 11.90 \\ 0.14 \end{smallmatrix}$
6541	2.9	5	$\begin{smallmatrix} 7.27 \\ 0.09 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.77 \\ 0.01 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.062 \\ 0.012 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.574 \\ 0.013 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.099 \\ 0.008 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 7.65 \\ 0.10 \end{smallmatrix}$
6544	1.4	5	$\begin{smallmatrix} 9.59 \\ 0.09 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.52 \\ 0.03 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.110 \\ 0.073 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.0828 \\ 0.057 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.0338 \\ 0.047 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 10.46 \\ 0.07 \end{smallmatrix}$
6553	1.4	4	$\begin{smallmatrix} 9.08 \\ 0.15 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.66 \\ 0.06 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.022 \\ 0.090 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.024 \\ 0.094 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.068 \\ 0.071 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 9.91 \\ 0.15 \end{smallmatrix}$
6558	1.4	5	$\begin{smallmatrix} 10.20 \\ 0.17 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.17 \\ 0.04 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.162 \\ 0.066 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.700 \\ 0.075 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.134 \\ 0.037 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 10.74 \\ 0.12 \end{smallmatrix}$
6569	1.9	5	$\begin{smallmatrix} 9.51 \\ 0.16 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.40 \\ 0.05 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.167 \\ 0.079 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.794 \\ 0.062 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.040 \\ 0.042 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 10.18 \\ 0.13 \end{smallmatrix}$
6584	1.9	3	$\begin{smallmatrix} 9.61 \\ 0.08 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.78 \\ 0.02 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.040 \\ 0.058 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.590 \\ 0.050 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.090 \\ 0.061 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 9.98 \\ 0.08 \end{smallmatrix}$
6624	1.9	4	$\begin{smallmatrix} 8.62 \\ 0.02 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.15 \\ 0.02 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.121 \\ 0.054 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.794 \\ 0.031 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.005 \\ 0.027 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 9.15 \\ 0.03 \end{smallmatrix}$
6626(M28)	1.9	5	$\begin{smallmatrix} 7.81 \\ 0.01 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.11 \\ 0.03 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.128 \\ 0.033 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.670 \\ 0.028 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.192 \\ 0.011 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 8.39 \\ 0.03 \end{smallmatrix}$
6637(M69)	1.4	4	$\begin{smallmatrix} 8.53 \\ 0.02 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.04 \\ 0.03 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.120 \\ 0.036 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.770 \\ 0.028 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.187 \\ 0.018 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 9.00 \\ 0.05 \end{smallmatrix}$
6638	1.9	6	$\begin{smallmatrix} 9.33 \\ 0.06 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.16 \\ 0.04 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.121 \\ 0.046 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.748 \\ 0.042 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.227 \\ 0.043 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 9.97 \\ 0.07 \end{smallmatrix}$
6642	1.4	5	$\begin{smallmatrix} 9.85 \\ 0.11 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.13 \\ 0.06 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.141 \\ 0.071 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.660 \\ 0.061 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.206 \\ 0.067 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 10.42 \\ 0.12 \end{smallmatrix}$
6652	1.0	4	$\begin{smallmatrix} 9.69 \\ 0.03 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.91 \\ 0.02 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.054 \\ 0.049 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.740 \\ 0.054 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.143 \\ 0.023 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 10.08 \\ 0.08 \end{smallmatrix}$
6656(M22)	5.1	5	$\begin{smallmatrix} 5.98 \\ 0.09 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.06 \\ 0.05 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.132 \\ 0.052 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.671 \\ 0.033 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.169 \\ 0.031 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 6.59 \\ 0.09 \end{smallmatrix}$
6681(M70)	1.9	4	$\begin{smallmatrix} 8.53 \\ 0.13 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.72 \\ 0.03 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.109 \\ 0.024 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.529 \\ 0.031 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.091 \\ 0.038 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 8.87 \\ 0.17 \end{smallmatrix}$
6712	2.5	4	$\begin{smallmatrix} 8.94 \\ 0.05 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.19 \\ 0.04 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.082 \\ 0.064 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.845 \\ 0.044 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.246 \\ 0.056 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 9.55 \\ 0.09 \end{smallmatrix}$
6715(M54)	1.0	6	$\begin{smallmatrix} 8.11 \\ 0.09 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.85 \\ 0.02 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.093 \\ 0.023 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.642 \\ 0.032 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.104 \\ 0.017 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 8.47 \\ 0.11 \end{smallmatrix}$
6723	2.9	3	$\begin{smallmatrix} 7.90 \\ 0.13 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.80 \\ 0.01 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.090 \\ 0.010 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.629 \\ 0.010 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.098 \\ 0.008 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 8.27 \\ 0.13 \end{smallmatrix}$
6752	5.1	4	$\begin{smallmatrix} 6.14 \\ 0.05 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.73 \\ 0.03 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.140 \\ 0.042 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.541 \\ 0.026 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.065 \\ 0.031 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 6.54 \\ 0.04 \end{smallmatrix}$
6760	1.9	5	$\begin{smallmatrix} 10.09 \\ 0.06 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.66 \\ 0.06 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.194 \\ 0.036 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.924 \\ 0.070 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.414 \\ 0.061 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 11.06 \\ 0.06 \end{smallmatrix}$
6779(M56)	2.5	4	$\begin{smallmatrix} 8.99 \\ 0.09 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.94 \\ 0.06 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.030 \\ 0.031 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.593 \\ 0.033 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.156 \\ 0.059 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 9.40 \\ 0.08 \end{smallmatrix}$
6809(M55)	5.1	4	$\begin{smallmatrix} 7.13 \\ 0.08 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.74 \\ 0.04 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.098 \\ 0.031 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.559 \\ 0.033 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.026 \\ 0.029 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 7.54 \\ 0.11 \end{smallmatrix}$
6838(M71)	3.4	4	$\begin{smallmatrix} 7.91 \\ 0.07 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.16 \\ 0.03 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.107 \\ 0.067 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.773 \\ 0.044 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.219 \\ 0.023 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 8.49 \\ 0.09 \end{smallmatrix}$
6864(M75)	1.4	6	$\begin{smallmatrix} 9.08 \\ 0.08 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.89 \\ 0.03 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.077 \\ 0.030 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.627 \\ 0.033 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.137 \\ 0.034 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 9.46 \\ 0.09 \end{smallmatrix}$
6934	1.9	4	$\begin{smallmatrix} 9.21 \\ 0.04 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.78 \\ 0.02 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.096 \\ 0.055 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.609 \\ 0.068 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.102 \\ 0.043 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 9.54 \\ 0.04 \end{smallmatrix}$
6981(M72)	1.9	5	$\begin{smallmatrix} 9.95 \\ 0.16 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.72 \\ 0.05 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.026 \\ 0.098 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.546 \\ 0.052 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.065 \\ 0.037 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 10.20 \\ 0.13 \end{smallmatrix}$
7006	1.4	4	$\begin{smallmatrix} 10.78 \\ 0.16 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.75 \\ 0.05 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.012 \\ 0.065 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.589 \\ 0.046 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.097 \\ 0.057 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 11.15 \\ 0.15 \end{smallmatrix}$
7078(M15)	3.4	4	$\begin{smallmatrix} 6.17 \\ 0.15 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.71 \\ 0.01 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.060 \\ 0.019 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.535 \\ 0.015 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.067 \\ 0.018 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 6.53 \\ 0.14 \end{smallmatrix}$
7089(M2)	3.4	4	$\begin{smallmatrix} 6.22 \\ 0.15 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.70 \\ 0.01 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.079 \\ 0.033 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.559 \\ 0.017 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.069 \\ 0.013 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 6.56 \\ 0.15 \end{smallmatrix}$
7099(M30)	2.5	3	$\begin{smallmatrix} 8.19 \\ 0.10 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.63 \\ 0.01 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.052 \\ 0.015 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 0.499 \\ 0.012 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 1.041 \\ 0.011 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} 8.51 \\ 0.11 \end{smallmatrix}$

T A B E L A 2

N G C	$E(B-V)_A$	$E(B-V)_B$	$E(B-V)_C$	$E(B-V)_D$	$E(B-V)$	$\sigma(E(B-V))$
104	0.04	0.06	0.06	0.14	0.08	0.04
288	0.04	0.00*	0.00	0.07	0.03	0.03
362	0.06	0.04	0.04	0.08	0.06	0.02
1261	0.00	0.00	0.00	(-0.01)	0.00	0.00
1851	0.10	0.10	0.06	0.10	0.09	0.02
1904	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
2298	0.08	0.04	0.15	0.11	0.10	0.05
2808	0.22	0.22	0.22	0.19	0.21	0.02
3201	0.21	0.24*	0.27	0.26	0.25	0.03
4147	0.02	0.00	0.00	(-0.06)	0.01	0.01
4372	0.37 ⁽¹⁾	0.41*	....	0.41	0.40	0.02
4590	0.03	0.08	0.02	0.01	0.04	0.00
4833	0.32	0.33*	0.34	0.27	0.31	0.03
5024	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01
5139	0.11	0.10	....	0.06	0.09	0.03
5272	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01
5286	0.27	0.17	0.24	0.21	0.22	0.04
5634	....	0.02	0.04	0.02	0.03	0.01
5694	....	0.09	0.10	0.09	0.09	0.01
5824	....	0.10	0.14	0.12	0.12	0.02
5897	0.11 ⁽²⁾	0.13*	....	0.04	0.09	0.05
5904	0.03	0.07	0.03	0.01	0.04	0.03
5927	0.48	0.54	0.42	0.44	0.47	0.05
5946	....	0.67*	....	0.62	0.65	0.03
5986	....	0.17	0.29	0.22	0.23	0.06
6093	0.16	0.17	0.21	0.13	0.17	0.03
6101	....	0.26	....	(-0.03)	0.13	0.13
6121	0.40	0.32*	0.37	0.34	0.36	0.04
6139	....	0.64	0.78	0.68	0.70	0.07
6144	0.40 ⁽³⁾	0.27*	....	0.28	0.32	0.07

TABELA 2 - Determinação do $E(B-V)$. As referências assinaladas na coluna 2 são as seguintes: (1) Alcaino (1974); (2) Sandage e Katen (1968); (3) Alcaino (1980); (4) Liller (1980a); (5) Alcaino (1978a); (6) Alcaino (1981a); (7) Liller (1980b); (8) Alcaino (1981b).

T A B E L A 2 (cont.)

N G C	$E(B-V)_A$	$E(B-V)_B$	$E(B-V)_C$	$E(B-V)_D$	$E(B-V)$	$\sigma(E(B-V))$
6171	0.31	0.39	0.38	0.40	0.37	0.04
6205	0.02	0.02	0.01	(-0.03)	0.01	0.01
6218	0.17	0.16	0.16	0.19	0.17	0.01
6229	0.00	0.05	0.01	(-0.09)	0.02	0.02
6235	0.38 ⁽⁴⁾	0.33*	....	0.36	0.36	0.03
6254	0.28	0.20	0.26	0.23	0.24	0.04
6266	0.50 ⁽⁵⁾	0.43	0.48	0.46	0.47	0.03
6273	....	0.36	0.36	0.40	0.37	0.02
6284	....	0.26	0.29	0.27	0.27	0.02
6287	....	0.43*	0.62	0.49	0.51	0.10
6293	....	0.36	0.37	0.34	0.36	0.02
6304	0.58	0.52	0.49	0.40	0.50	0.07
6316	....	0.67*	0.47	0.62	0.59	0.11
6325	....	0.84*	0.89	0.92	0.88	0.04
6333	....	0.35	0.34	0.26	0.32	0.05
6341	0.02	0.03	0.03	0.05	0.03	0.01
6342	....	0.46*	0.46	0.43	0.45	0.02
6352	0.25	0.30*	....	0.18	0.24	0.06
6355	....	0.66*	0.78	0.62	0.69	0.08
6356	....	0.30	0.27	0.24	0.27	0.03
6362	0.11	0.16*	0.10	0.09	0.12	0.03
6388	0.38 ⁽⁶⁾	0.37	0.35	0.36	0.37	0.01
6397	0.18	0.11	0.16	0.05	0.13	0.06
6402	....	0.57	0.59	0.48	0.55	0.06
6440	....	1.12	1.10	1.12	1.11	0.01
6441	....	0.47	0.47	0.45	0.46	0.01
6453	....	0.63*	....	0.60	0.61	0.02
6496	....	0.34*	....	0.18	0.26	0.08
6517	....	1.00*	....	1.11	1.05	0.05
6522	0.45	0.49	0.51	0.60	0.51	0.06

T A B E L A 2 (cont.)

N G C	$E(B-V)_A$	$E(B-V)_B$	$E(B-V)_C$	$E(B-V)_D$	$E(B-V)$	$\sigma(E(B-V))$
6528	....	0.70*	0.56	0.72	0.66	0.09
6535	0.33 ⁽⁷⁾	0.27*	....	0.41	0.34	0.07
6541	0.18	0.09	0.13	0.08	0.12	0.05
6544	....	0.63	0.79	0.75	0.72	0.08
6553	....	0.88*	0.78	0.71	0.79	0.09
6558	....	0.27*	0.41	0.54	0.41	0.14
6569	....	0.62*	0.55	0.59	0.59	0.04
6584	....	0.10	0.11	0.08	0.10	0.02
6624	0.25	0.31	0.26	0.33	0.29	0.05
6626	0.40 ⁽⁸⁾	0.38	0.40	0.42	0.40	0.02
6637	0.20	0.15	0.17	0.20	0.18	0.02
6638	....	0.41	0.41	0.37	0.40	0.02
6642	....	0.36*	....	0.44	0.40	0.04
6652	....	0.11	0.08	0.07	0.09	0.02
6656	0.32	0.35	0.37	0.36	0.35	0.02
6681	....	0.00	0.08	0.05	0.04	0.04
6712	0.48	0.40	0.39	0.30	0.39	0.07
6715	....	0.14	0.15	0.12	0.14	0.02
6723	0.00	0.00	0.05	0.07	0.03	0.04
6752	0.04	0.00	0.00	0.08	0.03	0.04
6760	....	0.96*	0.81	0.79	0.85	0.09
6779	0.21	0.22	0.23	0.26	0.23	0.02
6809	0.06	0.06	0.09	0.12	0.08	0.03
6838	0.27	0.35	0.26	0.36	0.31	0.05
6864	....	0.14	0.17	0.17	0.16	0.02
6934	0.15	0.07	0.07	0.05	0.09	0.04
6981	0.04	0.00	0.07	0.06	0.04	0.03
7006	0.05	0.15	0.05	0.03	0.07	0.05
7078	0.10	0.08	0.08	0.05	0.08	0.02
7089	0.02	0.07	0.03	0.01	0.03	0.03
7099	0.04	0.00	0.01	(-0.01)	0.01	0.02

TABELA 3

NGC	$\bar{E}(B-V)$	$(B-V)_0$	$C(42-48)_0$
104	0.05	0.85	1.781
288	0.01	0.71	1.598
362	0.05	0.74	1.665
1261	0.00	0.74	1.704
1851	0.09	0.69	1.618
1904	0.00	0.68	1.604
2298	0.09	0.69	1.608
2808	0.22	0.71	1.687
3201	0.24	0.73	1.667
4147	0.01	0.57	1.511
4590	0.04	0.61	1.527
4833	0.33	0.61	1.570
5024	0.01	0.65	1.562
5272	0.01	0.69	1.624
5286	0.23	0.65	1.585
5904	0.04	0.67	1.618
5927	0.48	0.82	1.863
6093	0.18	0.65	1.613
6121	0.36	0.69	1.648
6171	0.36	0.81	1.775
6205	0.02	0.65	1.605
6218	0.16	0.70	1.609
6229	0.02	0.69	1.726
6254	0.25	0.66	1.600

NGC	$\bar{E}(B-V)$	$(B-V)_0$	$C(42-48)_0$
6266	0.47	0.72	1.691
6304	0.53	0.79	1.905
6341	0.03	0.63	1.508
6362	0.12	0.72	1.699
6388	0.37	0.82	1.801
6397	0.15	0.56	1.528
6522	0.48	0.80	1.690
6541	0.05	0.72	1.638
6624	0.27	0.88	1.853
6626	0.39	0.72	1.651
6637	0.17	0.87	1.865
6656	0.35	0.71	1.652
6712	0.42	0.77	1.864
6723	0.02	0.78	1.706
6752	0.01	0.72	1.601
6779	0.22	0.72	1.630
6809	0.07	0.67	1.547
6838	0.29	0.87	1.835
6934	0.10	0.68	1.657
6981	0.04	0.68	1.590
7006	0.08	0.67	1.643
7078	0.09	0.62	1.553
7089	0.04	0.66	1.607
7099	0.02	0.61	1.529

TABELA 3 - Parâmetros utilizados no desenvolvimento do método de determinação de avermelhamento.

T A B E L A 4

NGC	V_0	$(B-V)_0$	$C(41-42)_0$	$C(42-45)_0$	$C(45-48)_0$	48_0	[Fe/H]	σ ([Fe/H])
104	4.27	0.82	0.147	0.673	1.091	4.64	-1.31	0.10
288	8.77	0.69	0.048	0.535	1.052	9.12	-1.97	0.25
362	6.42	0.73	0.072	0.581	1.078	6.78	-1.75	0.06
1261	8.46	0.74	0.065	0.587	1.117	8.79	-1.72	0.08
1851	7.77	0.69	0.088	0.562	1.056	8.07	-1.84	0.15
1904	8.84	0.68	0.039	0.544	1.060	9.20	-1.93	0.15
2298	10.10	0.68	0.013	0.549	1.054	10.47	-1.91	0.25
2808	6.20	0.72	0.064	0.608	1.085	6.56	-1.62	0.05
3201	7.32	0.72	0.078	0.575	1.087	7.68	-1.78	0.12
4147	10.62	0.57	0.055	0.448	1.063	10.92	-2.39	0.33
4372	7.97	0.71	0.061	0.524	1.130	8.36	-2.03	0.19
4590	8.92	0.61	0.049	0.485	1.042	9.25	-2.21	0.29
4833	7.02	0.63	0.089	0.539	1.042	7.34	-1.95	0.18
5024	8.17	0.65	0.069	0.518	1.044	8.49	-2.05	0.14
5139	4.27	0.68	0.167	0.596	1.036	4.64	-1.68	0.12
5272	6.86	0.69	0.024	0.575	1.049	7.19	-1.78	0.10
5286	7.04	0.66	0.063	0.537	1.053	7.39	-1.96	0.13
5634	9.97	0.62	0.053	0.517	1.009	10.29	-2.06	0.26
5694	10.24	0.58	0.105	0.440	1.016	10.59	-2.43	0.35
5824	8.94	0.64	0.062	0.509	1.039	9.29	-2.10	0.15
5897	9.44	0.62	0.023	0.524	1.040	9.77	-2.03	0.32
5904	6.63	0.67	0.066	0.563	1.055	6.96	-1.84	0.12
5927	7.36	0.83	0.054	0.774	1.094	7.75	-0.83	0.19
5946	8.68	0.68	0.095	0.539	1.114	9.15	-1.95	0.33
5986	7.34	0.67	0.074	0.540	1.066	7.70	-1.95	0.15
6093	7.54	0.66	0.071	0.541	1.077	7.87	-1.94	0.15
6101	9.77	0.57	-0.024	0.517	1.079	10.08	-2.06	0.35
6121	5.84	0.69	0.093	0.608	1.039	6.23	-1.62	0.20
6139	7.86	0.70	0.030	0.580	1.096	8.34	-1.76	0.36
6144	9.10	0.68	0.117	0.631	1.022	9.41	-1.51	0.39

TABELA 4 - As magnitudes e cores intrínsecas e abundância [Fe/H]

T A B E L A 4 (cont.)

NGC	V_0	$(B-V)_0$	$C(41-42)_0$	$C(42-45)_0$	$C(45-48)_0$	48_0	[Fe/H]	α ([Fe/H])
6171	8.21	0.80	0.081	0.652	1.118	8.62	-1.41	0.36
6205	6.38	0.66	0.088	0.544	1.067	6.74	-1.93	0.20
6218	7.44	0.69	0.093	0.557	1.047	7.84	-1.87	0.24
6229	9.32	0.69	-0.143	0.576	1.150	9.59	-1.78	0.18
6235	9.70	0.70	0.070	0.550	1.098	10.06	-1.90	0.33
6254	6.80	0.67	0.134	0.539	1.066	7.17	-1.95	0.15
6266	5.81	0.72	0.072	0.597	1.094	6.20	-1.68	0.08
6273	7.21	0.71	0.061	0.548	1.088	7.57	-1.91	0.15
6284	9.40	0.74	0.113	0.579	1.124	9.76	-1.76	0.18
6287	8.79	0.71	0.073	0.606	1.074	9.24	-1.63	0.14
6293	8.09	0.61	0.088	0.528	1.004	8.49	-2.01	0.22
6304	7.92	0.82	0.064	0.806	1.115	8.31	-0.68	0.18
6316	7.94	0.83	0.010	0.806	1.087	8.35	-0.68	0.38
6325	8.71	0.79	-0.075	0.791	0.967	9.26	-0.75	0.29
6333	7.49	0.64	0.037	0.533	1.004	7.84	-1.98	0.14
6341	6.49	0.63	0.006	0.466	1.042	6.83	-2.30	0.13
6342	9.40	0.85	0.155	0.699	1.188	9.84	-1.19	0.18
6352	8.39	0.81	0.025	0.731	1.130	8.73	-1.04	0.16
6355	8.33	0.75	0.017	0.578	1.211	8.82	-1.77	0.23
6356	8.24	0.87	0.037	0.786	1.139	8.58	-0.77	0.21
6362	8.10	0.71	0.110	0.644	1.050	8.40	-1.45	0.17
6388	6.22	0.82	0.117	0.708	1.123	6.60	-1.15	0.07
6397	6.43	0.59	0.103	0.522	1.021	6.74	-2.03	0.11
6402	6.64	0.69	0.048	0.647	1.058	7.04	-1.44	0.17
6440	6.19	0.91	0.154	0.821	1.150	6.71	-0.61	0.38
6441	6.26	0.82	0.126	0.700	1.132	6.69	-1.18	0.08
6453	8.84	0.72	-0.018	0.580	1.114	9.30	-1.76	0.42
6496	9.13	0.63	0.076	0.639	0.976	9.46	-1.48	0.26
6517	7.72	0.71	0.140	0.447	1.176	8.19	-2.39	0.29
6522	7.47	0.77	0.092	0.614	1.060	7.90	-1.60	0.20

T A B E L A 4 (cont.)

NGC	V_0	$(B-V)_0$	$C(41-42)_0$	$C(42-45)_0$	$C(45-48)_0$	48_0	[Fe/H]	σ ([Fe/H])
6528	7.83	0.91	0.164	0.744	1.163	8.25	-0.97	0.26
6535	10.26	0.65	0.031	0.514	0.992	10.65	-2.07	0.32
6541	6.89	0.65	0.054	0.546	1.053	7.21	-1.92	0.06
6544	7.29	0.80	0.060	0.662	1.115	7.81	-1.36	0.32
6553	6.55	0.87	-0.033	0.842	1.243	7.00	-0.50	0.45
6558	8.89	0.76	0.133	0.606	1.007	9.27	-1.63	0.36
6569	7.62	0.81	0.126	0.658	1.157	8.01	-1.38	0.30
6584	9.29	0.68	0.033	0.567	1.059	9.61	-1.82	0.24
6624	7.69	0.86	0.101	0.727	1.115	8.08	-1.05	0.15
6626	6.53	0.71	0.100	0.578	1.068	6.92	-1.77	0.13
6637	7.95	0.86	0.107	0.729	1.131	8.34	-1.05	0.13
6638	8.05	0.76	0.093	0.656	1.103	8.44	-1.39	0.20
6642	8.05	0.73	0.113	0.568	1.082	8.95	-1.81	0.29
6652	9.40	0.82	0.048	0.719	1.115	9.75	-1.09	0.26
6656	4.86	0.71	0.108	0.591	1.061	5.25	-1.71	0.16
6681	8.40	0.68	0.106	0.520	1.079	8.72	-2.04	0.15
6712	7.69	0.80	0.055	0.755	1.125	8.11	-0.92	0.21
6715	7.66	0.71	0.083	0.610	1.061	7.95	-1.61	0.16
6723	7.80	0.77	0.078	0.621	1.085	8.16	-1.56	0.05
6752	6.04	0.70	0.138	0.534	1.056	6.43	-1.98	0.12
6760	7.37	0.81	0.133	0.729	1.151	7.91	-1.05	0.33
6779	8.16	0.71	0.014	0.540	1.085	8.55	-1.95	0.17
6809	6.87	0.66	0.092	0.541	1.001	7.25	-1.94	0.09
6838	6.92	0.85	0.085	0.702	1.123	7.35	-1.17	0.21
6864	8.52	0.73	0.066	0.590	1.087	8.87	-1.71	0.16
6934	8.92	0.69	0.090	0.588	1.074	9.21	-1.72	0.33
6981	9.82	0.68	0.023	0.537	1.053	10.05	-1.96	0.25
7006	10.56	0.68	0.007	0.573	1.075	10.89	-1.79	0.22
7078	5.91	0.63	0.054	0.517	1.042	6.24	-2.06	0.07
7089	6.12	0.67	0.077	0.552	1.060	6.45	-1.89	0.08
7099	8.16	0.62	0.051	0.497	1.038	8.47	-2.15	0.06

T A B E L A 5

N G C	[Fe/H] _{<S>}	[Fe/H]*DDO	[Fe/H] _{ΔS}	[Fe/H]	[Fe/H]
5024	-1.93±0.07	-1.94±....	-1.85±0.08	-1.91±0.05	-1.76±0.25
5272	-1.67±0.07	-1.33±0.09	-1.57±0.08	-1.52±0.17	-1.27±0.17
5904	-1.15±0.07	-1.26±0.17	-1.01±0.06	-1.14±0.13	-1.37±0.22
6205	-1.60±0.07	-1.29±0.07	-1.03±0.11	-1.31±0.29	-1.54±0.36
6341	-2.01±0.07	-2.19±0.28	-2.18±0.11	-2.13±0.10	-2.21±0.23
6838	-0.22±0.07	-0.26±0.09	-0.04±....	-0.17±0.12	-0.17±0.38
7078	-1.93±0.07	-1.92±0.20	-2.04±0.06	-1.96±0.07	-1.77±0.13
7089	-1.45±0.07	-1.20±0.06	-1.43±0.10	-1.36±0.14	-1.47±0.15

TABELA 5 - As abundâncias [Fe/H] utilizadas na determinação da sensibilidade de C(42-45)₀ à metalicidade.

T A B E L A 6

N G C	[Fe/H]	σ
104	-1.20	0.20
5139	-1.70	0.19
5272	-1.80	0.10
6205	-1.63	0.10
6341	-2.34	0.10
6656	-1.78	0.11
6838	-1.27	0.10
7078	-2.20	0.10

TABELA 6 - As abundâncias na nova escala [Fe/H] utilizadas na calibração de C(42-45)₀.

T A B E L A 7

AGLOMERADO	$C(42-45)_{oEQ}$	[Fe/H]
NGC2419	0.480 ± 0.026	-2.22 ± 0.12
NGC5053*	0.477 ± 0.017	-2.25 ± 0.08
NGC5466*	0.494 ± 0.017	-2.17 ± 0.08
NGC6426*	0.479 ± 0.026	-2.24 ± 0.12
NGC7492	0.497 ± 0.026	-2.15 ± 0.12
PAL1	0.517 ± 0.026	-2.06 ± 0.12
PAL3	0.475 ± 0.026	-2.26 ± 0.12
PAL4	0.458 ± 0.026	-2.34 ± 0.12
PAL5*	0.590 ± 0.034	-1.71 ± 0.16
PAL11	0.686 ± 0.026	-1.25 ± 0.12
PAL12**	0.680 ± 0.014	-1.28 ± 0.10
PAL13	0.510 ± 0.026	-2.09 ± 0.12

TABELA 7 - Aglomerados globulares agregados a este trabalho. Os valores [Fe/H] foram obtidos a partir de $C(42-45)_o$ equivalentes a índices de metalicidade fornecidos por Harris e Canterna (1979) e Zinn (1980a(*),b(**)).

T A B E L A 8

NGC	(V-M _v)	E(B-V)	d(Kpc)	l(o)	b(o)	X(Kpc)	Y(Kpc)	Z(Kpc)	r(Kpc)	R(Kpc)
104	13.46	0.08	4.37	305.9	-44.9	7.2	-2.5	-3.1	7.6	8.2
288	14.70	0.03	8.33	149.7	-89.4	9.1	0.0	-8.3	9.1	12.3
362	14.90	0.06	8.74	301.5	-46.3	5.8	-5.1	-6.3	7.8	10.0
1261	16.04 ⁽⁹⁾	0.00	16.14	270.6	-52.1	8.9	-9.9	-12.7	13.3	18.4
PAL1*	18.70	0.12 ⁽¹⁾	46.05	130.0	19.1	37.0	33.3	15.1	49.8	52.0
PAL2*	20.20 ⁽²⁾	1.20 ⁽²⁾	18.71	170.5	-9.0	27.2	3.1	-2.9	27.4	27.5
1851	15.40	0.09	10.53	244.5	-35.0	12.7	-7.8	-6.0	14.9	16.1
1904	15.65	0.00	13.49	227.5	-29.3	17.0	-8.6	-6.6	19.1	20.2
2298	15.80	0.10	12.47	245.6	-16.0	14.0	-10.9	-3.4	17.7	18.0
2419	19.94	0.03 ⁽¹⁾	93.07	180.4	25.3	93.1	-0.6	39.8	93.1	101.3
2808	15.52	0.21	9.32	282.4	-11.3	7.1	-8.9	-1.8	11.4	11.5
PAL3	20.00	0.03 ⁽¹⁾	95.68	240.3	41.9	44.3	-61.9	63.9	76.1	99.4
3201	14.15	0.25	4.68	277.2	8.6	8.4	-4.6	0.7	9.6	9.6
PAL4	19.85	0.00 ⁽¹⁾	93.33	202.3	71.8	36.0	-11.1	88.7	37.6	96.3
4147	16.28	0.01	17.77	252.9	77.2	10.2	-3.8	17.3	10.8	20.4
4372	14.90	0.40	5.30	301.0	-9.9	6.3	-4.5	-0.9	7.7	7.8
4590	15.01	0.04	9.47	299.6	36.0	5.2	-6.7	5.6	8.5	10.1
4833	14.90	0.31	6.05	303.6	-8.0	5.7	-5.0	-0.8	7.6	7.6
5024	16.34	0.01	18.26	333.0	79.8	6.1	-1.5	18.0	6.3	19.0
5053	16.00	0.03 ⁽¹⁾	15.16	335.6	79.0	6.4	-1.2	14.9	6.5	16.2
5139	13.92	0.09	5.33	309.1	15.0	5.8	-4.0	1.4	7.0	7.1
5272	15.00	0.01	9.85	42.2	78.7	7.6	1.3	9.7	7.7	12.3
5286	15.61	0.22	9.58	311.6	10.6	2.7	-7.0	1.8	7.6	7.8
5466	15.96	0.05 ⁽¹⁾	14.45	42.1	73.6	6.0	2.7	13.9	6.6	15.3
5634	16.90	0.03	22.95	342.2	49.3	-5.2	-4.6	17.4	7.0	18.7
5694	17.80	0.09	31.80	331.1	30.4	-15.5	-12.4	16.1	19.8	25.5
IC4499	17.12	0.24 ⁽¹⁾	18.64	307.4	-20.5	-1.6	-13.9	-6.5	14.0	15.4
5824	17.32	0.12	24.39	332.6	22.1	-11.1	-10.4	9.2	15.2	17.7
PAL5	16.75	0.03 ⁽¹⁾	21.42	0.9	45.9	-5.9	0.2	15.4	5.9	16.5
5897	15.60	0.09	11.55	342.9	30.3	-0.5	-2.9	5.8	3.0	6.5
5904	14.51	0.04	7.52	3.9	46.8	3.9	0.4	5.5	3.9	6.7

T A B E L A 8 (cont.)

N G C	(V-M _V)	E(B-V)	d(Kpc)	l(o)	b(o)	X(Kpc)	Y(Kpc)	Z(Kpc)	r(Kpc)	R(Kpc)
5927	16.10	0.47	8.30	326.6	4.9	2.1	-4.6	0.7	5.0	5.1
5946*	16.70	0.65	8.39	327.3	4.2	2.0	-4.5	0.6	4.9	5.0
5986	15.90	0.23	10.78	337.0	13.3	-0.7	-4.1	2.5	4.2	4.8
PAL14	19.20	0.03 ⁽¹⁾	66.19	28.8	42.2	-34.0	23.6	44.5	4.4	60.7
6093	15.28	0.17	8.86	352.7	19.5	0.7	-1.1	3.0	1.3	3.2
6101	15.70	0.13	11.40	317.7	-15.8	0.9	-7.4	-3.1	7.4	8.1
6121	12.73	0.36	2.07	351.0	16.0	7.0	-0.3	0.6	7.0	7.1
6139*	16.93	0.70	8.67	342.4	6.9	0.8	-2.6	1.0	2.7	2.9
6144	16.00 ⁽⁴⁾	0.32	9.89	351.9	15.7	-0.4	-1.3	2.7	1.4	3.0
6171	15.03	0.37	5.88	3.4	23.0	3.6	0.3	2.3	3.6	4.3
6205	14.35	0.01	7.30	59.0	40.9	6.2	4.7	4.8	7.8	9.1
6218	14.30	0.17	5.64	15.7	26.3	4.1	1.4	2.5	4.4	5.0
6229	17.50	0.02	30.70	73.6	40.3	2.4	22.5	19.9	22.6	30.1
6235	16.05 ⁽⁵⁾	0.36	9.54	358.9	13.5	-0.3	-0.2	2.2	0.3	2.3
6254	14.05	0.24	4.53	15.1	23.1	5.0	1.1	1.8	5.1	5.4
6256	16.70 ⁽¹⁰⁾	0.63 ⁽¹⁰⁾	8.65	347.8	3.4	0.6	-1.8	0.5	1.9	2.0
6266	15.38	0.47	5.96	353.6	7.3	3.1	-0.7	0.8	3.2	3.3
6273	16.35	0.37	10.79	356.9	9.4	-1.6	-0.6	1.8	1.7	2.5
6284*	15.89	0.27	10.12	358.4	9.9	-1.0	-0.3	1.7	1.0	2.0
6287*	15.92	0.51	7.20	0.1	11.0	1.9	0.0	1.4	1.9	2.4
6293*	15.41	0.36	7.11	357.6	7.8	2.0	-0.3	1.0	2.0	2.2
6304	15.50	0.50	6.03	355.8	5.4	3.0	-0.4	0.6	3.0	3.1
6316*	16.99	0.59	10.48	357.2	5.8	-1.4	-0.5	1.1	1.5	1.8
6325	16.70	0.88	5.98	1.0	8.0	3.1	0.1	0.8	3.1	3.2
6333*	15.34	0.32	7.30	5.5	10.7	1.9	0.7	1.4	2.0	2.4
6341	14.50	0.03	7.60	68.4	34.9	6.7	5.8	4.3	8.9	9.9
6342*	17.50	0.45	16.29	4.9	9.7	-7.0	1.4	2.7	7.1	7.6
6352	14.47	0.24	5.50	341.4	-7.2	3.8	-1.7	-0.7	4.2	4.3
6355*	16.60	0.69	7.56	359.6	5.4	1.5	-0.1	0.7	1.5	1.6
6356	17.07	0.27	17.43	6.7	10.2	-8.0	2.0	3.1	8.3	8.8
6362	14.65	0.12	7.13	325.5	-17.6	3.4	-3.8	-2.2	5.1	5.6
6366	15.10 ⁽⁷⁾	0.72 ⁽⁷⁾	3.62	18.4	16.0	5.7	1.1	1.0	5.8	5.9
6380*	17.39 ⁽¹¹⁾	0.90 ⁽¹¹⁾	7.98	350.3	-3.6	1.1	-1.3	-0.5	1.8	1.8

T A B E L A 8 (cont.)

NGC	(V-M _v)	E(B-V)	d(Kpc)	l(o)	b(o)	X(Kpc)	Y(Kpc)	Z(Kpc)	r(Kpc)	R(Kpc)
6388	16.83	0.37	13.46	345.5	-6.7	-3.9	-3.3	-1.6	5.2	5.4
6397	12.30	0.13	2.38	338.2	-12.0	6.8	-0.9	-0.5	6.9	6.9
6402	16.90	0.55	10.67	21.3	14.8	-0.6	3.7	2.7	3.8	4.7
6401*	16.70	0.79 ⁽¹⁾	6.83	3.5	4.0	2.2	0.4	0.5	2.2	2.3
PAL6*	18.20	1.80 ⁽¹⁾	2.94	2.1	1.8	6.1	0.1	0.1	6.1	6.1
6426*	17.30	0.40 ⁽¹⁾	16.00	28.1	16.2	-4.6	7.2	4.5	8.6	9.6
6440*	16.40	1.12	3.66	7.7	3.8	5.4	0.5	0.2	5.4	5.4
6441	16.50	0.46	10.13	353.5	-5.0	-1.0	-1.1	-0.9	1.5	1.8
6453*	16.40	0.61	7.76	355.7	-4.0	1.3	-0.6	-0.5	1.4	1.5
6496*	15.00	0.26	6.82	348.1	-10.0	2.4	-1.4	-1.2	2.8	3.0
6517	18.10	1.05	8.87	19.2	6.8	0.7	2.9	1.1	3.0	3.2
6522	15.64	0.51	6.33	1.0	-3.9	2.7	0.1	-0.4	2.7	2.7
6528	16.40	0.66	7.20	1.1	-4.2	1.8	0.1	-0.5	1.8	1.9
6535	15.20 ⁽⁶⁾	0.34	6.64	27.2	10.4	3.2	3.0	1.2	4.4	4.5
6539*	15.70	1.22 ⁽¹⁾	2.29	20.8	6.8	6.9	0.8	0.3	6.9	6.9
6541	14.60	0.12	6.97	349.3	-11.2	2.3	-1.3	-1.4	2.6	2.9
6544*	15.35	0.72	4.07	5.8	-2.2	5.0	0.4	-0.2	5.0	5.0
6553	16.40	0.79	5.95	5.3	-3.1	3.1	0.5	-0.3	3.1	3.1
6558*	16.10	0.41	9.07	0.2	-6.0	0.0	0.0	-0.9	0.0	0.9
I1276*	18.50	0.92 ⁽¹⁾	12.92	21.8	5.7	-2.9	4.8	1.3	5.6	5.8
6569*	16.47	0.59	8.25	0.5	-6.7	0.8	0.1	-1.0	0.8	1.3
6584*	16.17	0.10	14.79	342.1	-16.4	-4.5	-4.4	-4.2	6.3	7.5
6624	15.45	0.29	8.02	2.8	-7.9	1.1	0.4	-1.1	1.1	1.6
6626	15.00 ⁽³⁾	0.40	5.55	7.8	-5.6	3.5	0.7	-0.5	3.6	3.6
6637	15.60	0.18	10.11	1.7	-10.3	-0.9	0.3	-1.8	1.0	2.1
6638*	15.66	0.40	7.52	7.9	-7.2	1.6	1.0	-0.9	1.9	2.1
6642*	15.11	0.43	5.58	9.8	-6.4	3.5	0.9	-0.6	3.7	3.7
6652*	16.23	0.09	15.43	1.5	-11.4	-6.1	0.4	-3.0	6.1	6.8
6656	13.55	0.35	3.06	9.9	-7.6	6.0	0.5	-0.4	6.0	6.0
PAL8*	18.54 ⁽²⁾	0.40 ⁽²⁾	28.31	14.1	-6.8	-18.3	6.8	-3.4	19.5	19.8
6681	15.40	0.04	11.33	2.9	-12.5	-2.0	0.6	-2.5	2.1	3.2
6712	15.51	0.39	7.12	25.3	-4.3	2.6	3.0	-0.5	4.0	4.0
6715	17.11	0.14	21.50	5.6	-14.1	-11.8	2.0	-5.2	11.9	13.0

T A B E L A 8 (cont.)

N G C	(V-M _V)	E(B-V)	d(Kpc)	l(o)	b(o)	X(Kpc)	Y(Kpc)	Z(Kpc)	r(Kpc)	R(Kpc)
6717	16.00 ⁽¹²⁾	0.17 ⁽¹²⁾	12.34	12.9	-10.9	-2.8	2.7	-2.3	3.9	4.5
6723	14.80	0.03	8.73	0.1	-17.3	0.7	0.0	-2.6	0.7	2.7
6749*	19.48 ⁽²⁾	1.40 ⁽²⁾	10.00	36.1	-2.2	0.9	5.9	-0.4	6.0	6.0
6752	13.20	0.03	4.18	336.5	-25.6	5.5	-1.5	-1.8	5.7	6.0
6760*	15.90	0.85	4.33	36.1	-3.9	5.5	2.5	-0.3	6.1	6.1
6779	15.60	0.23	9.39	62.7	8.3	4.7	8.3	1.4	9.5	9.6
PAL10*	19.00 ⁽²⁾	1.00 ⁽²⁾	14.45	52.4	2.7	0.2	11.4	0.7	11.4	11.5
6809	13.80	0.08	5.11	8.8	-23.3	4.4	0.7	-2.0	4.4	4.9
PAL11	16.40	0.35 ⁽¹⁾	11.38	31.8	-15.6	-0.3	5.8	-3.1	5.8	6.5
6838	13.90	0.31	3.82	56.7	-4.5	6.9	3.2	-0.3	7.6	7.6
6864	16.85	0.16	18.52	20.3	-25.8	-6.6	5.8	-8.1	8.8	11.9
6934	16.22	0.09	15.36	52.1	-18.9	0.1	11.5	-5.0	11.5	12.5
6981	16.29	0.04	17.08	35.2	-32.7	-2.8	8.3	-9.1	8.8	12.6
7006	18.12	0.07	37.95	63.8	-19.4	-6.8	32.1	-12.6	32.8	35.2
7078	15.26	0.08	10.02	65.0	-27.3	5.2	8.1	-4.6	9.6	10.7
7089	15.45	0.03	11.77	53.4	-35.8	3.3	7.7	-6.9	8.3	10.8
7099	14.60	0.01	8.20	27.2	-46.8	4.0	2.6	-6.0	4.8	7.6
PAL12	16.20 ⁽⁸⁾	0.02 ⁽⁸⁾	16.87	30.5	-47.6	0.8	5.8	-12.5	5.8	13.8
PAL13	17.10	0.05 ⁽¹⁾	24.43	87.1	-42.7	8.1	17.9	-16.6	19.7	25.7
7492	16.70	0.00 ⁽¹⁾	21.88	53.3	-63.5	3.2	7.8	-19.6	8.4	21.3

TABELA 8 - As posições dos aglomerados globulares. Asteriscos na coluna 1 indicam aglomerados com distância determinada por métodos secundários. As referências nas colunas 2 e 3 são as seguintes: (1) Harris e Racine (1979); (2) Canterna e Rosino (1981); (3) Alcaino (1981b); (4) Alcaino (1980); (5) Liller (1980a); (6) Liller (1980b); (7) Pike (1976); (8) Harris e Canterna (1980); (9) Alcaino (1979b); (10) Alcaino (1978b), (11) Alcaino (1977); (12) Goranskii (1979).

T A B E L A 9

Intervalo R(Kpc)	N(r)	$\log (r)(\text{Kpc}^{-3})$
1 - 2	5	-0.17
2 - 3	9	-0.34
3 - 4	6	-0.81
4 - 5	5	-1.11
5 - 6	6	-1.20
6 - 7	5	-1.42
7 - 8	6	-1.47
8 - 10	5	-2.01
10 - 14	2	-2.96
14 - 20	5	-3.04
20 - 30	3	-3.82
30 - 60	1	-5.30
60 - 110	2	-5.77

TABELA 9 - A distribuição da densidade numérica do sistema de aglomerados globulares tendo como base um setor de 90° seccionado em partes iguais pelo eixo X positivo.

T A B E L A 10

Setor (o)	N	N_t
10	13	468
20	24	432
30	33	396
40	39	351
50	44	316
60	47	282
70	51	262
80	54	243
90	60	240
100	64	230
110	67	219
120	70	210

TABELA 10 - Estimativa do número de aglomerados da Galáxia.

T A B E L A 11

Setor (o)	N	N_t
10	2	72
20	4	72
30	6	72
40	8	72
50	9	65
60	10	60
70	11	57
80	12	54
90	14	56
100	15	54
110	18	59
120	19	57

TABELA 11 - Estimativa do número de aglomerados na região $R > 10$ Kpc.

T A B E L A 12

[Fe/H]	N	S	S/S ₁	Z/Z ₁
-2.4	3	3	0.006	0.013
-2.3	17	20	0.039	0.016
-2.2	17	37	0.073	0.010
-2.1	15	52	0.102	0.025
-2.0	57	109	0.214	0.032
-1.9	97	206	0.404	0.040
-1.8	31	237	0.463	0.050
-1.7	50	287	0.563	0.063
-1.6	42	329	0.645	0.079
-1.5	12	341	0.669	0.100
-1.4	25	366	0.718	0.126
-1.3	25	391	0.767	0.158
-1.2	9	400	0.784	0.200
-1.1	28	428	0.833	0.251
-1.0	28	456	0.894	0.316
-0.9	12	468	0.918	0.398
-0.8	6	474	0.929	0.501
-0.7	12	486	0.953	0.631
-0.6	18	504	0.988	0.794
-0.5	6	510	1.000	1.000

TABELA 12 - A evolução química do sistema de aglomerados globulares.

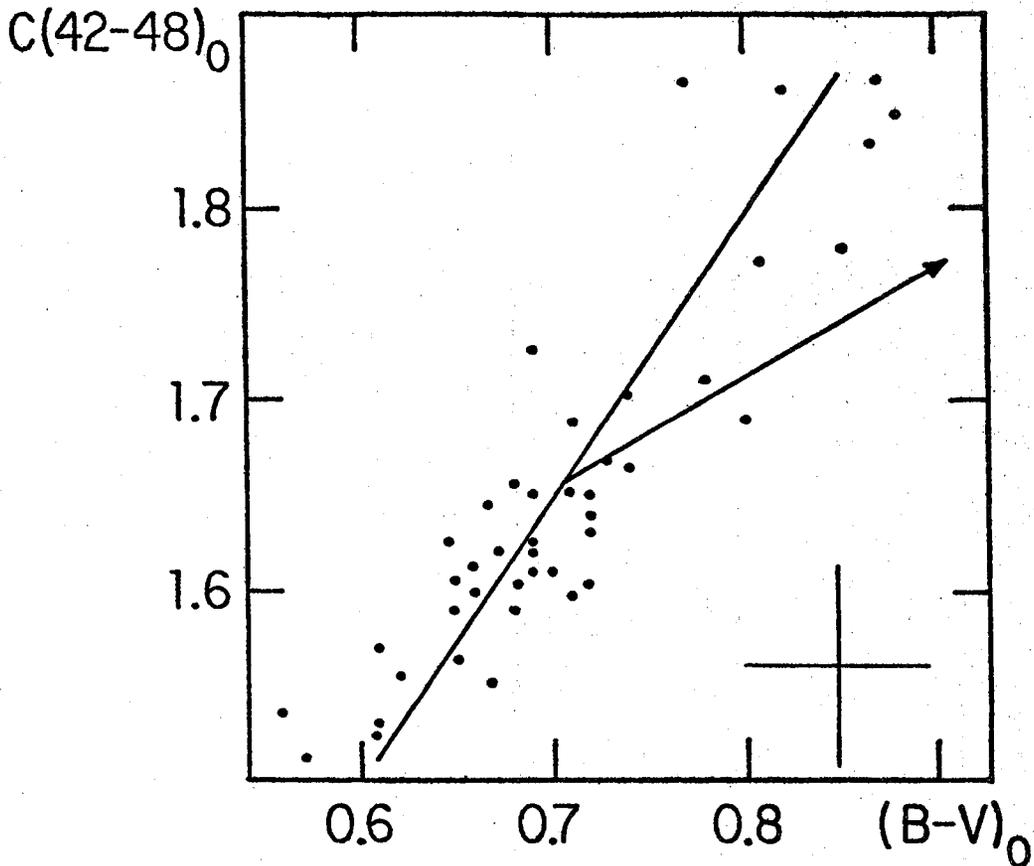
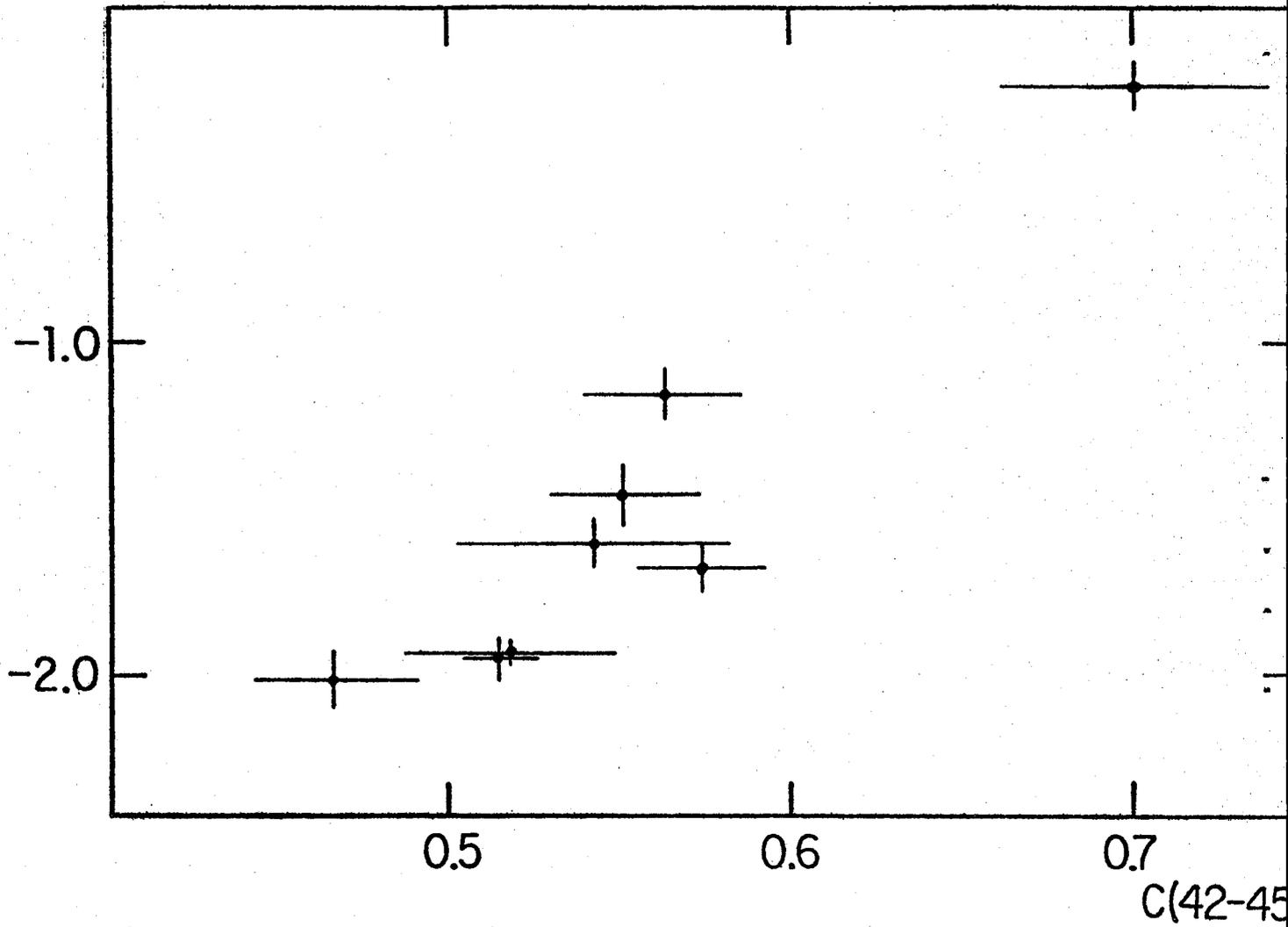


FIGURA 1 - A relação entre $C(42-48)_0$ vs $(B-V)_0$. A reta é dada por $C(42-48)_0 = 1.50 (B-V)_0 + 0.595$ e o vetor de avermelhamento corresponde a $E(B-V) = 0.20$

$[Fe/H]_{\langle S \rangle}$ FIGURA 2a - A relação $C(42-45)_0$ vs $[Fe/H]_{\langle S \rangle}$

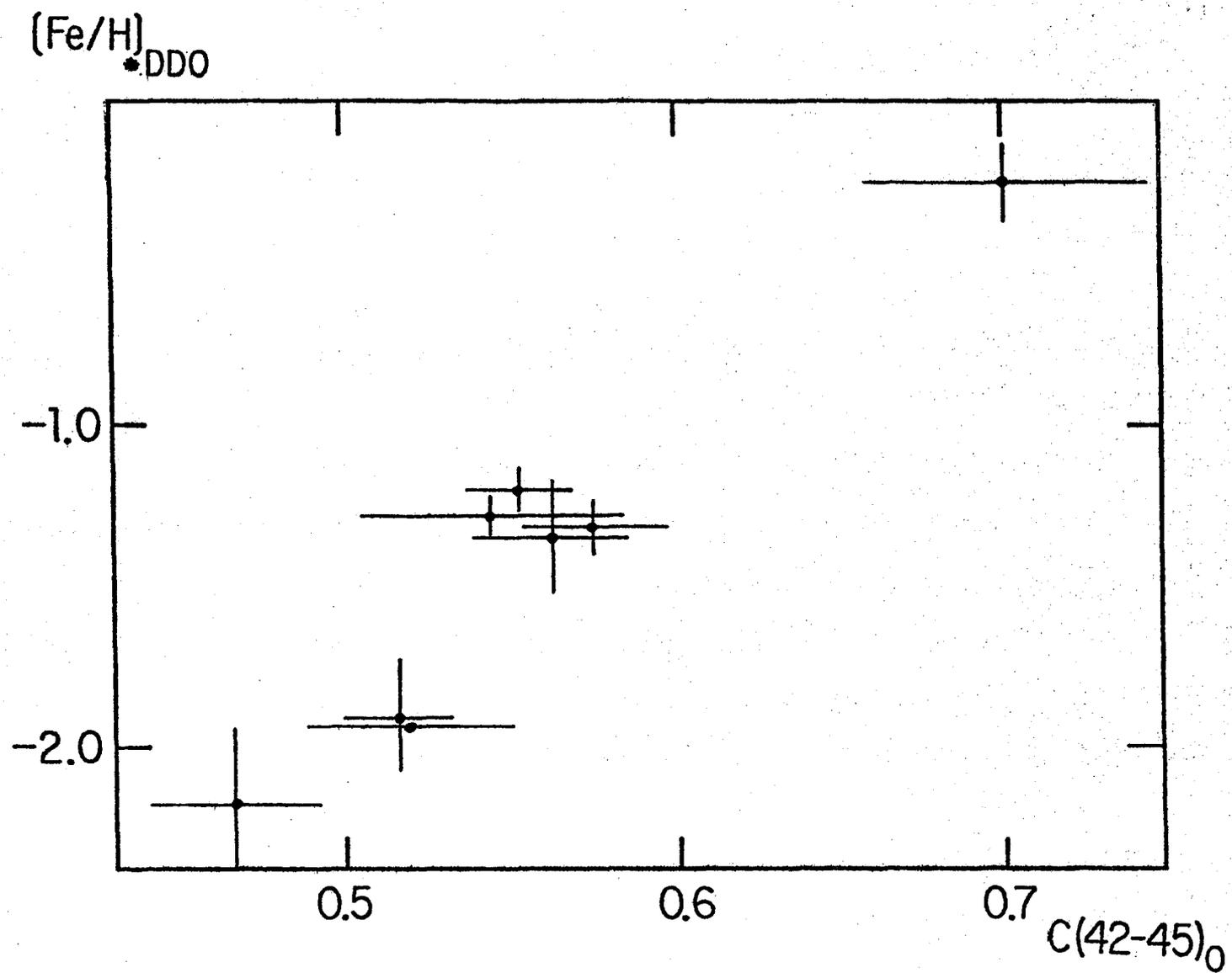


FIGURA 2b - A relação $C(42-45)_0$ vs $[\text{Fe}/\text{H}]_{\text{DDO}}$

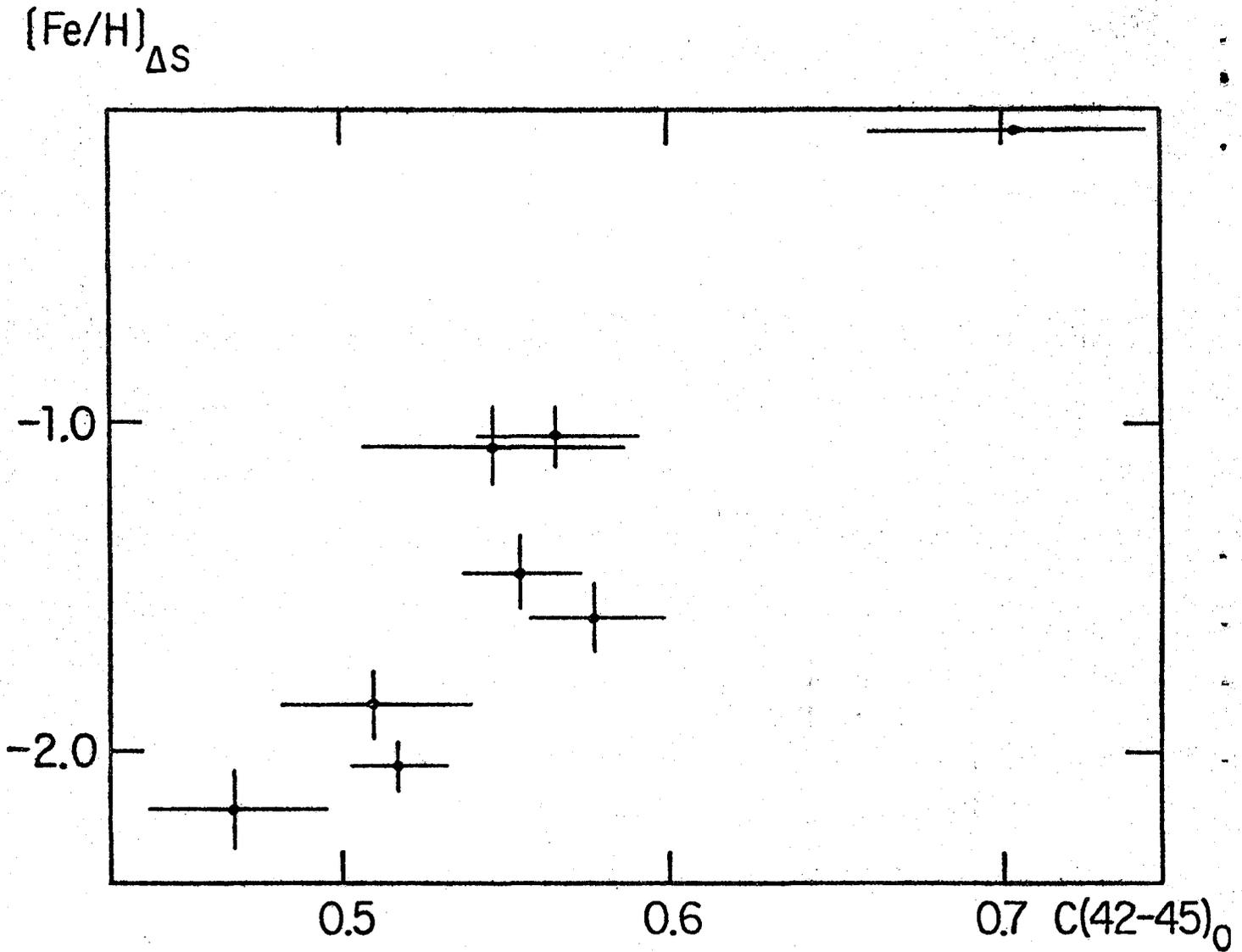


FIGURA 2c - A relação $C(42-45)_0$ vs $[Fe/H]_{\Delta S}$

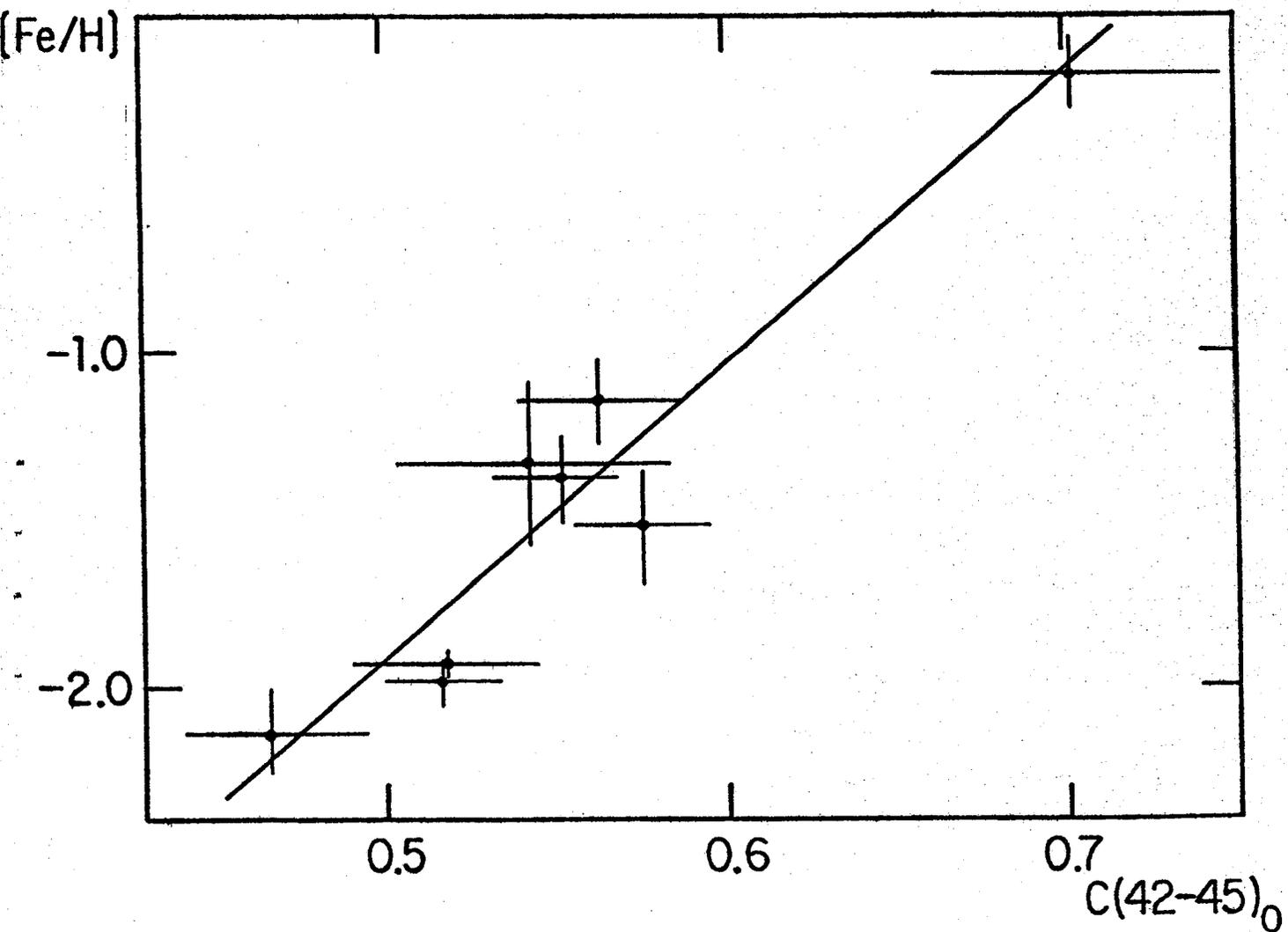


FIGURA 2d - A calibração $C(42-45)_0$ vs $[Fe/H]$ na escala antiga.

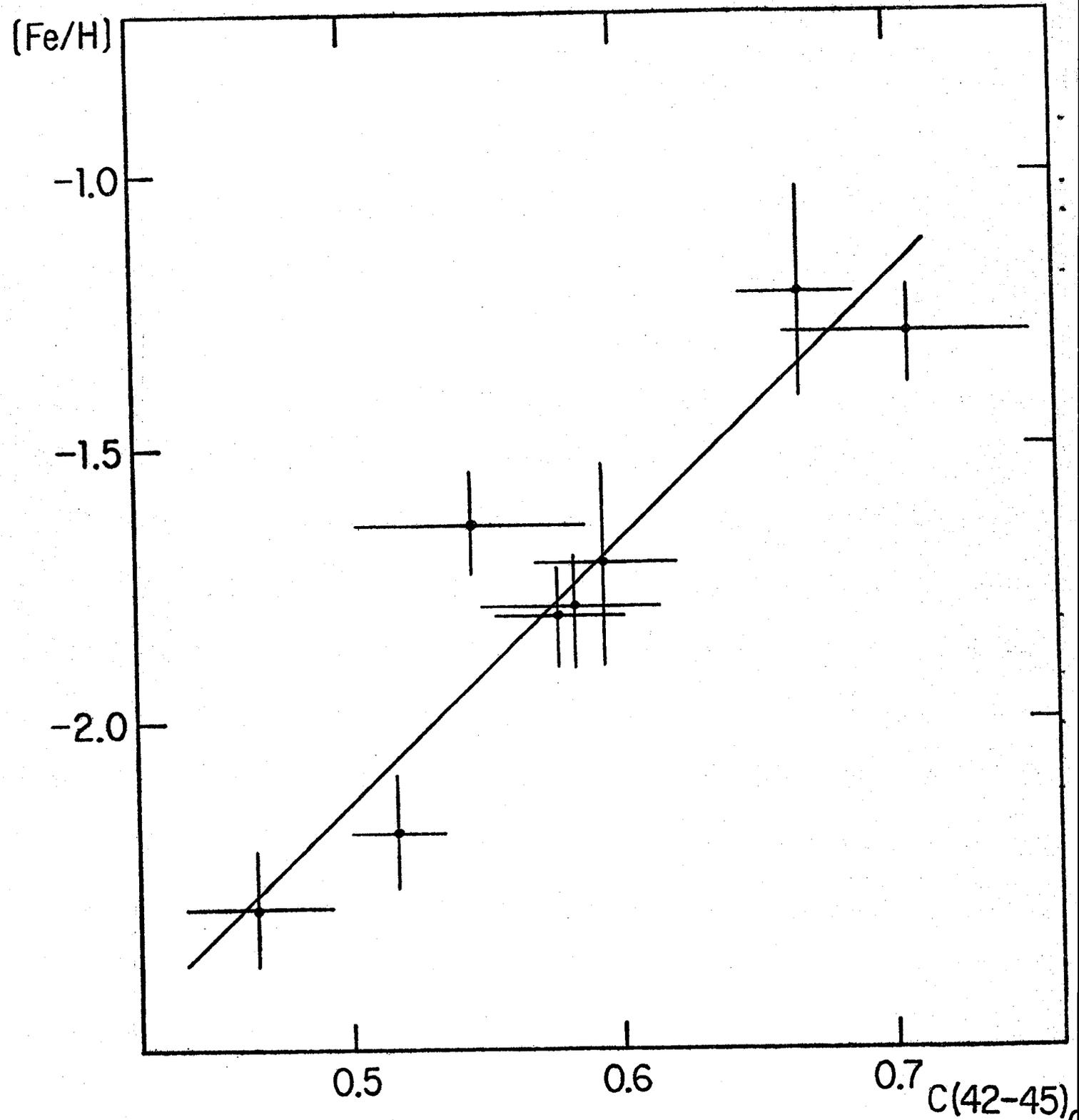


FIGURA 3 - A calibração $C(42-45)_0$ vs $[Fe/H]$ na nova escala de abundância metálica. A reta é dada por $[Fe/H] = 4.78 C(42-45)_0 - 4.53$

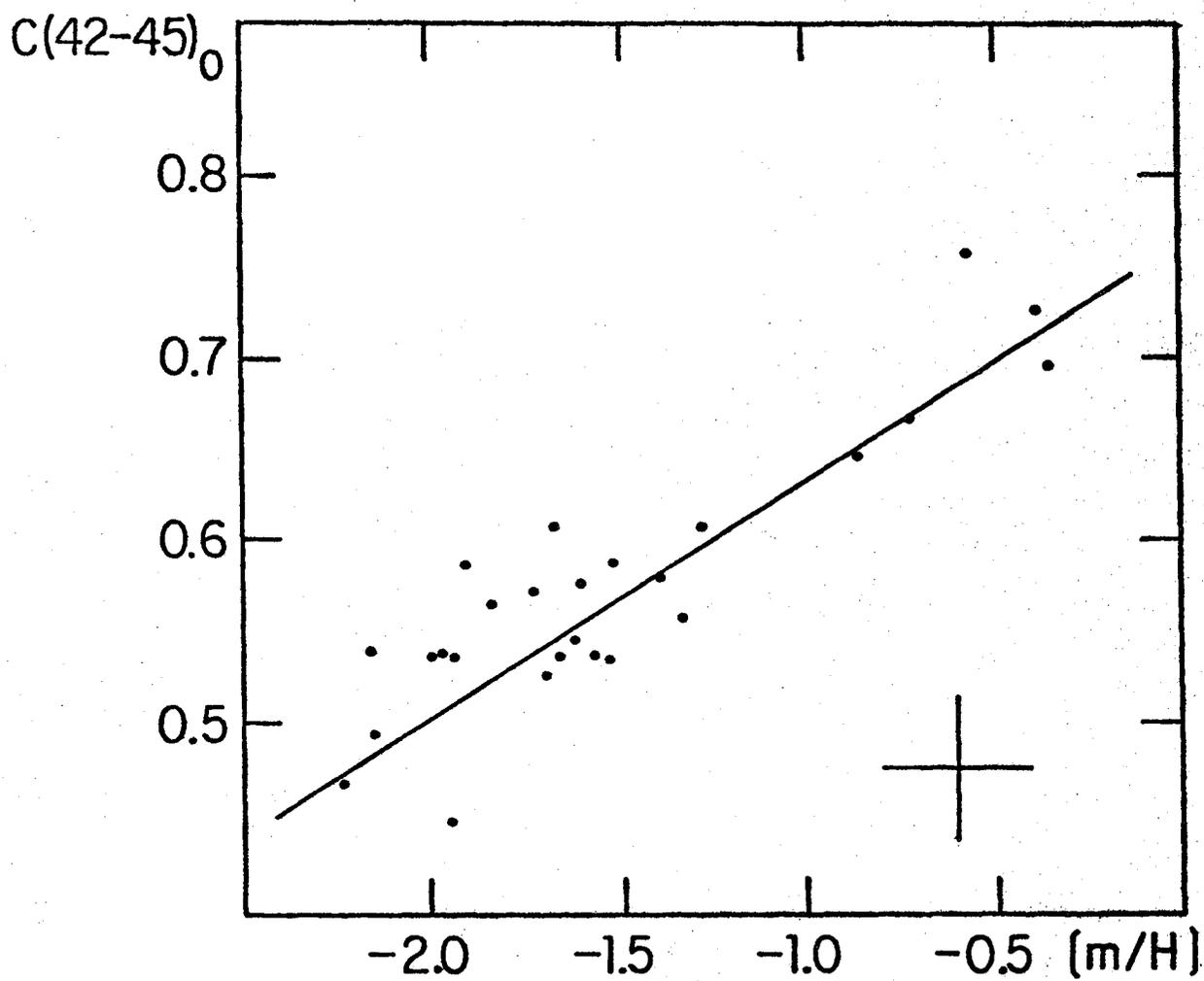


FIGURA 4 - Relação entre o índice $[m/H]$ (Harris e Canterna, 1979) e $C(42-45)_0$. A reta é dada por $C(42-45)_0 = 0.13 [m/H] + 0.77$

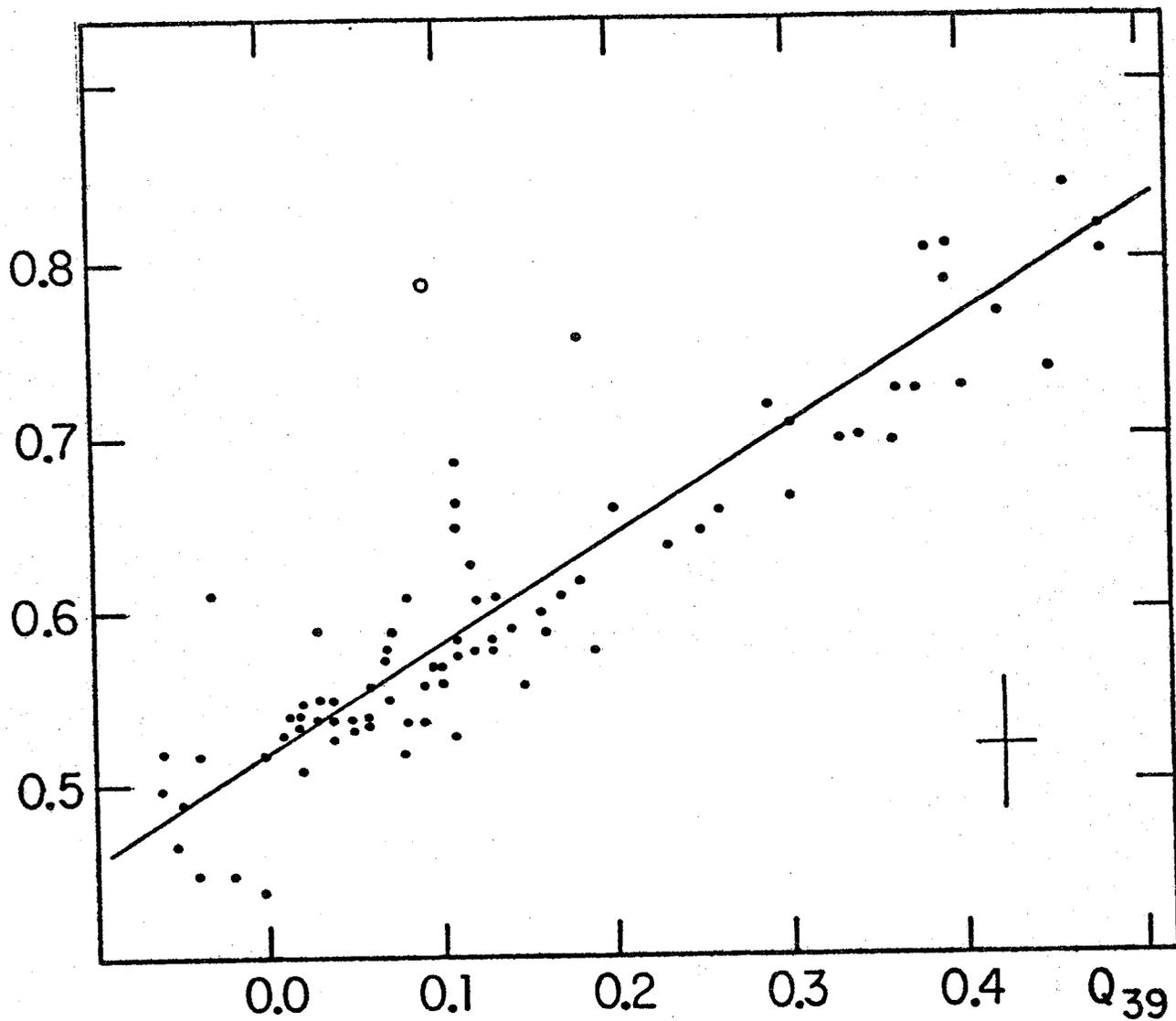
C(42-45)₀

FIGURA 5 - Relação entre o índice Q_{39} (Zinn, 1980a,b) com $C(42-45)_0$. A reta é dada por $C(42-45)_0 = 0.61 Q_{39} + 0.52$, excluindo NGC 6325(o).

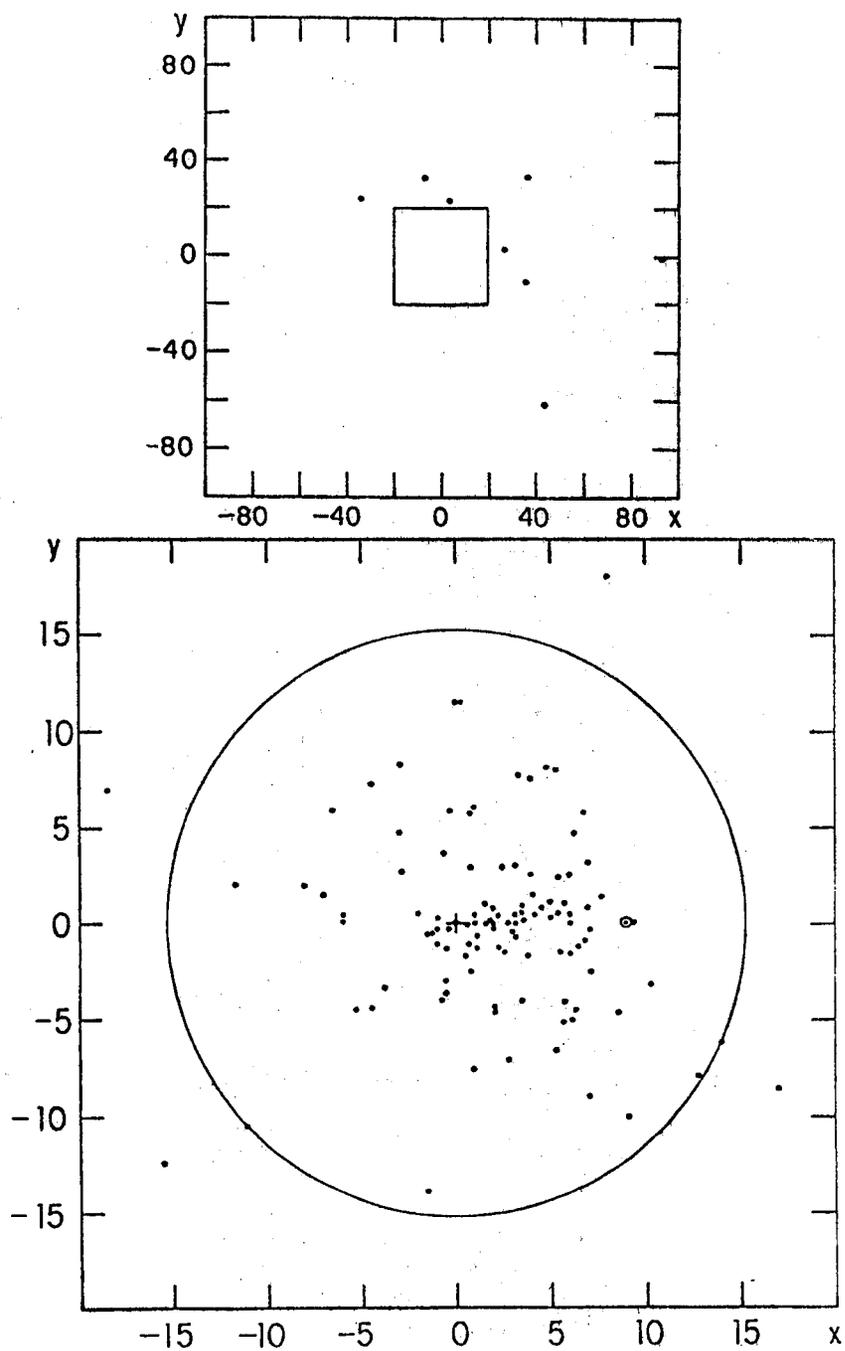


FIGURA 6 - Distribuição espacial dos aglomerados globulares, projetada no plano XY. Sol (●), centro da Galáxia (+).

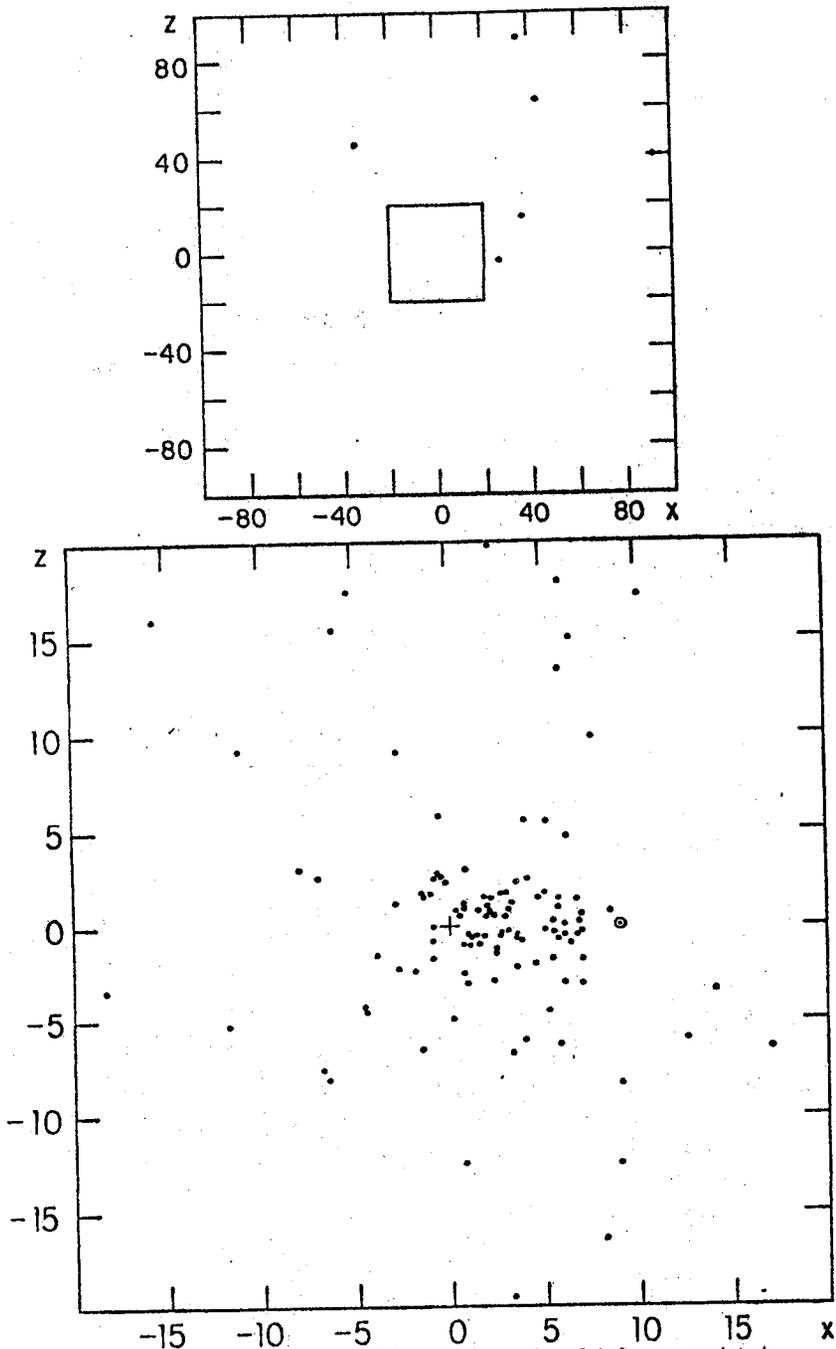


FIGURA 7 - Distribuição espacial dos aglomerados globulares, projetada no plano XZ. Sol (o), centro da Galáxia (+).

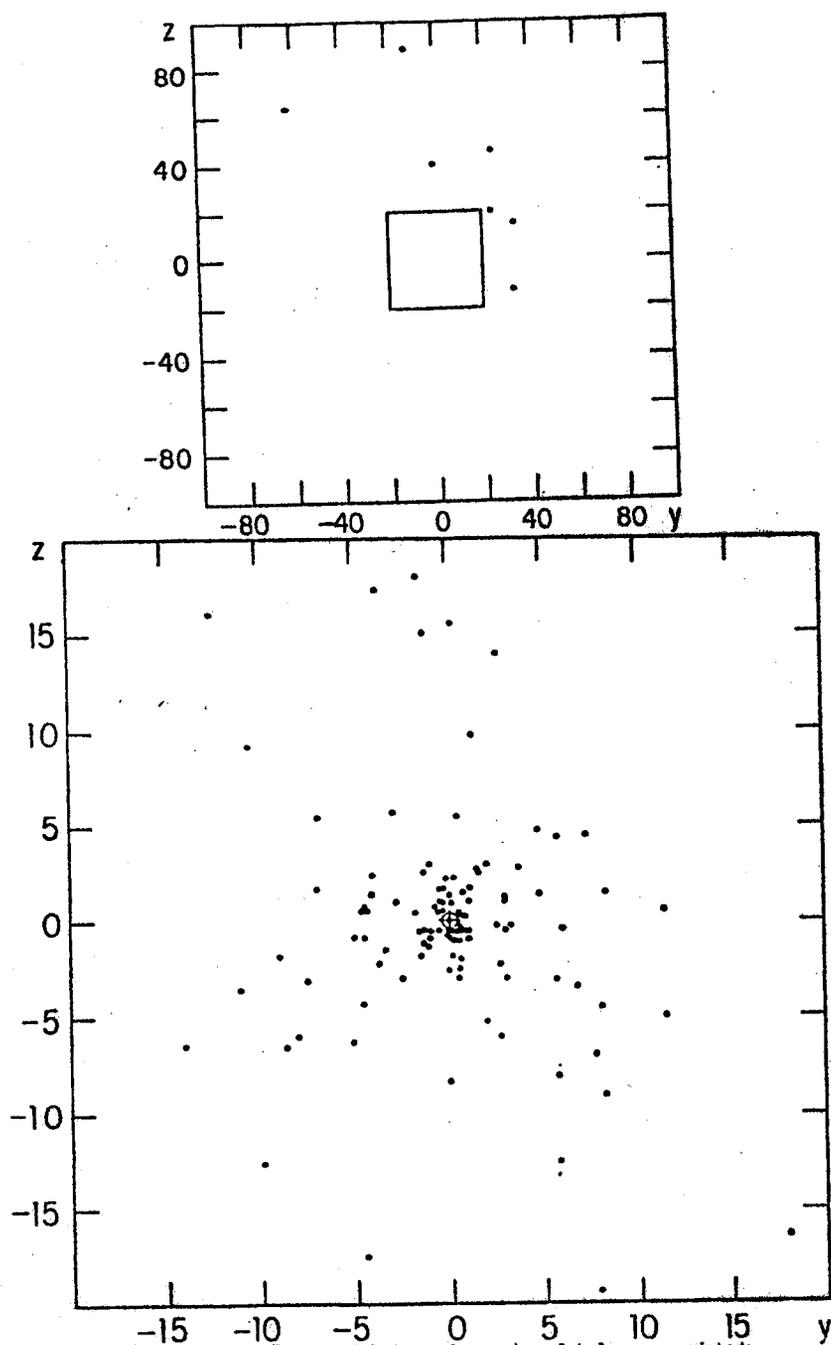


FIGURA 8 - Distribuição espacial dos aglomerados globulares, projetada no plano YZ. Sol (e), Centro da Galáxia (+).

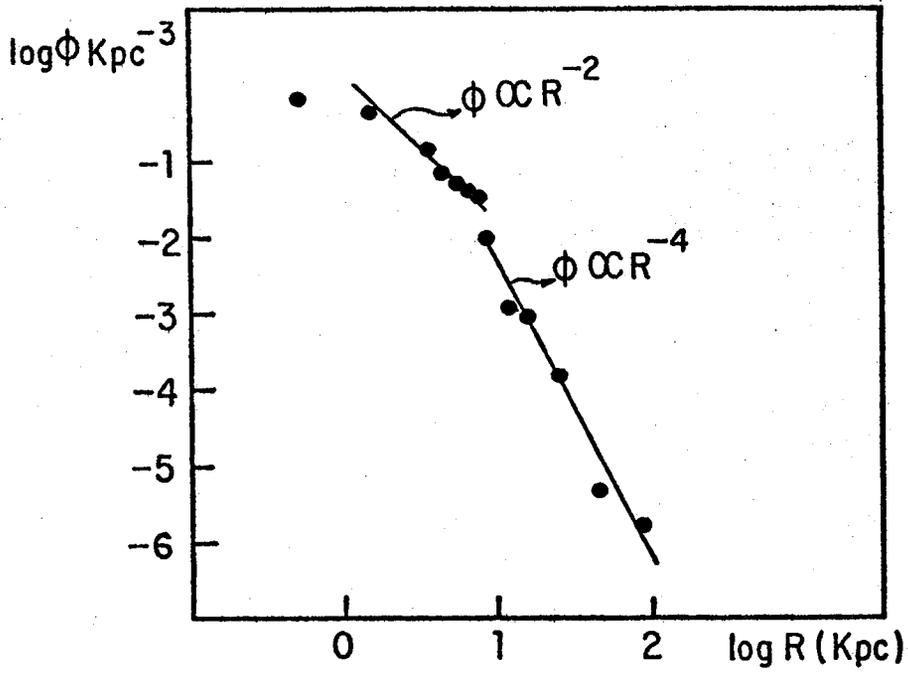


FIGURA 9 - A distribuição da densidade numérica em função da distância galactocêntrica.

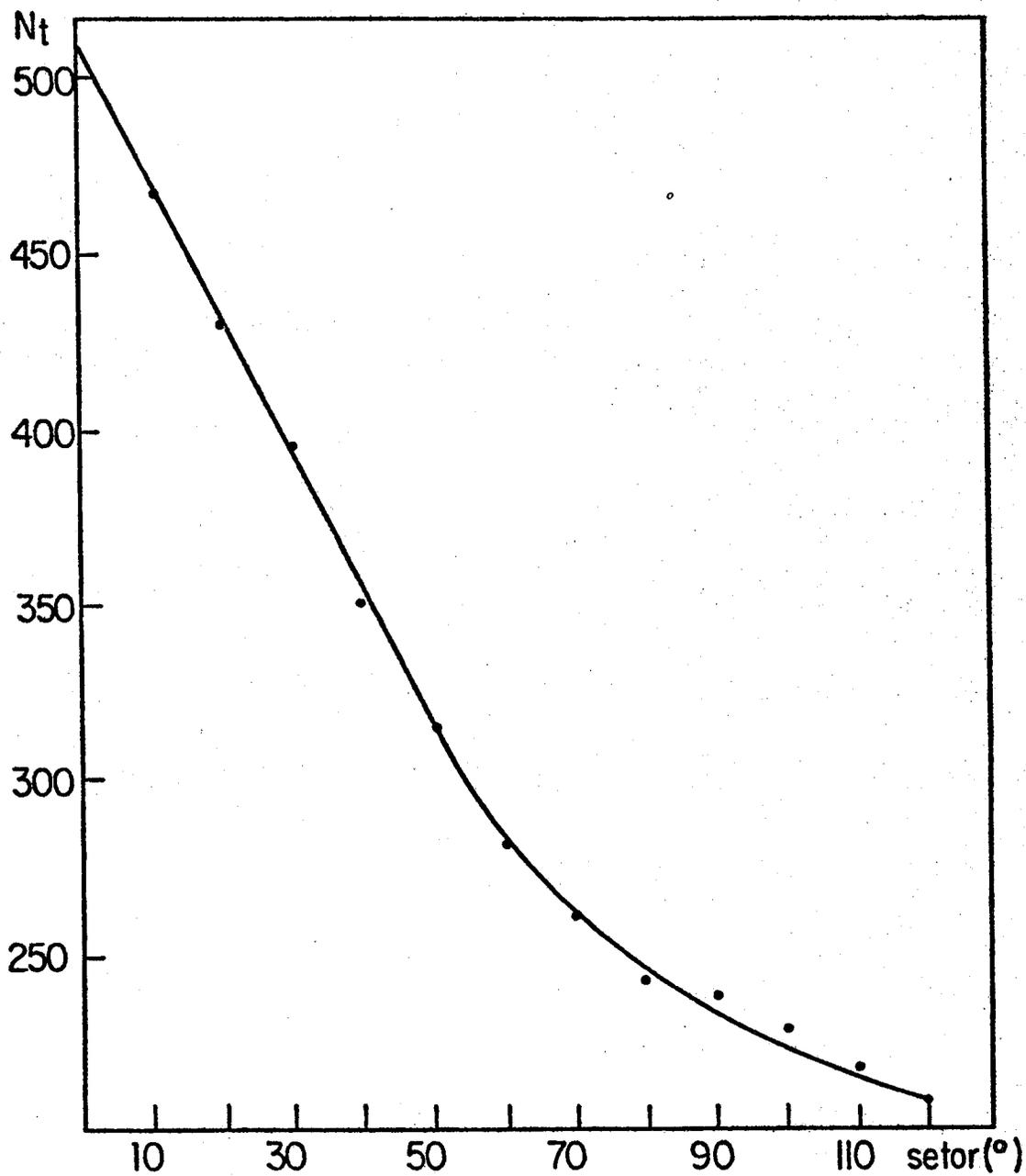


FIGURA 10 - Estimativa do número total de aglomerados globulares na Galáxia.

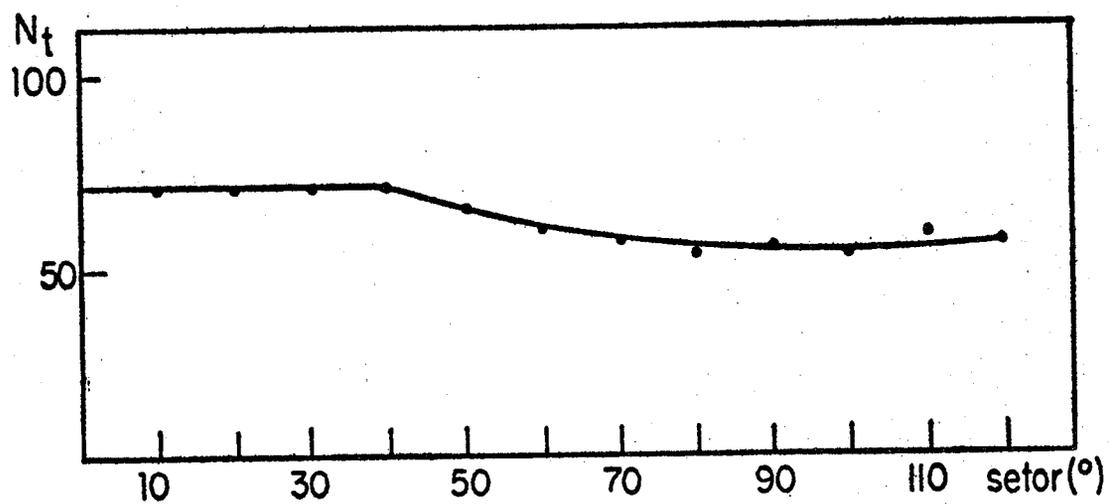


FIGURA 11 - Estimativa do número total de aglomerados globulares na região $R > 10$ Kpc.

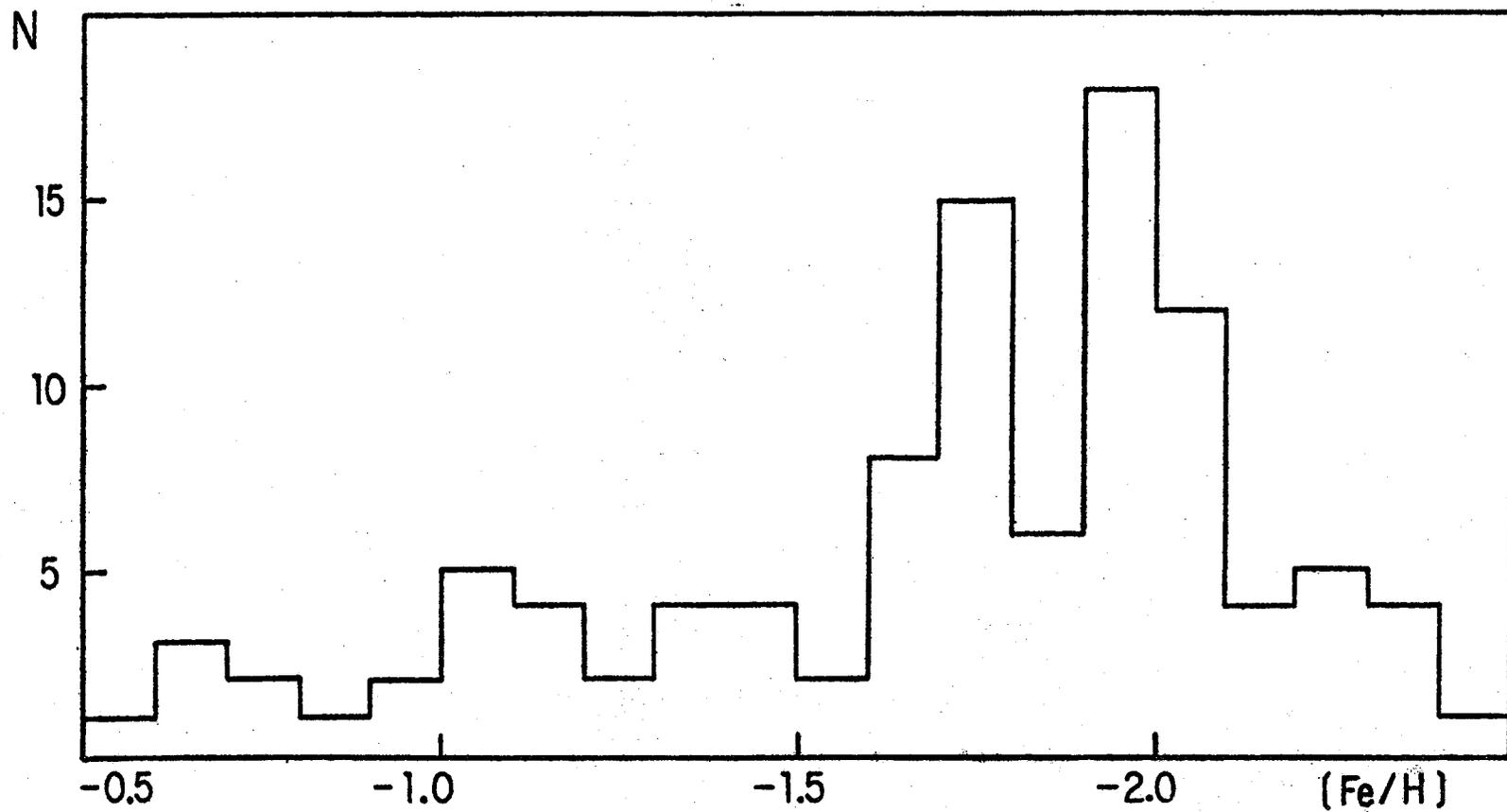


FIGURA 12 - O histograma de metalicidade dos aglomerados globulares.

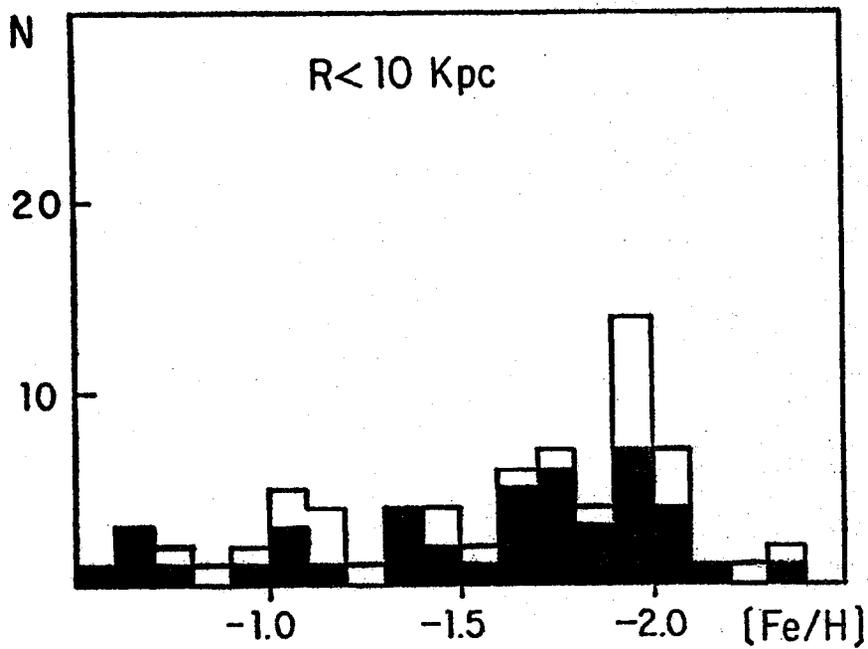


FIGURA 13a - O histograma de metalicidade dos aglomerados globulares na região $R < 10$ Kpc. Parte escura representa aglomerados em um setor 90° seccionado em partes iguais pelo eixo X positivo.

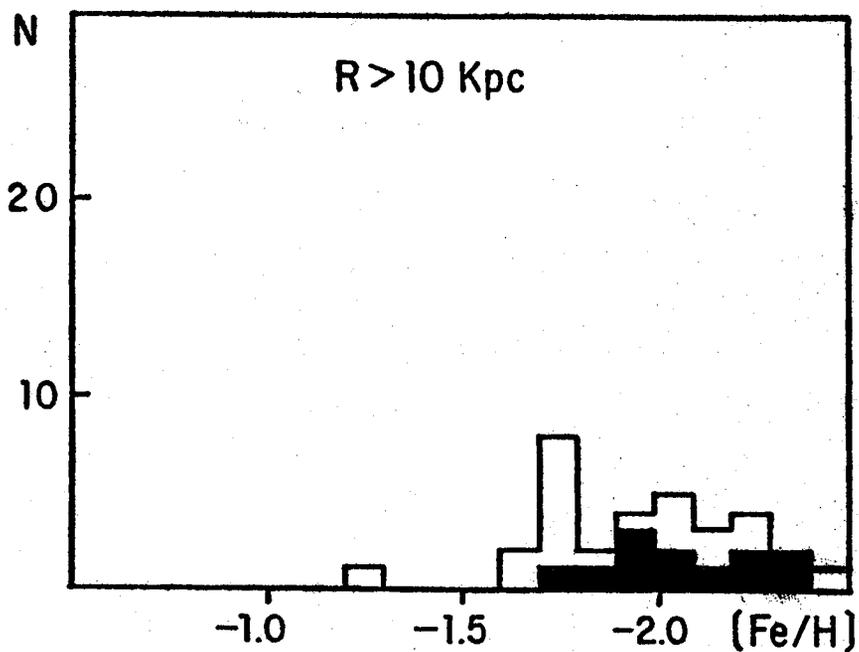


FIGURA 13b - O histograma de metalicidade dos aglomerados globulares na região $R > 10$ Kpc. Parte escura representa aglomerados em um setor 90° seccionado em partes iguais pelo eixo X positivo.

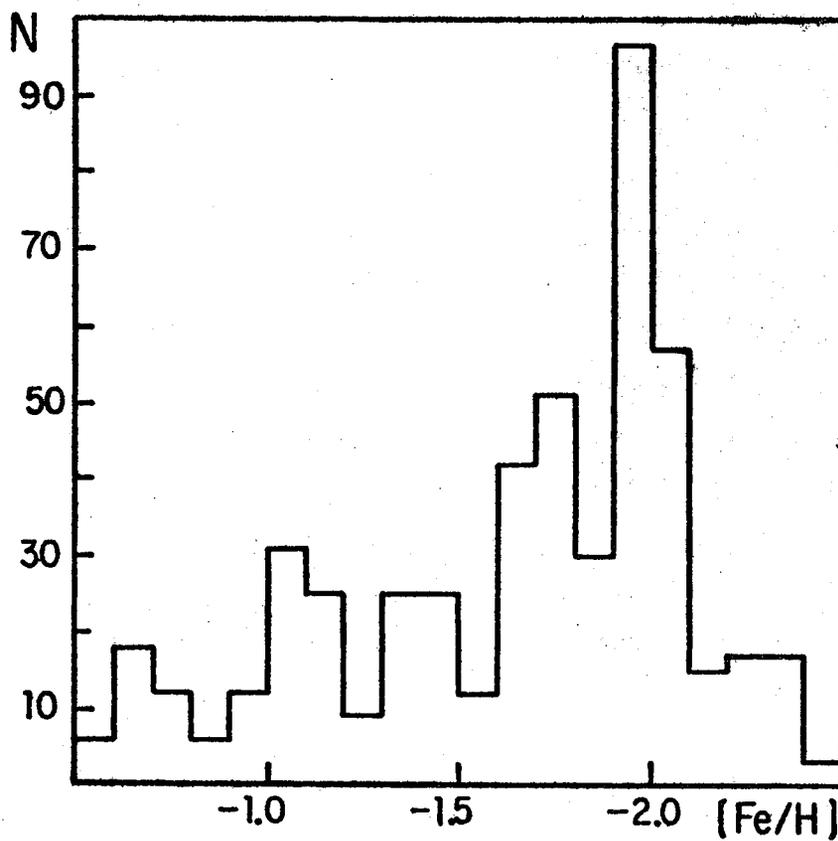


FIGURA 14 - Histograma intrínseco de metalicidade estimado para a população total de aglomerados globulares da Galáxia.

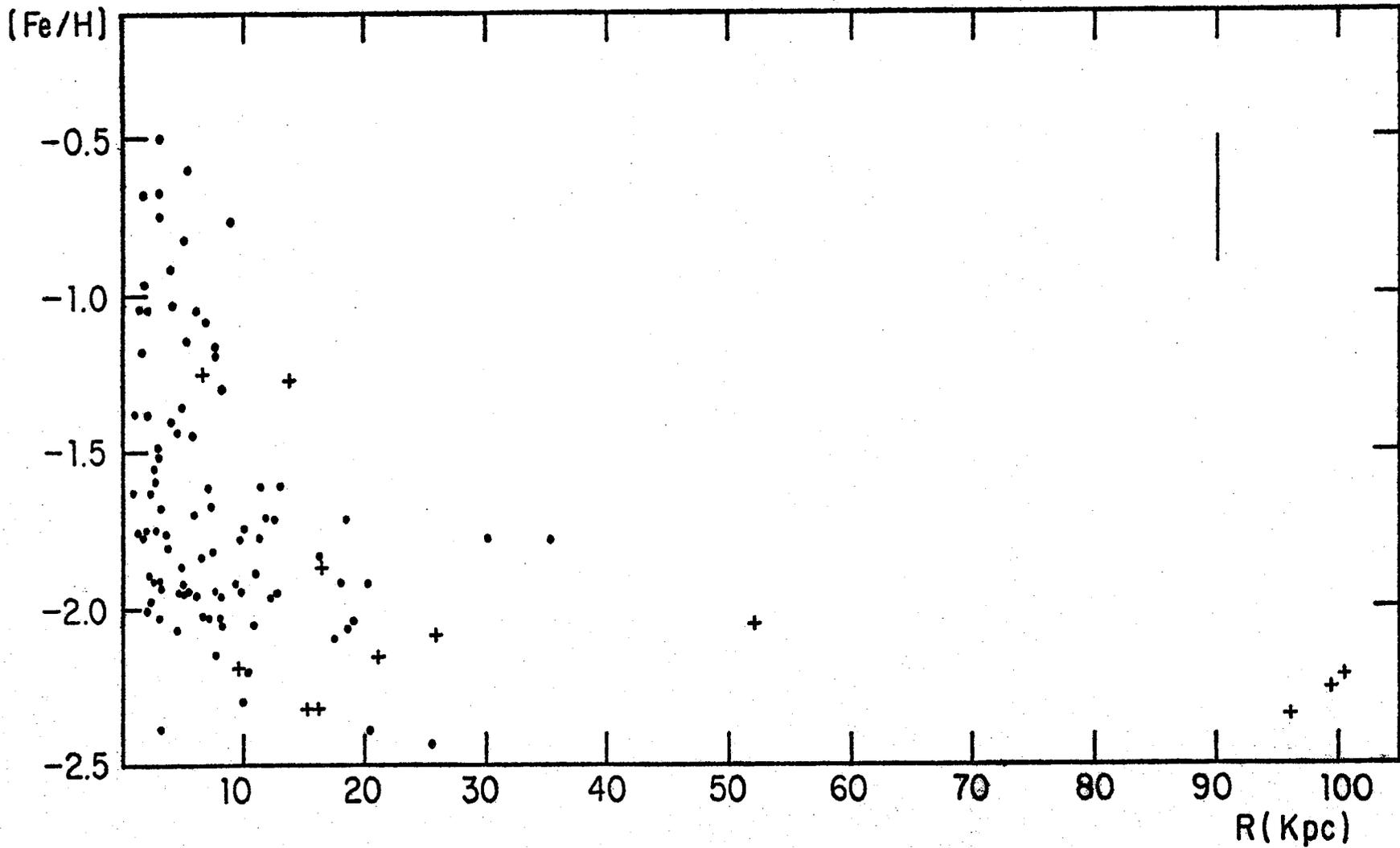


FIGURA 15 - A metalicidade em função da distância galactocêntrica. Aglomerados observados neste trabalho (.); aglomerados agregados à amostra (+).

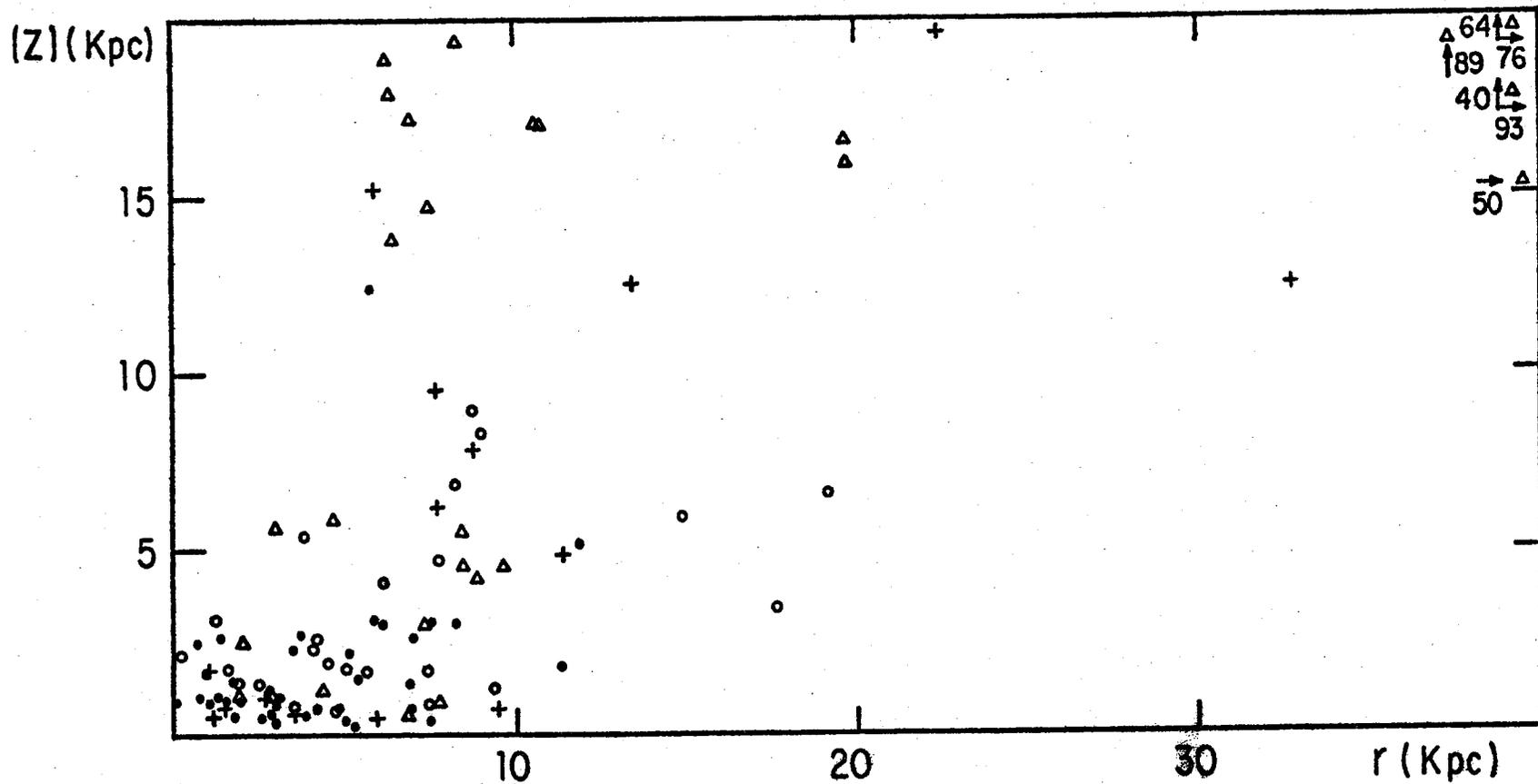


FIGURA 16 - A distribuição de metalicidades no plano $|Z|$ vs r ; $-0.50 \geq [Fe/H] \geq -1.69(\cdot)$; $-1.70 \geq [Fe/H] \geq -1.79(+)$; $-1.80 \geq [Fe/H] \geq -1.99(o)$; $-2.00 \geq [Fe/H] \geq -2.50(\Delta)$.

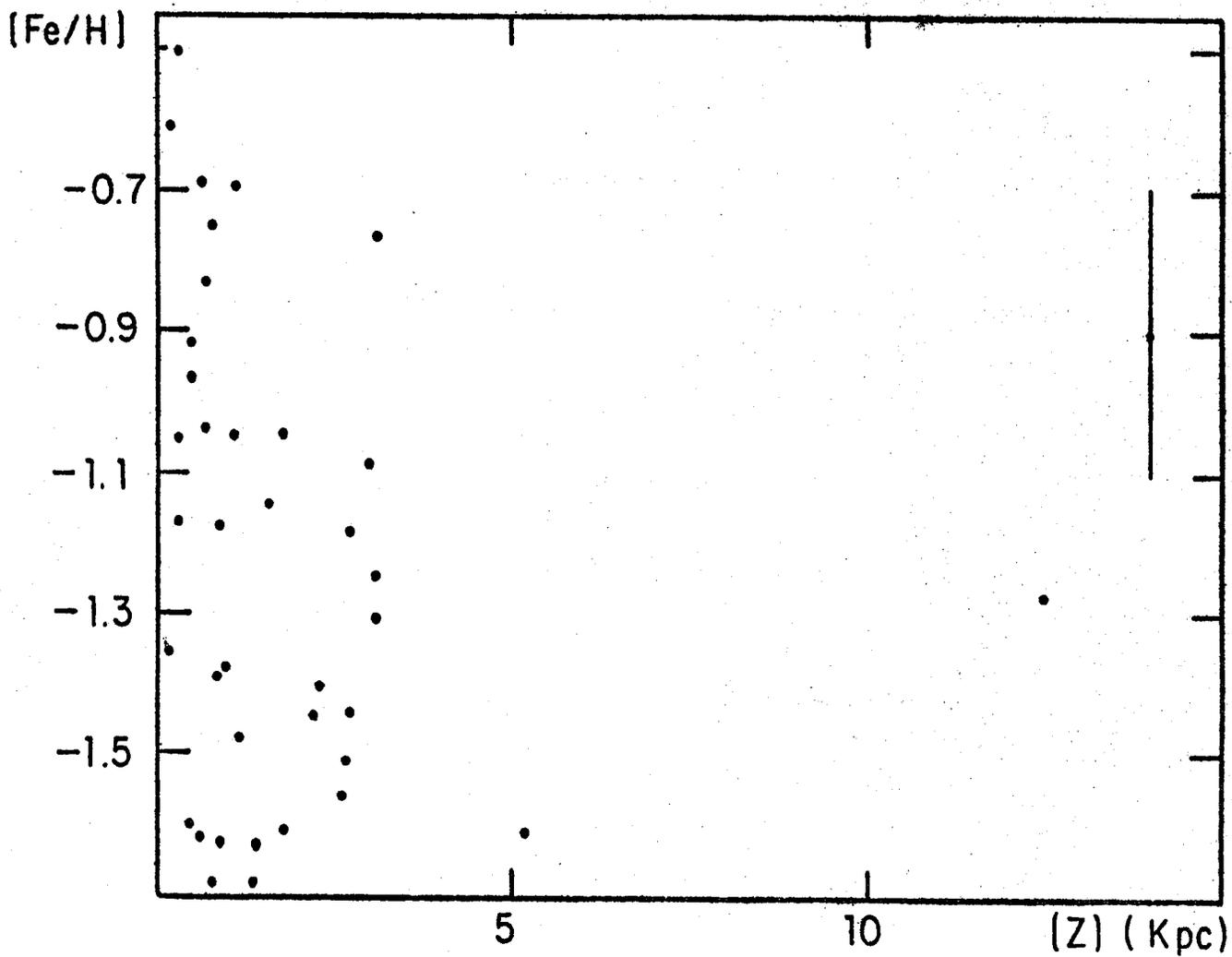


FIGURA 17 - A metalicidade do grupo rico em metais em função do módulo da distância ao plano galáctico.

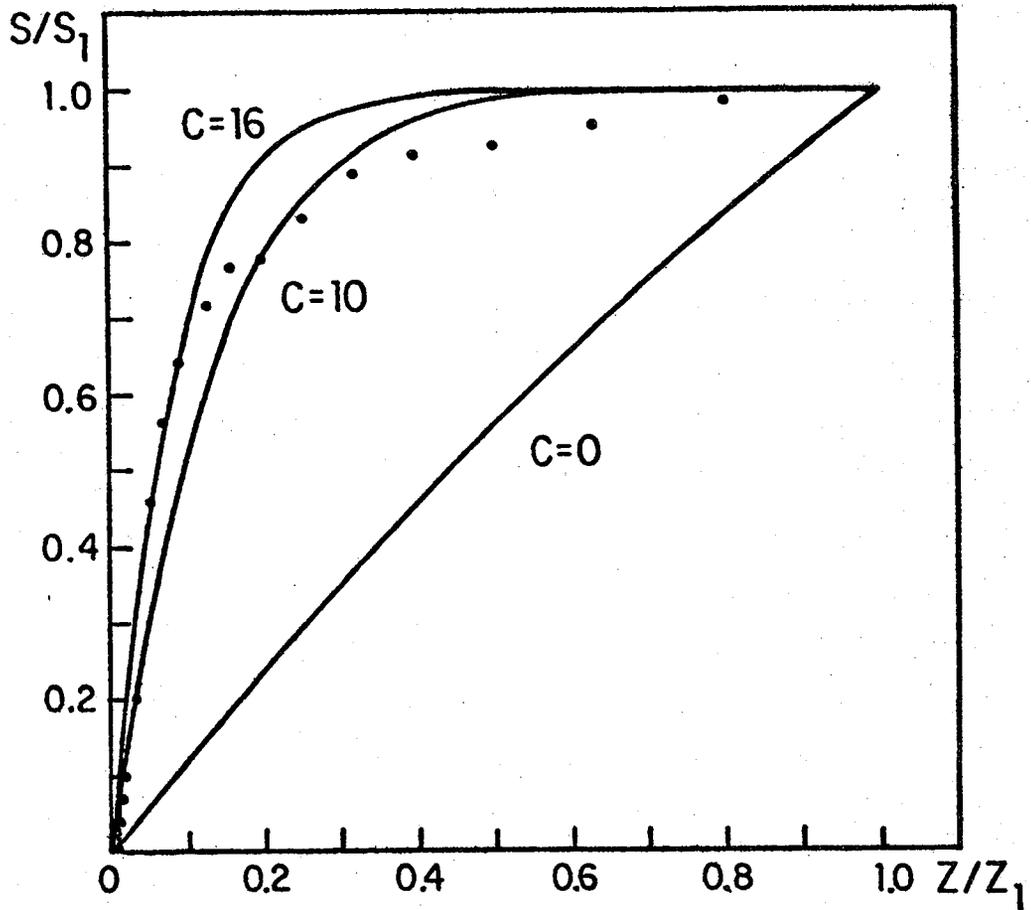


FIGURA 18 - Comparação dos aglomerados globulares (...) com modelos de uma zona (—) para diversos parâmetros de remoção de gás (C) da zona de formação de estrelas.

FTN4

PROGRAM MEDIA

C
C
C

RECEBE DADOS BRUTOS, FORNECE DADOS PARA ANALISE

```

DIMENSION A(26),B(26),IFD(5),NARG(3),NOUT(3)
DIMENSION IDATA(3),INOME(5),ITI(6),IHORA(3)
COMMON ID, IDATA, ISIMB, INOME, ITI, IHORA, CONT, IAROB
&      , HORA, NOB

```

C
C
C

INICIALIZACAO

```

IBEL=35378
WRITE(6,7)IBEL
7 FORMAT(" ENTRE NOME DO ARQUIVO DE SAIDA ",A2)
READ(1,2)NOUT
I=0
J=KRIS(NOUT,I)
IF(J,NE,0) GO TO 888
NOB=0
WRITE(6,1)IBEL
1 FORMAT(" ENTRE NOME DO ARQUIVO DE DADOS ",A2)
4 CONTINUE
READ(1,2)NARG
2 FORMAT(3A2)
CALL FILE(NARG,I)
IF(I,NE,0.AND.I,NE,-1) GO TO 5
WRITE(6,3)IBEL
3 FORMAT(" DEU ERRO, TENTE OUTRO ",A2)
GO TO 4
5 CONTINUE

```

C
C
C

PROCURA DATA

```

8 CONTINUE
CALL PESQ(1,NARG)
IF(ID,NE,1HD) GO TO 5
WRITE(11,15)IDATA
15 FORMAT(" DIA=",I2,"/",I2,"/",I2,/)
CALL GRAY (1,NOUT)

```

C
C
C

ANALISA UM BLOCO *

```

22 CONTINUE
ICHAV=0
CALL PESQ(2,NARG)
IF(ISIMB,NE,1H*) GO TO 100
IF(INOME(1).EQ.2HFI) GO TO 999
NOB=NOB+1
DO 25 J=1,26
A(J)=0.
B(J)=0.
IF(J,GT,5) GO TO 25
IFD(J)=0
25 CONTINUE
NFL=0
NFD=0
CALL PESQ(3,NARG)
DO 30 J=1,6
IF(ITI(J),NE,0) GO TO 28

```

```

NFD=NFD+1
IFD(NFD)=J
GO TO 30
28 NFL=NFL+1
30 CONTINUE
CALL PESQ(4,NARQ )
HORA=(FLOAT(IHORA(3))/60.+FLOAT(IHORA(2)))/60.+FLOAT(IHORA(1))
IUN=4*NFL
DO 35 J=1,IUN
CALL PESQ(5,NARQ)
A(J)=CONT
35 CONTINUE
IF(IAROB.EQ.1H0) GO TO 40
NOB=NOB+1
GO TO 22
40 CONTINUE
CALL PESQ(4,NARQ)
HORA=(HORA+(FLOAT(IHORA(3))/60.+FLOAT(IHORA(2)))/60.+FLOAT
C (IHORA(1)))/2,
DO 50 J=1,NFL
IX=2*J
IY=IX-1
IV=IUN+2-IX
IW=IV-1
B(IX)=A(IV)
B(IY)=A(IW)
50 CONTINUE
DO 55 J=1,NFL
IX=2*J
IY=IX-1
A(J)=(A(IY)+B(IY))/2.
B(J)=(A(IX)+B(IX))/2.
55 CONTINUE
IF(NFD.EQ.0) GO TO 65
DO 67 J=1,NFD
DO 60 I=5,IFD(J),-1
A(I+1)=A(I)
B(I+1)=B(I)
60 CONTINUE
A(IFD(J))=0
B(IFD(J))=0
67 CONTINUE
65 CONTINUE
WRITE(11,17)
17 FORMAT(///," ORDEM",7X,"NOME",8X,"HORA ",2X,"T1 T2 T3 T4 T5 T6")
WRITE(11,70)NOB,ISIMB,INOME,HORA,ITI
70 FORMAT(2X,I4,5X,A1,5A2,1X,F8.5,6(1X,I2),/)
WRITE(11,20)(J,J=1,6)
20 FORMAT(1X,6(" FILTRO ",I1,1X))
WRITE(11,75)(A(J),J=1,6)
75 FORMAT(1X,6(F9.0,1X))
IF(ICHAV.EQ.1) GO TO 155
WRITE(11,80)(B(J),J=1,6)
80 FORMAT(1X,6(F9.0,1X))
CALL GRAY (2,NOUT)
DO 82 I=1,6
CONT=A(I)
CALL GRAY (3,NOUT)
82 CONTINUE
DO 84 I=1,6

```

```

CONT=8(I)
CALL GRAY (3,NOUT)
84 CONTINUE
GO TO 22

C
C
C
ANALISA UM BLOCO + DU =

100 CONTINUE
IF(ISIMB,NE,1H+,AND.ISIMB,NE,36440B)GO TO 22
NOB=NOB+1
DO 105 J=1,26
A(J)=0.
B(J)=0.
IF(J,GE,6) GO TO 105
IFD(J)=0
105 CONTINUE
NFL=0
NFD=0
CALL PESQ(3,NARQ)
DO 110 J=1,6
IF(ITI(J),NE,0) GO TO 108
NFD=NFD+1
IFD(NFD)=J
GO TO 110
108 NFL=NFL+1
110 CONTINUE
CALL PESQ(4,NARQ)
HORA=(FLOAT(IHORA(3))/60.+FLOAT(IHORA(2)))/60.+FLOAT(IHORA(1))
IUN=2*NFL
DO 115 J=1,IUN
CALL PESQ(5,NARQ)
A(J)=CONT
115 CONTINUE
IF(IAROB,EG,1H+) GO TO 120
NOB=NOB-1
GO TO 22
120 CONTINUE
CALL PESQ(4,NARQ)
HORA=(HORA+(FLOAT(IHORA(3))/60.+FLOAT(IHORA(2)))/60.+FLOAT
C (IHORA(1)))/2.
DO 125 J=1,NFL
125 A(J)=(A(J)+A(IUN+1-J))/2.
IF(NFD,EG,0) GO TO 136
DO 135 J=1,NFD
DO 130 I=5,IFD(J),-1
130 A(I+1)=A(I)
A(IFD(J))=0
135 CONTINUE
136 CONTINUE
CALL GRAY (2,NOUT)
DO 138 I=1,6
CONT=A(I)
CALL GRAY (3,NOUT)
138 CONTINUE
ICHAV=1
GO TO 65
155 CONTINUE
GO TO 22
999 CONTINUE
I=-1

```

```

J=KRIS(NOUT,I)
WRITE(11,888)
888 FORMAT(///," FIM")
END

```

C
C
C

SUBROTINA DE LEITURA DE DADOS

```

SUBROUTINE PESQ(NF,NOME)
DIMENSION NOME(3),IDATA(3),ITI(6),IHORA(3)
1      ,INOME(5),LINHA(20)
COMMON ID,IDATA,ISIMB,INOME,ITI,IHORA,CONT,IAROB
DO 100 I=1,20
LINHA(I)=2H
100 CONTINUE
CALL LER(LINHA,I)
IF(I.EQ.0) GO TO 999
GO TO (1,2,3,4,5),NF
1 CONTINUE
CALL CODE
READ(LINHA,10) ID,IDATA
10 FORMAT(A1,3I2)
GO TO 110
2 CONTINUE
CALL CODE
READ(LINHA,20) ISIMB,INOME
20 FORMAT(A1,5A2)
GO TO 110
3 CONTINUE
CALL CODE
READ(LINHA,30) ITI
30 FORMAT(6I2)
GO TO 110
4 CONTINUE
CALL CODE
READ(LINHA,40) IHORA
40 FORMAT(3I2)
GO TO 110
5 CONTINUE
CALL CODE
READ(LINHA,50) CONT,IAROB
50 FORMAT(1X,F7.0,1X,A1)
110 CONTINUE.
RETURN
999 CONTINUE
WRITE(6,99)
99 FORMAT(" FIM DO ARQUIVO !")
PAUSE
RETURN
END

```

C
C
C

SUBROTINA DE GRAVACAO DOS RESULTADOS

```

SUBROUTINE GRAY (NF,NOME)
DIMENSION NOME(3),IDATA(3),ITI(6),IHORA(3)
&      ,INOME(5),LINHA(18)
COMMON ID,IDATA,ISIMB,INOME,ITI,IHORA,CONT,IAROB,HORA,NOB
GO TO (1,2,3) ,NF
1 CONTINUE
CALL CODE
WRITE(LINHA,10) ID,IDATA

```

```
10 FORMAT(A1,3I2)
   I=4
   GO TO 100
2  CONTINUE
   CALL CODE
   WRITE(LINHA,20)NOB,ISIMB,INOME,HORA,ITI
20  FORMAT(I4,A1,5A2,F8.5,6I2)
   I=18
   GO TO 100
3  CONTINUE
   CALL CODE
   WRITE(LINHA,30)CONT
30  FORMAT(F8,0)
   I=4
100 CONTINUE
   J=KRIS(LINHA,I)
   IF(J,NE,0) GO TO 999
   RETURN
999 CONTINUE
   WRITE(6,99)J
99  FORMAT(" ERRO NA KRIS #",I5)
   PAUSE
   RETURN
   END
   ENOS
LIST END ****
```

FTN4
PROGRAM ANDA1

ANALISA DADOS FOTOMETRICOS

DIMENSION NCAL(3),IPAR(5)
COMMON NOME1(3),NOME2(3),NOME3(3),NOME4(3)
COMMON ICOMB(130),NCOMB,NBCPC(50),ITYPE,IBEXT(50),NEE,COEXT(6)
COMMON IBES(30),NBES,ICALP,IBEMC(50),NBEMC,IOBE,IEMC
COMMON NBCEE(30),IDIA,IANO,NBEXT,IJAST,AMS(6),NOME(150)
COMMON XE(30),AMIEX(180),A(12),INOME(5),ITI(6),HORAS(30)
COMMON CO(6),ZE(6),IBE,THETA
DATA NCAL/2HCA,2HLC,2H1 /

INICIALIZACAO

CALL RMPAR(IPAR)
IF(IPAR(1).EQ.1) GO TO 599
IBEL=35378

WRITE(6,991)

991 FORMAT(" ENTRE NOMES DOS ARQUIVOS:")

WRITE(6,724)

724 FORMAT(" MEDIAS PARES OBJETOS STANDARDS")

READ(1,992)NOME1

READ(1,992)NOME2

READ(1,992)NOME3

READ(1,992)NOME4

992 FORMAT(3A2)

2 CONTINUE

WRITE(6,170)IBEL

170 FORMAT(" DIA,MES(1 A 12),ANO(2 ALG.),DIA DO ANO(0 A 365)",A2/)

READ(1,*)IDI,IMES,IANO,IDIA

WRITE(6,175)IDI,IMES,IANO,IDIA

175 FORMAT(" DIA="I2" MES="I2" ANO="I2" DIA="I3)

WRITE(6,24)IBEL

READ(1,5)IRESP

IF(IRESP.EQ.2HSI)GO TO 148

WRITE(6,28)

GO TO 2

148 CONTINUE

WRITE(11,180)IDI,IMES,IANO

180 FORMAT(" NOITE ",I2,"/",I2,"/",I2,///)

GO TO 30

FORMATOS MAIS USADOS

5 FORMAT(A2)

11 FORMAT(" DADOS SAO CONSERVADOS? (SIM OU NAO)",A2)

13 FORMAT(" BLOCO *",A2)

26 FORMAT(5(1X,I4))

24 FORMAT(" CONFERE? (SIM OU NAO)",A2)

28 FORMAT(" REPETIR")

30 CONTINUE

IBEL=35378

RECEBE OS NUMEROS DE BLOCOS + E =

IOBE=0

WRITE(6,32)IBEL

32 FORMAT(" TEM OBJETOS + = ? (SIM OU NAO)",A2)

```

READ(1,5) IRESP
IF(IRESP.EQ.2HNA)GO TO 59
IOBE=1
WRITE(6,11)IBEL
READ(1,5) IRESP
IF(IRESP.EQ.2HSI)GO TO 665
35 CONTINUE
JJJ=0
NCOMB=1
NSC=0
DO 34 J=1,130
34 ICOMB(J)=0
DO 31 J=1,50
31 NBCPC(J)=0
36 CONTINUE
WRITE(6,37)NCOMB
37 FORMAT(" ESTAMOS NA COMBINACAO ",I3)
WRITE(6,38)IBEL
38 FORMAT(" BLOCO +"A2)
READ(1,*)IDADO
IF(IDADO.EQ.0) GO TO 45
IF(IDADO.GT.0)GO TO 43
NDAD=-IDADO-IDAD1
DO 39 J=1,NDAD
NC=NC+1
NSC=NSC+1
ICOMB(NSC)=IDAD1+J
39 CONTINUE
GO TO 36
43 CONTINUE
IDAD1=IDADO
NC=NC+1
NSC=NSC+1
ICOMB(NSC)=IDADO
GO TO 36
45 CONTINUE
JJJ=JJJ+1
NBCPC(JJJ)=NC
NC=0
50 CONTINUE
WRITE(6,37)NCOMB
WRITE(6,52)IBEL
52 FORMAT(" BLOCO ="A2)
READ(1,*)IDADO
IF(IDADO.EQ.0) GO TO 60
IF(IDADO.GT.0)GO TO 58
NDAD=-IDADO-IDAD1
DO 55 J=1,NDAD
NC=NC+1
NSC=NSC+1
ICOMB(NSC)=IDAD1+J
55 CONTINUE
GO TO 50
58 CONTINUE
IDAD1=IDADO
NC=NC+1
NSC=NSC+1
ICOMB(NSC)=IDADO
GO TO 50
60 CONTINUE

```

```

JJJ=JJJ+1
NBCPC(JJJ)=NC
NC=0
NCOMB=NCOMB+1
WRITE(6,62)IBEL
62 FORMAT(" OUTRA COMBINACAO? (SIM OU NAO)"A2)
READ(1,5)IRES
IF(IRES.EQ.2HSI)GO TO 36
IJ=0
DO 63 J=1,NCOMB*2
WRITE(6,4)(ICOMB(I),I=1+IJ,NBCPC(J)+IJ)
4 FORMAT(10I5)
IJ=NBCPC(J)+IJ
63 CONTINUE
WRITE(6,24)IBEL
READ(1,5)IRES
IF(IRES.EQ.2HSI)GO TO 65
WRITE(6,28)
GO TO 35
59 CONTINUE
NCOMB=0
DO 64 J=1,130
64 ICOMB(J)=0
DO 61 J=1,50
61 NBCPC(J)=0
65 CONTINUE
NCOMB=NCOMB-1

```

C
C
C

RECEBE DADOS PARA A EXTINCAO

```

665 CONTINUE
WRITE(6,66)IBEL
66 FORMAT(" EXTINCAO E' CONSERVADA? (SIM OU NAO)"A2)
READ(1,5)IRES
IF(IRES.EQ.2HSI)GO TO 95
WRITE(6,67)IBEL
67 FORMAT(" EXTINCAO EXPLICITA OU A CALCULAR? (1 OU 2)"A2)
READ(1,*)ITYPE
IF(ITYPE.EQ.1)GO TO 80
72 CONTINUE

```

C
C
C

ENTRADA DAS ESTRELAS PARA EXTINCAO

```

III=0
DO 68 J=1,50
68 IBEXT(J)=0
NEE=1
NBEXT=0
DO 73 J=1,25
73 NBCEE(J)=0
70 CONTINUE
WRITE(6,160)NEE
160 FORMAT(" ESTAMOS NA ESTRELA ",I3)
WRITE(6,13)IBEL
READ(1,*)IDADO
IF(IDADO.EQ.0) GO TO 77
IF(IDADO.GT.0) GO TO 75
WRITE(6,85)
85 FORMAT(" CADA NUMERO TEM QUE SER FORNECIDO")
GO TO 70

```

```

75 CONTINUE
  NB1E=NB1E+1
  NBEXT=NBEXT+1
  IBEXT(NBEXT)=IDADO
  GO TO 70
77 CONTINUE
  III=III+1
  NBCEE(III)=NB1E
  NB1E=0
  NEE=NEE+1
  WRITE(6,162)IBEL
162 FORMAT(" OUTRA ESTRELA? (SIM OU NAO)"A2)
  READ(1,5)IRES
  IF(IRES.EQ.2HSI)GO TO 70
  IG=0
  DO 79 J=1,NEE
  WRITE(6,4)(IBEXT(I),I=1+IG,NBCEE(J)+IG)
  IG=NBCEE(J)+IG
79 CONTINUE
  NEE=NEE-1
  WRITE(6,24)IBEL
  READ(1,5)IRES
  IF(IRES.EQ.2HSI)GO TO 90
  WRITE(6,28)
  GO TO 72

```

C
C
C

ENTRADA DA EXTINCAO EXPLICITA

```

80 CONTINUE
  WRITE(6,81)
81 FORMAT(" KV,KBV,K12,K25,K58,K8"/)
82 CONTINUE
  READ(1,*)(COEXT(J),J=1,6)
  I=1
  JJ=0
  WRITE(6,86)(COEXT(J),J=1,6)
86 FORMAT(6F5,3)
  WRITE(6,24)IBEL
  READ(1,5)IRES
  IF(IRES.EQ.2HSI)GO TO 95
  WRITE(6,28)
  GO TO 80
90 CONTINUE
97 CONTINUE
  ICALP=0
  WRITE(6,91)IBEL
91 FORMAT(" CALCULAR OS COEFICIENTES DE EXTINCAO? (SIM OU NAO)"A2)
  READ(1,5)IRES
  IF(IRES.EQ.2HSI)GO TO 95
  ICALP=1

```

C
C
C

CHAMADA DA SUBROTINA DE CALCULO - OPCAO SO! EXTINCAO

```

GO TO 588
95 CONTINUE

```

C
C
C

ENTRADA DAS ESTRELAS STANDARD

```

WRITE(6,104)
104 FORMAT(" ENTRADA DOS NUMEROS DE BLOCO DAS ESTRELAS STANDARD")

```

```

WRITE(6,11)IBEL
READ(1,5)IRES
IF(IRES,EQ,2HNA) GO TO 105
IJAST=1
GO TO 120
105 CONTINUE
IJAST=0
NBES=0
DO 106 J=1,25
106 IBES(J)=0
107 CONTINUE
WRITE(6,13)IBEL
READ(1,*)IDADO
IF(IDADO,EQ,0) GO TO 112
IF(IDADO,GT,0) GO TO 110
NDAD=-IDADO-IDAD1
DO 108 J=1,NDAD
NBES=NBES+1
IBES(NBES)=IDAD1+J
108 CONTINUE
GO TO 107
110 CONTINUE
IDAD1=IDADO
NBES=NBES+1
IBES(NBES)=IDADO
GO TO 107
112 CONTINUE
I=(NBES/5)+1
DO 113 JJ=1,I
WRITE(6,26)(IBES(5*(JJ-1)+J),J=1,5)
113 CONTINUE
WRITE(6,24)IBEL
READ(1,5)IRES
IF(IRES,EQ,2HSI)GO TO 120
WRITE(6,28)
GO TO 105
120 CONTINUE

```

C
C
C

ENTRADA DAS ESTRELAS PARA MAGN. E CORES

```

IEMC=0
WRITE(6,121)IBEL
121 FORMAT(" TEM OBJETOS * ? (SIM OU NAO)"A2)
READ(1,5)IRES
IF(IRES,EQ,2HNA)GO TO 140
IEMC=1
WRITE(6,11)IBEL
READ(1,5)IRES
IF(IRES,EQ,2HSI)GO TO 145
124 CONTINUE
NBEMC=0
DO 125 J=1,50
125 IBEMC(J)=0
126 CONTINUE
WRITE(6,13)IBEL
READ(1,*)IDADO
IF(IDADO,EQ,0) GO TO 130
IF(IDADO,GT,0)GO TO 129
NDAD=-IDADO-IDAD1
DO 128 J=1,NDAD

```

```

NBEMC=NBEMC+1
IBEMC(NBEMC)=IDAD1+J
128 CONTINUE
GO TO 126
129 CONTINUE
IDAD1=IDADO
NBEMC=NBEMC+1
IBEMC(NBEMC)=IDADO
GO TO 126
130 CONTINUE
I=(NBEMC/5)+1
DO 132 JJ=1,I
WRITE(6,26)(IBEMC(5*(JJ-1)+J),J=1,5)
132 CONTINUE
WRITE(6,24)IBEL
READ(1,5)IRES
IF(IRES.EQ.2HSI) GO TO 145
WRITE(6,28)
GO TO 124
140 CONTINUE
NBEMC=0
DO 142 J=1,50
142 IBEMC(J)=0
145 CONTINUE
C
C      CHAMADA DA SUBROTINA DE CALCULO
C
588 CONTINUE
CALL EXEC(10,NCAL)
599 CONTINUE
WRITE(6,92)
92  FORMAT(" NOVA ANALISE? (SIM OU NAO)",A2)
READ(1,5)IRES
IF(IRES.EQ.2HSI)GO TO 30
999 CONTINUE
WRITE(6,990)
990 FORMAT(" FIM DA SESSAO")
END
ENDS
LIST END ****

```

FTN4
C
C
C

SEGMENTO QUE COMANDA O CALCULO

```
PROGRAM CALC1
DIMENSION X(6),Y(6),R2(6)
DIMENSION NPRI(3),AMCST(180)
COMMON NOME1(3),NOME2(3),NOME3(3),NOME4(3)
COMMON ICOMB(130),NCOMB,NBCPC(50),ITYPE,IBEXT(50),NEE,COEXT(6)
COMMON IBES(30),NBES,ICALP,IBEMC(50),NBEMC,IOBE,IEMC
COMMON NBCEE(30),IDIA,IANO,NBEXT,IJAST,AMS(6),NOME(150)
COMMON XE(30),AMIEX(180),A(12),INOME(5),ITI(6),HORAS(30)
COMMON CO(6),ZE(6),IBE,THETA
DATA NPRI/2HAN,2HDA,2H1 /
```

WRITE(6,1)

```
1 FORMAT(" CALCULANDO")
IF(IANO.EQ.82) THETA=6.68785
IF(IANO.EQ.81) THETA=6.70382
IF(IANO.EQ.80) THETA=6.65417
IF(IANO.EQ.79) THETA=6.60444
```

C
C
C

EXTINCAO

WRITE(11,5)

```
5 FORMAT(////" EXTINCAO"/" -----"////)
```

IF(ITYPE.EQ.1)GO TO 40

DO 10 IBE=1,NBEXT

CALL MIMA(1,1)

10 CONTINUE

WRITE(11,14)

```
14 FORMAT(" MAGNITUDES E CORES INSTR. E MASSAS DE AR",/)
```

WRITE(11,16)

```
16 FORMAT(4X"NOME"7X"VI"4X"BVI"3X"4142I"2X"4245I"2X"4548I"3X"48I"5X,
&"X")
```

DO 17 IBE=1,NBEXT

```
WRITE(11,18)(NOME(5*IBE-5+I),I=1,5),(AMIEX(6*IBE-6+J),J=1,6),
&XE(IBE)
```

```
18 FORMAT(1X,5A2,6(1X,F6,2),1X,F6,3)
```

17 CONTINUE

20 CONTINUE

DO 33 J=1,6

33 COEXT(J)=0

WRITE(11,19)

```
19 FORMAT(///," COEF. DE EXTINCAO,MAGN. E CORES FORA DA ATMOSF. E
&COEF. DE ADAPT.",/)
```

II=0

DO 23 IEE=1,NEE

DO 24 I=1+II,NBCEE(IEE)+II

DO 25 J=1,6

X(J)=XE(I)

Y(J)=AMIEX(6*I-6+J)

25 CONTINUE

CALL RGRLI(NBCEE(IEE),X,Y,CO,ZE,R2)

24 CONTINUE

II=NBCEE(IEE)+II

WRITE(11,21)

```
21 FORMAT(4X"NOME"6X"KV"5X"KBV"3X"K4142"2X"K4245"2X"K4548"3X"K48")
```

```
WRITE(11,27)(NOME(5*II-5+I),I=1,5),CO
```

```
27 FORMAT(1X,5A2,6(1X,F6,3))
```

WRITE(11,78)

```

78 FORMAT(14X"V0"6X"BV0"4X"41420"3X"42450"3X"45480"4X"480")
WRITE(11,79)ZE
79 FORMAT(10X,6(2X,F6,2))
WRITE(11,179)
179 FORMAT(13X,"R21"4X"R22"4X"R23"4X"R24"4X"R25"4X"R26")
WRITE(11,47)R2
47 FORMAT(10X,6(2X,F5,3),/)
DO 28 K=1,6
COEXT(K)=COEXT(K)+CO(K)
28 CONTINUE
23 CONTINUE
DO 35 J=1,6
COEXT(J)=COEXT(J)/NEE
35 CONTINUE
40 CONTINUE
IF(ITIPE.EQ,2)GO TO 38
WRITE(11,41)
41 FORMAT(" EXTINCAO EXPLICITA"/)
GO TO 39
38 CONTINUE
WRITE(11,36)
36 FORMAT(//," COEFICIENTES DE EXTINCAO CALCULADOS"/)
39 CONTINUE
WRITE(11,37)
37 FORMAT(3X"KV"5X"KBV"3X"K4142"2X"K4245"2X"K4548"3X"K48")
WRITE(11,34)COEXT
34 FORMAT(6(1X,F6,3))
IF(ICALP.EQ,1)GO TO 999

C
C
C
STANDARDS

IF(IJUST.EQ,1)GO TO 686
WRITE(11,45)
45 FORMAT(////" STANDARDS"/" -----"////)
DO 50 IBE=1,NBES
CALL MIMA(2,2)
DO 52 I=1,6
AMCST(IBE*6-6+I)=AMS(I)
52 CONTINUE
DO 55 I=1,6
AMIEX(6*IBE-6+I)=AMIEX(6*IBE-6+I)-XE(IBE)*COEXT(I)
55 CONTINUE
50 CONTINUE
DO 57 IBS=1,NBES
DO 59 J=1,6
X(J)=AMIEX(IFS*6-6+J)
Y(J)=AMCST(IFS*6-6+J)
59 CONTINUE
Y(1)=Y(1)-X(1)
X(1)=Y(2)
Y(6)=Y(6)-X(6)
X(6)=Y(5)
CALL RGRLI(NBES,X,Y,CO,ZE,R2)
57 CONTINUE
WRITE(11,62)
62 FORMAT(//," COEFICIENTES DA TRANSFORMACAO DE SISTEMA"/)
DO 66 J=1,6
WRITE(11,64)J,CO(J),J,ZE(J),J,R2(J)
64 FORMAT(" TG"11"="F10,6,2X"Y0"11"="F10,6,2X"R2"11"="P6,4)
66 CONTINUE

```

```

WRITE(11,68)
68 FORMAT (// " MAGN. E CORES DO ARQUIVO E CALCULADAS")
DO 681 J=1,6
Y(J)=0
681 CONTINUE
DO 76 IBS=1,NBES
WRITE(11,70)(NOME( IBS*5-5+I), I=1,5)
70 FORMAT(/,1X,5A2)
WRITE(11,71)(AMCST( IBS*6-6+I), I=1,6)
71 FORMAT(" MAGN. E CORES DO ARQ.:",6(2X,F7.3))
V0=AMIEX( IBS*6-5)
AMIEX( IBS*6-5)=AMCST( IBS*6-4)
A480=AMIEX( IBS*6)
AMIEX( IBS*6)=AMCST( IBS*6-1)
DO 73 J=1,6
X(J)=AMCST( IBS*6-6+J)
AMCST( IBS*6-6+J)=CO(J)*AMIEX( IBS*6-6+J)+ZE(J)
73 CONTINUE
AMCST( IBS*6-5)=AMCST( IBS*6-5)+V0
AMCST( IBS*6)=AMCST( IBS*6)+A480
DO 714 J=1,6
AMS(J)=X(J)-AMCST( IBS*6-6+J)
714 CONTINUE
DO 682 J=1,6
Y(J)=Y(J)+AMS(J)*AMS(J)
682 CONTINUE
WRITE(11,75)(AMCST( IBS*6-6+I), I=1,6)
75 FORMAT(" MAGN. E CORES CALCUL.:"6(2X,F7.3))
WRITE(11,715)(AMS(J), J=1,6)
715 FORMAT(" ARQ-CALC"13X":"6(2X,F7.3))
76 CONTINUE
DO 683 J=1,6
X(J)=((-Y(J)/NBES+Y(J))/(NBES-1))*0.5
683 CONTINUE
WRITE(11,684)(X(J), J=1,6)
684 FORMAT(// " SIGMA"16X":"6(2X,F7.3))

C
C
C
ESTRELAS DO PROGRAMA
686 IF( IEMC.EQ.0)GO TO 90
DO 80 IBE=1,NBEMC
CALL MIMA(1,3)
DO 84 I=1,6
AMIEX(6* IBE-6+I)=AMIEX(6* IBE-6+I)-XE( IBE)*COEXT( I)
84 CONTINUE
80 CONTINUE
WRITE(11,105)
105 FORMAT(//// " ESTRELAS DO PROGRAMA"/" ----- -- -----"////)
WRITE(11,108)
108 FORMAT(4X"NOME"7X"V"6X"BV"4X"4142"4X"4245"4X"4548"6X"48"9X,
&"X"6X"HORA")
DO 110 J=1,NBEMC
DO 112 I=2,5
AMCST( J*6-6+I)=CO( I)*AMIEX( J*6-6+I)+ZE( I)
112 CONTINUE
AMCST( J*6-5)=CO(1)*AMCST( J*6-4)+ZE(1)+AMIEX( J*6-5)
AMCST( J*6)=CO(6)*AMCST( J*6-1)+ZE(6)+AMIEX( J*6)
WRITE(11,201)(NOME(5* J-5+I), I=1,5), (AMCST(6* J-6+K), K=1,6), XE( J)
&, HORAS( J)
201 FORMAT(1X,5A2,6(1X,F7.3),3X,F6.3,2X,F8.5)

```

110 CONTINUE

```

C
C
C
  90 CONTINUE
  IF(IOBE.EQ.0)GO TO 999
  IL=0
  IP=0
  DO 92 IBO=1,2*NCOMB,2
  IBIC=0
  IP=IP+1
  HOR=0.
  DO 91 J=1,6
  AMS(J)=0.
  Y(J)=0.
  91 CONTINUE
  DO 94 IA=1,NBCPC(IBO)
  CALL PABLC(ICOMB(IL+IA),INOME,ITI,A,6,HORA,NOME1)
  HOR=HOR+HORA
  IF(IA.NE.1)GO TO 738
  DO 95 K=1,5
  NOMEE(IP*5-5+K)=INOME(K)
  95 CONTINUE
  738 CONTINUE
  DO 93 J=1,6
  AMS(J)=AMS(J)+A(J)
  93 CONTINUE
  94 CONTINUE
  IA=IA+1
  IL=IL+IA
  DO 97 IB=1,NBCPC(IBO+1)
  CALL PABLC(ICOMB(IL+IB),INOME,ITI,A,6,HORA,NOME1)
  HOR=HOR+HORA
  DO 119 J=1,6
  Y(J)=Y(J)+A(J)
  119 CONTINUE
  97 CONTINUE
  IB=IB+1
  IL=IL+IB
  DO 96 J=1,6
  ARG=AMS(J)/FLOAT(IA)/(FLOAT(ITI(J))=(AMS(J)/FLOAT(IA))*
&41.E=9)-(Y(J)/FLOAT(IB))/FLOAT(ITI(J))
  AMIEX(IP*6-6+J)=-2.5*ALOG(ARG)*.434294482
  96 CONTINUE
  S=IP*6
  AMIEX(S-4)=AMIEX(S-4)-AMIEX(S-5)
  AMIEX(S-3)=AMIEX(S-3)-AMIEX(S-2)
  AMIEX(S-2)=AMIEX(S-2)-AMIEX(S-1)
  AMIEX(S-1)=AMIEX(S-1)-AMIEX(S)
  DO 655 K=1,5
  INOME(K)=NOMEE(IP*5-5+K)
  655 CONTINUE
  CALL LEPOS(1,NOME3,INOME,AR,DEC,AMS)
  IAB=IA+IB
  HO=HOR/FLOAT(IAB)
  IF(HO,GT.8,AND,HO,LT.17) HO=0.
  IF(HO,GT.17) GO TO 438
  IBIC=1
  IDIA=IDIA+1
  438 H=.26179938*(-AR+THETA+FLOAT(IDIA)*.065709722+

```

```

&1,002737905*HO=,406508)
IF (IBIC, EQ, 1) IDIA=IDIA-1
DR=1,74533E-2*DEC
XE(IP)=1/(SIN(DR))*(-,50047)+,86575*COS(DR)*COS(A)
HORAS(IP)=HO
92 CONTINUE
DO 99 J=1, NCOMB
DO 101 I=1, 6
AMIEX(6*J-6+I)=AMIEX(6*J-6+I)+XE(J)*COEXT(I)
101 CONTINUE
99 CONTINUE
WRITE(11,705)
705 FORMAT(///" OBJETOS EXTENSOS E ESTRELAS EM AGLOMERADOS"/,
&" -----"//)
WRITE(11,108)
DO 710 J=1, NCOMB
DO 712 I=2, 5
AMCST(J*6-6+I)=CO(I)*AMIEX(J*6-6+I)+ZE(I)
712 CONTINUE
AMCST(J*6-5)=CO(1)*AMCST(J*6-4)+ZE(1)+AMIEX(J*6-5)
AMCST(J*6)=CO(6)*AMCST(J*6-1)+ZE(6)+AMIEX(J*6)
WRITE(11,201) (NOME(5*J+I), I=1, 5), (AMCST(6*J+K), K=1, 6),
&XE(J), HORAS(J)
710 CONTINUE
WRITE(11,117)
117 FORMAT(// " COMBINACOES FEITAS")
IJ=0
DO 121 K=1, NCOMB
WRITE(11,122) (ICOMB(I), I=1+IJ, NBCPC(2*K-1)+IJ)
122 FORMAT(" OBJETO "10(I4,1X))
IJ=IJ+NBCPC(2*K-1)
WRITE(11,123) (ICOMB(I), I=1+IJ, NBCPC(2*K)+IJ)
123 FORMAT(" CEU      ", 10(I4,1X))
IJ=IJ+NBCPC(2*K)
121 CONTINUE
999 CONTINUE
CALL EXEC(10, NPRI, 1)
END

```

C
C
C

SUBROTINA DAS MAGNITUDES INSTR. E MASSA DE AR

```

SUBROUTINE MIHA(NTL, NTIB)
COMMON NOME1(3), NOME2(3), NOME3(3), NOME4(3)
COMMON ICOMB(130), NCOMB, NBCPC(50), ITIPE, IBEXT(50), NEE, COEXT(6)
COMMON IBES(30), NBES, ICALP, IBEMC(50), NBEMC, IOBE, IEMC
COMMON NBCEE(30), IDIA, IANO, NBEXT, IJUST, AMS(6), NOME(150)
COMMON XE(30), AMIEX(180), A(12), INOME(5), ITI(6), HORAS(30)
COMMON CO(6), ZE(6), IBE, THETA
IBIC=0
GO TO (1, 2, 3), NTIB
1 CALL PABLC(IBEXT(IBE), INOME, ITI, A, 12, HORA, NOME1)
GO TO 22
2 CALL PABLC(IBES(IBE), INOME, ITI, A, 12, HORA, NOME1)
GO TO 22
3 CALL PABLC(IBEMC(IBE), INOME, ITI, A, 12, HORA, NOME1)
22 CONTINUE
DO 11 J=1, 5
NOME(IBE*5-5+J)=INOME(J)
11 CONTINUE
DO 13 J=1, 6

```

```

ARG=A(J)/(FLOAT(ITI(J))-A(J)*42.E-9)-A(6+J)/FLOAT(ITI(J))
AMIEX(6*IBE-6+J)=-2.5*ALOG(ARG)*.434294482
13 CONTINUE
AMIEX(IBE*6-4)=AMIEX(IBE*6-4)-AMIEX(IBE*6-5)
AMIEX(IBE*6-3)=AMIEX(IBE*6-3)-AMIEX(IBE*6-2)
AMIEX(IBE*6-2)=AMIEX(IBE*6-2)-AMIEX(IBE*6-1)
AMIEX(IBE*6-1)=AMIEX(IBE*6-1)-AMIEX(IBE*6)
GO TO (4,5,6),NTIB
4 CALL LEPOS(NTL,NOME2,INOME,AR,DEC,AMS)
GO TO 622
5 CALL LEPOS(NTL,NOME4,INOME,AR,DEC,AMS)
GO TO 622
6 CALL LEPOS(NTL,NOME3,INOME,AR,DEC,AMS)
622 CONTINUE
IF(HORA.GT.8.AND.HORA.LT.17) HORA=0.
IF(HORA.GT.17)GO TO 435
IBIC=1
IDIA=IDIA+1
435 H=.26179938*(-AR+THETA+FLOAT(IDIA)*.065709722+HORA*
&1.002737905-.406508)
IF(IBIC.EQ.1) IDIA=IDIA-1
DR=1.74533E-2*DEC
XE(IBE)=1/(SIN(DR)*(-.50047)+.86575*COS(DR)*COS(H))
HORAS(IBE)=HORA
RETURN
END

```

C
C
C

SUBROTINA REGRESSAO LINEAR

```

SUBROUTINE RGRLI(N,X,Y,TG,Y0,R2)
DIMENSION X(6),Y(6),TG(6),Y0(6),R2(6)
DIMENSION SX(6),SY(6),X2(6),Y2(6)
DIMENSION SX2(6),SY2(6),SP(6)
IF(N.EQ.0)GO TO 99
ICONT=ICONT+1
DO 1 J=1,6
SX(J)=SX(J)+X(J)
SY(J)=SY(J)+Y(J)
SP(J)=SP(J)+X(J)*Y(J)
X2(J)=X(J)*X(J)
Y2(J)=Y(J)*Y(J)
SX2(J)=SX2(J)+X2(J)
SY2(J)=SY2(J)+Y2(J)
1 CONTINUE
IF(ICONT.EQ.N) GO TO 10
GO TO 99
10 CONTINUE
DO 20 J=1,6
TG(J)=(SP(J)-SX(J)*SY(J)/N)/(SX2(J)-SX(J)*SX(J)/N)
Y0(J)=SY(J)/N-TG(J)*SX(J)/N
R2(J)=(SP(J)-SX(J)*SY(J)/N)**2/((SX2(J)-SX(J)*SX(J)/N)*
&(SY2(J)-SY(J)*SY(J)/N))
SX(J)=0.
SY(J)=0.
X2(J)=0.
Y2(J)=0.
SX2(J)=0.
SY2(J)=0.
SP(J)=0.
20 CONTINUE

```

```

ICONT=0
99 CONTINUE
RETURN
END

```

C
C
C
C
C
C

```

SUBROTINA DE LEITURA DE ARQUIVOS DE :
      PARES
      OBJETOS
      STANDARDS

```

```

SUBROUTINE LEPOS(NA,NOME,INOME,AR,DEC,A)
DIMENSION NOME(3),INOME(5),A(6),NAME(5),LINHA(30)
CALL FILE(NOME,I)
IF(I.EQ.0.OR.I.EQ.-1)GO TO 998
100 CONTINUE
CALL LER(LINHA,I)
IF(I.EQ.0) GO TO 999
CALL CODE
READ(LINHA,10)NAME,AR,DEC
10 FORMAT(5A2,F6.3,F7.3)
IF(NAME(1).EQ.INOME(1).AND.
& NAME(2).EQ.INOME(2).AND.
& NAME(3).EQ.INOME(3).AND.
& NAME(4).EQ.INOME(4).AND.
& NAME(5).EQ.INOME(5)) GO TO 110
GO TO 100
110 CONTINUE
IF(NA.EQ.1) GO TO 120
CALL LER(LINHA,I)
IF(I.EQ.0) GO TO 999
CALL CODE
READ(LINHA,20)A
20 FORMAT(6F6.3)
120 CONTINUE
RETURN
998 CONTINUE
WRITE(6,98)NOME
98 FORMAT(" ERRO NO ARQUIVO "3A2)
PAUSE
RETURN
999 CONTINUE
WRITE(6,99)INOME
99 FORMAT(" NAO ENCONTREI "5A2)
RETURN
END

```

C
C
C

```

SUBROTINA DE LEITURA DE ARQUIVO DE MEDIAS

```

```

SUBROUTINE PABLC(NOD,INOME,ITI,A,NA,HORA,NOME)
DIMENSION INOME(5),ITI(6),A(12),NOME(3),LINHA(18)
CALL FILE(NOME,I)
IF(I.EQ.0.OR.I.EQ.-1) GO TO 999
100 CONTINUE
CALL LER(LINHA,I)
IF(I.EQ.0) GO TO 999
CALL CODE
READ(LINHA,10)NOB,ISIMB,INOME,HORA,ITI
10 FORMAT(I4,A1,5A2,F8.5,6I2)
IF(NOB.EQ.NOD.AND.ISIMB.EQ.1H*) GO TO 120
IF(NOB.EQ.NOD.AND.ISIMB.EQ.1H+)GO TO 120

```

```
IF(NOB.EQ.NOD.AND.ISIMB.EQ.364408)GO TO 120
GO TO 100
120 CONTINUE
DO 130 J=1,NA
CALL LER(LINHA,I)
IF(I.EQ.0) GO TO 999
CALL CODE
READ(LINHA,20)A(J)
20 FORMAT(F8.0)
130 CONTINUE
RETURN
998 CONTINUE
WRITE(6,98)NOME
98 FORMAT(" ERRO NO ARQUIVO "3A2)
PAUSE
RETURN
999 CONTINUE
WRITE(6,99)NOD
99 FORMAT(" NAO ENCONTREI "I5)
RETURN
END
END$
LIST END ****
```



ADENDA

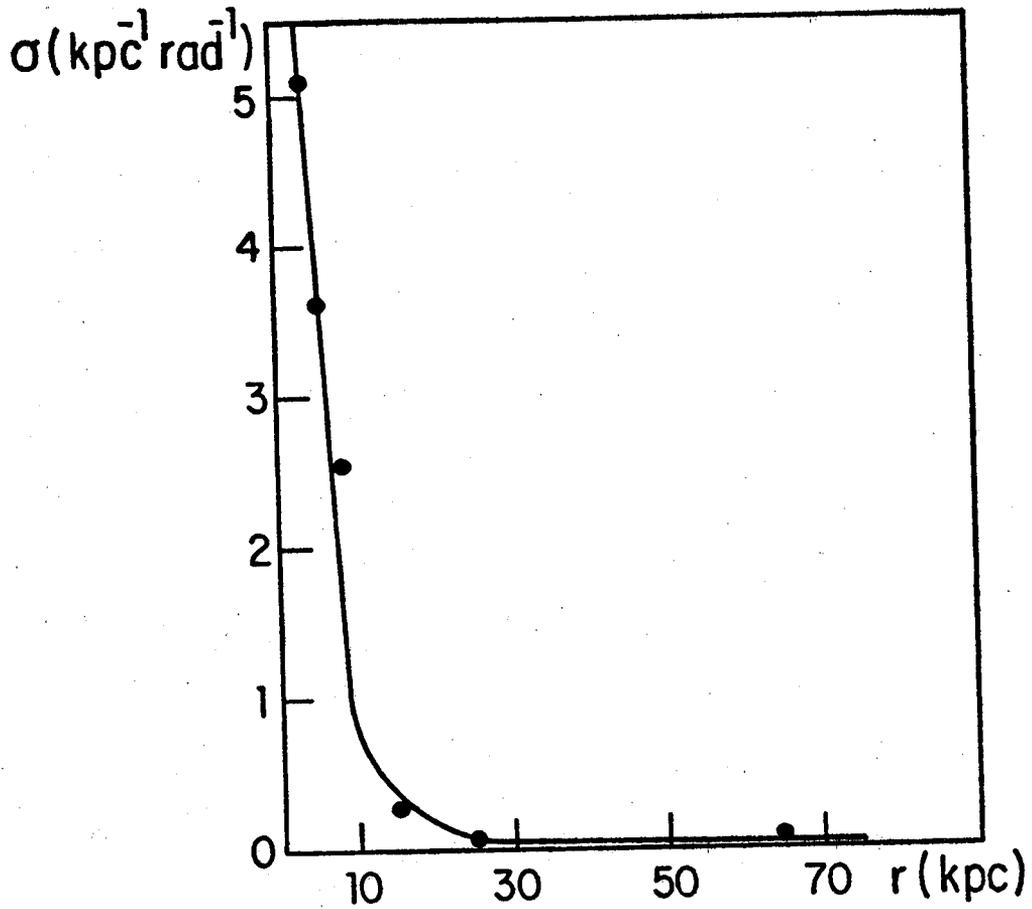
Outro Método para Estimar o Número Total de Aglomerados Globulares na Galáxia*

O número total de aglomerados globulares na Galáxia pode ser determinado a partir da distribuição radial da densidade projetada de aglomerados globulares no plano XY. Determinamos esta função utilizando aglomerados da Tabela 8 com distância projetada no plano XY $r \geq 3$ kpc contidos em um setor galactocêntrico de 90° em direção ao Sol. Esta região, de acordo com a seção 5.1, é pouco afetada por efeitos de seleção pela absorção, excetuando-se eventuais aglomerados globulares na região do disco. Utilizando a função luminosidade dos aglomerados globulares galácticos (Harris e Racine, 1979) verificamos que parte dos aglomerados menos luminosos se encontram a grandes distâncias do Sol. Conseqüentemente a amostra seria essencialmente completa na região considerada. O quadro a seguir mostra os resultados.

Intervalo (kpc)	Número	$\sigma(\text{kpc}^{-1} \text{rad}^{-1})$
$3 \leq r < 4$	8	5.093
$4 \leq r < 7$	17	3.608
$7 \leq r < 10$	12	2.546
$10 \leq r < 20$	4	0.255
$20 \leq r < 30$	1	0.064
$30 \leq r < 100$	3	0.038

* Agradecemos a José de Freitas Pacheco pela indicação deste método.

A figura mostra a função σ vs r



O ajuste da curva gerou

$$\sigma(r) = 75.41 r^{-1.939} \quad (1)$$

com coeficiente de determinação $r = 0.96$.

Observacionalmente não é possível obter informação sobre o número de aglomerados próximos ao núcleo

da Galáxia, devido à forte absorção. Teoricamente aglomerados nesta região não sobreviveriam ao mecanismo disruptivo do efeito de maré do centro galáctico (Keenan et al., 1973; Innanen e Keenan, 1973; Sasaki e Ishizawa, 1978). Supondo que a equação (1) seja válida a partir de $r = 1$ kpc, o número de aglomerados seria dado por:

$$N = 2\pi \int_1^{\infty} \sigma(r) dr = -504.60 r^{-0.939} \Big|_1^{\infty}$$

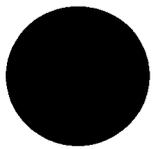
Este método indica que o número de aglomerados globulares na Galáxia seria 505, portanto em bom acordo com o resultado encontrado na seção 5.2.

REFERÊNCIAS

- Harris, W.E., Racine, R. 1979. Ann.Rev.Astr.Astrop. 17: 241.
- Innanen, K.A., Keenan, D.W. 1973, J.Roy.Astron.Soc.Can. 67:248.
- Keenan, D.W., Innanen, K.A. 1975. Astron.J. 80:290.
- Sasaki, T., Ishizawa, T. 1973. Astr.Astrop. 69:381.

|

|



SABi



UFRGS



05103519