UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA E QUÍMICA DE SÃO CARLOS

Jorge Hönel

Métodos Geométricos para Avaliação de Sistema Ópticos Centrados.

Dissertação apresentada ao Instituto de Física e Química de São Carlos para Obtenção do Título de MESTRE EM FÍSICA APLICADA.

Orientador:

Prof. Dr. Jarbas Caiado de Castro Neto

Departamento de Física e Ciência dos Materiais

São Carlos, 1990.

SERVIÇO DE BIBLIOTECA E INFORMAÇÃO - IFQSC
FÍSICA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA E QUÍMICA DE SÃO CARLOS

MEMBROS DA COMISSÃO JULGADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE JORGE HONEL APRESENTADA AO INSTITUTO DE FÍSICA E QUÍMICA DE SÃO CARLOS, DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, EM 14/02/91

COMISSÃO JULGADORA:

Prof. Dr. Jarbas Caiado de Castro Neto

Prof. Dr. René Ayres Carvalho

Prof. Dr. Jaime Frelich Sochaczewsky

Está dissertação foi realizada em consequência do " PROGRAMA DE TRANSFÊRENCIA E ABSORÇÃO DE ALTA TECNOLOGIA ÓPTICA ", do Convênio firmado entre o MEC/CEDATE e o Kombinat VEB Carl Zeiss JENA, do qual o Instituto de Física e Química de São Carlos foi membro participante.

à minha esposa

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador pela oportunidade de ter participado do “Programa de Transferência e Absorção de Alta Tecnologia Óptica”.

Agradeço pelo coleguismo entre os integrantes do grupo durante o treinamento, na antiga República Democrática da Alemanha, dentro do programa de transferência de tecnologia pelos bons e maus momentos que passamos: Aroni, Catunda, Edevaldo, Jonas, Luís e Oscar.

Agradeço ao bom relacionamento desfrutado com os demais integrantes do Grupo de Ótica.

Índice

Lista de Figuras	III
Lista de Tabelas	V
Resumo e Abstract	VI
Introdução	1
I <u>Fundamentos Geométricos da Refração e Reflexão</u>	3
1.1 A Refração e a Reflexão	4
1.2 Representação da Reflexão e da Refração na Forma Vetorial	6
1.3 Dispersão do Meio Óptico	9
II <u>Avaliação de Sistemas Ópticos Centrados</u>	10
2.1 Estrutura do Sistema Óptico	11
2.2 Aberrações	12
III <u>Traçado Geométrico Paraxial</u>	14
3.1 O Dioptro Óptico.	15
3.1.1 Convenções.	15
3.1.2 O Invariante de Abbe.	17
3.1.3 O Invariante de Helmholtz-Lagrange.	18
3.1.4 Elementos Cardinais do Dioptro.	19
3.2 Método do Traçado Paraxial pelo Invariante de Abbe.	21
3.2.1 Algoritmo de Traçado.	21
3.3 Os Elementos Cardinais.	23
3.3.1 Os Planos Focais.	23
3.3.2 Os Planos Principais.	24
3.3.3 Os Planos Nodais.	25
3.4 Relação Objeto-Imagem.	26
3.4.1 Noção de Espaço no Sistema Óptico.	26
3.4.2 Natureza dos Objetos e Imagens.	27
3.4.3 Composição: Objeto – Sistema Óptico –Imagem.	27
3.5 Diafragmas.	28
3.5.1 Diafragma de Abertura.	28
3.5.2 Diafragma de Campo.	31
3.5.3 Vinheta.	31
IV <u>Traçado Geométrico Meridional</u>	34
4.1 Traçado Meridional	35

4.1.1	Algoritmo do Traçado Meridional	38
4.1.2	Traçado Meridional — Parâmetros Iniciais	39
4.1.3	Traçado Meridional — Parâmetros Finais	39
4.2	Astigmatismo	40
4.2.1	Astigmatismo Meridional	40
4.2.2	Astigmatismo Sagital	43
V	<u>Traçado Geométrico Espacial</u>	46
5.1	Traçado de Raios Espaciais	47
5.2	Algoritmo do Traçado Espacial.	50
5.3	Traçado Espacial — Parâmetros Iniciais	51
5.4	Traçado Espacial — Parâmetros Finais	52
5.5	Avaliação através do Traçado Espacial	53
5.5.1	Variação das Aberrações Transversais.	53
5.5.2	Diagrama Spot.	54
VI	<u>Programa de Avaliação de Sistemas Ópticos</u>	56
VII	<u>Considerações Gerais</u>	65
7.1	Conclusão.	66
7.2	Possibilidades Futuras.	66
	APÊNDICE	67
A	<u>Tabela Schott de Vidros Ópticos.</u>	68
B	<u>Documentação do Programa de Avaliação de Sistemas Ópticos</u>	78
B.1	Programa DADOS.FOR	79
B.2	Programa MEPA.FOR	82
B.3	Programa MASO.FOR	83
B.4	Programa PARA.FOR	102
B.5	Programa MERD.FOR	116
B.6	Programa ESPA.FOR	136
B.7	Programa MONI.ASM	153
B.8	Programa TECL.ASM	158
	Bibliografia	160
	Disquetes com o Programa de Avaliação de Sistemas Ópticos	161

Lista de Figuras

1	Refração e Reflexão pelo Princípio de Fermat.	4
2	Reflexão pelo Princípio de Fermat.	5
3	Refração pelo Princípio de Fermat.	6
4	Reflexão e Refração na Forma Vetorial.	7
5	Reflexão na Forma Vetorial.	7
6	Refração na Forma Vetorial.	8
7	Estrutura de um Sistema Óptico.	11
8	Esquema geral da refração de um raio através de um dioptro.	15
9	Convenção dos ângulos.	16
10	Convenção entre objeto e imagem finitos.	16
11	Invariante de Abbe.	18
12	Invariante de Helmholtz-Lagrange.	18
13	Planos Principais de um Dioptro (H e H').	19
14	Planos Nodais de um Dioptro (N e N').	20
15	Planos Focais de um Dioptro (F' e F).	20
16	Refração numa Interface I_j	21
17	Transferência entre duas Interfaces.	22
18	Algoritmo do Traçado Paraxial.	22
19	Plano Focal F'	23
20	Plano Focal F	24
21	Planos Principais H e H'	24
22	Distâncias focais do sistema óptico.	25
23	Determinação do Planos Nodais N e N'	26
24	Representação dos Espaços Objeto e Imagem.	27
25	Determinação do diafragma de abertura (DIA).	29
26	Determinação das Pupilas de Entrada (PE) e de Saída (PS).	29
27	Abertura Numérica do Sistema Óptico.	30
28	Abertura Relativa: $K = 2 r_{pe}/f'$	30
29	Diafragma de Campo - Janelas de Entrada e de Saída.	31
30	Fatores de Obstrução Superior e Inferior.	32
31	Refração pelo Método (Q,U).	35
32	Transferência do Raio Meridional.	37
33	Algoritmo do Traçado Meridional.	38
34	Traçado Meridional — Parâmetros Iniciais.	39
35	Traçado Meridional — Parâmetros Finais.	40
36	Astigmatismo Meridional	41
37	Variação na interface para o astigmatismo meridional.	41
38	Transferência do valor dq'_i e $d\sigma'_m$, i no caso meridional.	42
39	Posição da imagem meridional.	42
40	Astigmatismo Sagital.	43
41	Variação na interface para o astigmatismo sagital.	44
42	Posição da imagem sagital	44
43	Refração na forma vetorial numa Superfície Esférica.	47
44	Transferência de raios entre duas interfaces no espaço.	48
45	Algoritmo do Traçado Espacial.	51
46	Traçado Espacial — Parâmetros Iniciais — Ponto Objeto.	52
47	Traçado Espacial — Parâmetros Iniciais — Objeto Impróprio.	52
48	Traçado Espacial — Parâmetros Finais.	53

49	Avaliação pela Variação da Aberração Transversal.	54
50	Avaliação pelo "Diagrama Spot".	54
51	Sistema Óptico 80800.TEL - Aberração Esférica	60
52	Sistema Óptico 80800.TEL - Distorção	60
53	Sistema Óptico 80800.TEL - Astigmatismo Sagital e Meridional	61
54	Sistema Óptico 80800.TEL - Aberração Cromática Longitudinal	61
55	Sistema Óptico 80800.TEL - Aberração Cromática Transversal	62
56	Sistema Óptico 80800.TEL - Aberração Cromática Lateral	62
57	Sistema Óptico 80800.TEL - Aberração Esférica Transversal	63
58	Sistema Óptico 80800.TEL - Diagrama Spot	63

Lista de Tabelas

1	Relações entre o Objeto e a Imagem.	28
2	Sistema Óptico 80800.TEL	58
3	Sistema Óptico 80800.tel - Resultados da Avaliação Paraxial.	59
	Tabela Schott de Vidros Ópticos	69

Resumo

Três métodos geométricos de traçado de raios são desenvolvidos e aplicados num programa de avaliação de sistema ópticos para microcomputadores padrão IBM-PC. O primeiro método corresponde ao traçado paraxial construído a partir do Invariante de Abbe; o segundo método corresponde ao traçado meridional proposto por Rudolf Kingslake; e o terceiro método corresponde ao traçado espacial proposto por Hainz Haferkorn e Volker Tautz. Dentro do programa estão incluídas algumas das representações das aberrações ópticas que caracterizam um sistema óptico centrado.

Abstract

Three methods of ray tracing are development for use on IBM PC/XT personal computer. The first method is a paraxial ray tracing derived from the invariant Abbe; the second is a meridional ray tracing proposed by Rudolf Kingslake; and the third is a skew ray tracing proposed by Heinz Haferkorn and Volker Tautz . Based on this three methods some optical aberrations are employed to exemplifies an optical centered system.

Introdução

O projeto adequado de um sistema óptico é muito complexo em consequência do grande número de variáveis a que está sujeito. O fato de cada lente ser composta de duas superfícies separadas entre si e serem preenchidas com um meio óptico dispersivo contribuem, ainda, para esta complexidade. As etapas necessárias que implicam no seu desenvolvimento são quatro, a saber:

- a-) definição do sistema óptico inicial de partida que consiste em estabelecer os parâmetros do sistema (distância focal, aumento transversal, etc...) e os tipos de vidros ópticos mais indicados em função das aberrações a serem corrigidas;
- b-) avaliação do sistema óptico através de métodos que descrevam as aberrações pertinentes quer seja pela óptica geométrica quer seja pela óptica ondulatória;
- c-) otimização do sistema óptico para atingir os parâmetros desejados e minimizar as aberrações envolvidas;
- d-) avaliar o sistema óptico através de critérios de qualidade que possam ser medidos na prática para verificar a eficiência do mesmo.

Convém ressaltar o fundamento da questão tecnológica na confecção do sistema óptico. Os problemas de montagem mecânica, da tolerância de fabricação das superfícies ópticas bem como das flutuações da tolerância dos vidros ópticos interferem na qualidade final da imagem produzida pelo sistema óptico. Mas, os problemas referidos não correspondem a realidade teórica. Esta questão tecnológica, entretanto, não será tratada no decorrer deste trabalho.

Todas as etapas constitutivas do projeto de um sistema óptico são realizadas, atualmente, através de programas aplicativos específicos desde a proposição inicial do sistema até o estabelecimento teórico da qualidade da imagem produzida. Toda a relação existente entre estas etapas consiste na Modelação dos Sistemas Ópticos, na medida em que determina a conduta necessária para que possamos construir um sistema óptico suficientemente adequado para a finalidade almejada.

O presente trabalho propõem aplicar os métodos de traçados geométricos de raios no sistema óptico, a fim de representá-lo em termos de algumas aberrações que permitam uma avaliação.

Três são os métodos desenvolvidos para a descrição do sistema óptico. Para avaliar o sistema necessita-se de três estágios. O primeiro, corresponde a avaliação paraxial que será desenvolvida a partir do Invariante de Abbe. O segundo, consiste na avaliação meridional feita a partir do método de traçado de raios meridionais proposto por Rudolf Kingslake e do método de traçado meridional diferencial que determina o astigmatismo do sistema óptico. O terceiro, consiste no traçado espacial de raios desenvolvido por Heinz Haferkorn e Volker Tautz. Com base nesses métodos desenvolvem-se as rotinas básicas em Fortran 77. As rotinas, dentro de um programa aplicativo, permitem representar graficamente algumas das aberrações ópticas empregadas na avaliação de sistemas ópticos.

O programa de avaliação óptico resume-se em quatro etapas que ilustram um processo necessário com vistas à estabelecer a relação entre o objeto e a imagem. De início, introduz-se os elementos ópticos que compõem o sistema, em seguida, define-se o objeto ou a imagem para, depois, efetuarmos a avaliação paraxial, a avaliação meridional e, finalmente, a avaliação espacial.

Capítulo I
Fundamentos Geométricos da Refração e Reflexão

1.1 A Refração e a Reflexão

Princípio de Fermat:

"O trajeto de propagação da luz entre dois pontos, ao longo do sistema óptico, corresponde sempre a um extremo do tempo de percurso."

A partir desse princípio obtém-se as relações que estabelecem a reflexão e refração de um raio de luz ao atravessar uma interface entre dois meios homogêneos e isotropos. Sejam dois meios de dispersões diferentes e separados entre si por uma superfície S , o raio de luz ao incidir sobre um ponto P na interface é refletido e refratado. Considerando-se os seguintes percursos:

- $l_a(P) = \overline{AP}$, de incidência no meio(1), com velocidade de propagação $v_1 = c/n_1$,
- $l_b(P) = \overline{PB}$, de reflexão no meio(1),
- $l_c(P) = \overline{PC}$, de refração no meio(2), com velocidade de propagação $v_2 = c/n_2$,

onde o ponto A está sobre o raio incidente e os pontos B e C estão sobre os raios refletido e refratado respectivamente como indicado na figura 1 logo abaixo:

Figura 1: Refração e Reflexão pelo Princípio de Fermat.

De início, na reflexão o tempo de percurso entre os pontos A e B é dado por,

$$T = \frac{l_a}{v_1} + \frac{l_b}{v_1} \quad (1)$$

e a variação do intervalo de tempo T (dT) para pontos próximos a P é dada por,

$$dT = \vec{\nabla} T \cdot d\vec{s} \quad (2)$$

onde $d\vec{s}$ é uma direção qualquer tomada a partir do ponto de reflexão. Como o tempo de percurso é um extremo ($dT = 0$), tem-se então

$$(\vec{\nabla} l_a + \vec{\nabla} l_b) \cdot d\vec{s} = 0. \quad (3)$$

Pela expressão (3) o vetor $\vec{\nabla} T$ tem de ser ortogonal a $d\vec{s}$. Da normal $\hat{n}$ no ponto de incidência nós podemos tomar o vetor $d\vec{s}$ ao longo do plano tangente à superfície S . Desse modo, $\vec{\nabla} T = \text{const.} \cdot \hat{n}$, ou seja $\overline{AP}$, $\overline{PB}$ e $\hat{n}$ são coplanares. A expressão (3) reescrita em termos das características geométricas do produto escalar é

$$|\vec{\nabla} l_a| |d\vec{s}| \cos(\vec{\nabla} l_a, d\vec{s}) + |\vec{\nabla} l_b| |d\vec{s}| \cos(\vec{\nabla} l_b, d\vec{s}) = 0. \quad (4)$$

Figura 2: Reflexão pelo Princípio de Fermat.

Adotando as seguintes convenções para está condição conforme indicado na figura 2, segue da expressão (4) que

$$\cos \alpha_a - \cos \alpha_b = 0, \quad (5)$$

ou seja:

$$\theta_i = \theta_r, \quad (6)$$

é a *Lei de Reflexão*.

Ao considerarmos a refração, o tempo de percurso entre os pontos A e C é dado por,

$$T = \frac{l_a}{v_1} + \frac{l_c}{v_2} \quad (7)$$

para que o mesmo seja um extremo ($dT = 0$), tem-se então

$$\left(\frac{\vec{\nabla} l_a}{v_1} + \frac{\vec{\nabla} l_c}{v_2} \right) \cdot d\vec{s} = 0. \quad (8)$$

Desta expressão conclui-se igualmente que $\overline{AP}$, $\overline{PC}$ e $\hat{n}$ são coplanares. Reescrevendo a expressão (8) em termos de suas características geométricas

$$\frac{|\vec{\nabla} l_a| |d\vec{s}| \cos(\vec{\nabla} l_a, d\vec{s})}{v_1} + \frac{|\vec{\nabla} l_c| |d\vec{s}| \cos(\vec{\nabla} l_c, d\vec{s})}{v_2} = 0 \quad (9)$$

e adotando-se as seguintes convenções para esta condição conforme a figura 3 indica,

Figura 3: Refração pelo Princípio de Fermat.

segue da expressão (9) que

$$\frac{\cos \alpha_a}{v_1} - \frac{\cos \alpha_c}{v_2} = 0, \quad (10)$$

ou seja:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (11)$$

é a *Lei de Snell-Descartes* ou simplesmente a *Lei de Refração*.

1.2 Representação da Reflexão e da Refração na Forma Vetorial

Como os segmentos orientados $\overline{AP}$, $\overline{PB}$, $\overline{PC}$ e $\hat{n}$ são coplanares, então é possível representar vetorialmente os raios refletidos e refratados a partir de uma base definida por um vetor associado ao raio incidente e pela normal no ponto de incidência.

Nas seguintes notações indicadas pela figura 4,

Figura 4: Reflexão e Refração na Forma Vetorial.

os vetores refletido e transmitido expressos na base $\hat{s}$, $\hat{n}$ são dados respectivamente por,

$$\hat{s}'_r = r_1 \hat{s} + r_2 \hat{n} \quad (12)$$

e

$$\hat{s}'_t = t_1 \hat{s} + t_2 \hat{n}. \quad (13)$$

Aplicando-se o produto escalar por $\hat{n}$ e $\hat{s}$ nós obtemos as equações que irão determinar os coeficientes r_1 , r_2 , t_1 e t_2 .

O sistema de equações para o cálculo das componentes de reflexão são,

$$\begin{cases} \hat{s}'_r \cdot \hat{n} = r_1 \hat{n} \cdot \hat{s} + r_2 \\ \hat{s}'_r \cdot \hat{s} = r_1 + r_2 \hat{n} \cdot \hat{s}. \end{cases} \quad (14)$$

Ao fazer-se uso dos seguintes ângulos e da Lei de Reflexão como indicados na figura 5,

Figura 5: Reflexão na Forma Vetorial.

nós temos a seguinte solução para a reflexão na forma vetorial:

$$\hat{s}'_r = \hat{s} - 2(\hat{n} \cdot \hat{s})\hat{n}. \quad (15)$$

No caso da refração tem-se o seguinte sistema de equações:

$$\begin{cases} \hat{s}'_t \cdot \hat{n} = t_1 \hat{n} \cdot \hat{s} + t_2 \\ \hat{s}'_t \cdot \hat{s} = t_1 + t_2 \hat{n} \cdot \hat{s} \end{cases} \quad (16)$$

que ao adotarmos os seguintes ângulos e a Lei de Refração conforme indicados na figura 6,

Figura 6: Refração na Forma Vetorial.

nós obtemos a seguinte solução para a refração na forma vetorial:

$$\hat{s}'_t = \frac{n}{n'} \hat{s} + \left\{ \sqrt{1 - \left(\frac{n}{n'}\right)^2 [1 - (\hat{n} \cdot \hat{s})^2]} - \frac{n}{n'} \hat{n} \cdot \hat{s} \right\} \hat{n}. \quad (17)$$

Ao conhecermos a normal no ponto de incidência da interface e um versor associado ao raio incidente nós poderemos sempre representar o raio refletido e refratado pelas equações (15) e (17) respectivamente. No caso da reflexão especular é comum adotar o índice de refração negativo para o meio de reflexão, ou seja $n' = -n$, o qual ao ser aplicado na expressão vetorial para a refração nos conduz ao seguinte resultado

$$\hat{s}'_r = -\hat{s}'_t, \quad (18)$$

que nos propicia utilizar os cálculos aplicados a refração na reflexão com poucas modificações. O uso dessas expressões será visto mais adiante no cálculo do traçado espacial de raios.

1.3 Dispersão do Meio Óptico

Todo meio óptico homogêneo tem uma interação com a radiação eletromagnética caracterizado pela mudança da trajetória do raio que ocorre de maneira diferente para cada frequência do espectro eletromagnético. Em termos mais simples, a dispersão implica na existência de um índice de refração diferente para cada frequência da radiação eletromagnética. De modo geral, os vidros ópticos usuais encontram-se descritos na região da luz visível. Eles caracterizam-se sempre por um índice de refração de referência (n_d) relacionado a um comprimento de onda da linha amarela do hélio ($\lambda_d = 0.5875618\mu m$). A separação do espectro luminoso define-se pela “dispersão principal” a qual é descrita pela diferença entre os índices de refração n_F e n_C ($n_F - n_C$). Os índices de refração n_F e n_C referem-se respectivamente a linha azul ($\lambda_F = 0.4861327\mu m$) e a linha vermelha ($\lambda_C = 0.6562725\mu m$) de emissões do átomo de hidrogênio. A razão

$$\nu_d = \frac{n_d - 1}{n_F - n_C} \quad (19)$$

define-se como índice de dispersão ou número de Abbe e o recíproco desta razão chama-se poder de dispersão.

As definições apresentadas neste contexto sublinham o caráter histórico do desenvolvimento da Óptica para instrumentos de observação visual. No entanto, esses valores comentados devem adequar-se à aplicação desejada do instrumento óptico fixando o índice de refração principal e a “dispersão parcial”. Com base no índice de refração principal estabelece-se os parâmetros paraxiais do sistema óptico, a ser visto no capítulo três, enquanto que a “dispersão principal” é empregada para descrever as aberrações cromáticas.

Capítulo II
Avaliação de Sistemas Ópticos Centrados

2.1 Estrutura do Sistema Óptico

Entende-se por sistema óptico centrado, o sistema cuja transformação feita sobre os elementos ópticos que se dispõe alinhá-los ao longo de um único eixo denominado eixo óptico. Todo sistema óptico compõem-se de uma sucessão de elementos ópticos, a saber: lentes, espelhos, prismas, filtros, elementos birrefringentes, diafragmas, etc... . A modificação estabelecida é necessária em consequência dos métodos que serão utilizados nas avaliações paraxial e meridional.

Num sistema de montagem espacial em que há condição de reduzi-lo a um sistema óptico centrado, torna-se possível determinar a estrutura do sistema óptico. Esta estrutura é descrita em função da avaliação paraxial. Os elementos cardinais (que são os planos focais ' F ' e ' F' ', os planos nodais ' N ' e ' N' ' e os planos principais ' H ' e ' H' '), as distâncias focais ' f ' e ' f' ', o diafragma de abertura ' DIA ' (determinando as pupilas de entrada ' PE ' e a de saída ' PS '), o diafragma de campo ' DIC ' (determinando as janelas de entrada ' JE ' e a de saída ' JS ') e, finalmente, a relação entre objeto ' O ' e sua imagem ' I ' representam a estrutura do sistema óptico em conjunto com os elementos ópticos. Formaliza-se isto, na medida em que os elementos correspondem a finalidade projetada do sistema. Na figura 7 tem-se um sistema óptico centrado genérico e a representação da sua estrutura.

Figura 7: Estrutura de um Sistema Óptico.

A estrutura de qualquer sistema óptico centrado depende do índice de referência escolhido. No entanto, ao se tratar da relação com a dispersão principal não

se considera nenhuma avaliação paraxial. Desse modo, a avaliação paraxial nos fornece uma visão geral da estrutura do sistema óptico em conjunto com os elementos ópticos que o compõem.

2.2 Aberrações

Dando prosseguimento ao processo de avaliação de modo geral, uma descrição mais “real”, isto é, mais objetiva torna-se necessária com base nos métodos de traçados de raios exatos. Por meio deles obtemos uma imagem mais próxima da realidade a qual será traduzida por aberrações específicas. Elas serão determinadas, por sua vez, com referência a estrutura do sistema óptico definida anteriormente.

As aberrações são divididas em três grupos: o primeiro, refere-se às aberrações cromáticas; o segundo, refere-se às aberrações esféricas e, o terceiro, refere-se às aberrações de difração. De modo específico são as aberrações de difração, as quais não serão descritas no presente contexto, que proporcionam uma melhor avaliação do sistema óptico do ponto de vista “real”.

Aberrações de Cromáticas

As aberrações cromáticas provém da dispersão existente nos meios ópticos. Alguns exemplos destas aberrações são: a aberração cromática longitudinal, a aberração cromática lateral, o espectro secundário, a cromaticidade, etc... . Nos sistemas ópticos, descrevem-se essas aberrações com relação à dispersão principal ao serem escolhidas para análise. Algumas delas, nós utilizaremos apenas como exemplos de aplicação dos métodos propostos.

Aberrações Esféricas

As aberrações esféricas ou de esfericidade originam-se da existência de superfícies “esféricas” nos elementos ópticos. As superfícies “esféricas” não satisfazem o princípio de Fermat. Ou ainda, para os diversos raios provenientes de um único ponto, após a refração, não é possível convergirem para um mesmo ponto. Alguns exemplos destas aberrações são: a aberração esférica longitudinal, a aberração esférica transversal,

a distorção, o astigmatismo, etc... .

A partir da estrutura do sistema óptico e do estudo dos métodos de traçado de raios exatos poder-se-á efetuar a avaliação dos sistemas ópticos centrados em termos de suas aberrações.

Capítulo III

Traçado Geométrico Paraxial

3.1 O Dioptro Óptico.

3.1.1 Convenções.

As figuras 8 , 9 e 10 indicam as convenções utilizadas nas grandezas envolvidas da refração de um raio através de um dioptro óptico.

Figura 8: Esquema geral da refração de um raio através de um dioptro.

Para o dioptro D temos:

2ρ - diâmetro transversal do dioptro;

I - ponto de incidência;

V - vértice;

r - raio;

R - curvatura ($R = \frac{1}{r}$);

C - centro de curvatura;

φ - ângulo da normal no ponto I em relação ao eixo óptico;

h - altura de interceptação;

z - flecha da interceptação,

do meio de incidência e do meio de refração (índice '):

n e n' - índice de refração;

S e S' - ponto de interceptação sobre o eixo óptico;

σ e σ' - ângulo de corte do raio com o eixo óptico;

ϵ e ϵ' - ângulo de incidência e ângulo de refração;

s e s' - posição de interceptação do raio sobre o eixo óptico.

Para o sistema óptico adota-se o sistema de coordenadas XYZ no qual há coincidência do eixo óptico com a direção Z . As grandezas lineares tomadas da esquerda para a direita em relação a uma referência específica serão sempre positivas, e as contrárias tomar-se-ão negativas. Ambas as grandezas representam-se com seu sinal positivo ou negativo. Desse modo, todos os valores indicados nas figuras são positivos, ou seja a convenção empregada possui um aspecto vetorial. Para o dióptro o vértice 'V' constitui-se na referência das medidas longitudinais (direção Z) e o eixo óptico o é para as transversais (direções X e Y).

Figura 9: Convenção dos ângulos.

As medidas angulares possuem uma definição análoga as quais ao serem tomadas em sentido anti-horário serão positivas, caso contrário terão seu valor negativo. A figura acima indica esta convenção aplicada entre o raio, o eixo óptico e a normal.

Figura 10: Convenção entre objeto e imagem finitos.

Na relação entre o objeto 'O' (coincidindo em S e com altura y) e sua imagem 'I' (coincidindo em S' e com altura y') define-se um parâmetro importante: o aumento transversal β'_T dado por,

$$\beta'_T = \frac{y'}{y}. \quad (20)$$

No caso do diopetro indicado na figura 10 a posição s' como a altura y' dependem do ponto de interceptação $\mathcal{I}$ escolhido sobre a interface do diopetro. No entanto, dentro do limite paraxial da descrição de um sistema óptico este parâmetro permanece constante.

Os métodos para efetuar a avaliação paraxial do sistema óptico serão desenvolvidos através dessas convenções. Algumas delas aqui definidas são aplicáveis aos métodos de traçado de raios exatos a serem vistos posteriormente.

3.1.2 O Invariante de Abbe.

O Invariante de Abbe consiste numa maneira de estabelecer a relação entre o raio incidente e o raio refratado através do diopetro. Sendo válido somente para os raios próximos ao eixo óptico, ele constitui a base do método de traçado paraxial que será desenvolvido.

A dedução do invariante é feita a partir do esquema indicado na figura 8. Nós temos a partir do $\triangle STC$ pela Lei dos Senos que,

$$\sin \epsilon = \frac{r - s}{r} \sin \sigma \quad (21)$$

e de igual modo para o $\triangle S'TC$,

$$\sin \epsilon' = \frac{r - s'}{r} \sin \sigma'. \quad (22)$$

Através da Lei de Snell as expressões (21) e (22) se reduzem a:

$$\frac{\sin \sigma}{\sin \sigma'} = \frac{n}{n'} \frac{r - s'}{r - s}. \quad (23)$$

No limite paraxial em que o ângulo φ é pequeno, tem-se o seguinte para os demais ângulos envolvidos,

$$\tan(-\sigma) = \frac{h}{z - s} \quad ; \quad \varphi \rightarrow 0 \quad \Rightarrow \quad \sigma = \frac{h}{s} \quad (24)$$

$$\tan(\sigma') = \frac{h}{s' - z} \quad ; \quad \varphi \rightarrow 0 \quad \Rightarrow \quad \sigma' = \frac{h}{s'} \quad (25)$$

e, com isso, na expressão (23) a partir das duas anteriores obtém-se finalmente o Invariante de Abbe,

$$Q = n\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{s}\right) = n'\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{s'}\right) \quad (26)$$

Figura 11: Invariante de Abbe.

o qual relaciona os pontos de interceptação S e S' a partir dos meios ópticos do dióptro, do raio da interface e da altura de interceptação que é dada por $h = \sigma s$ ou $h = \sigma' s'$.

3.1.3 O Invariante de Helmholtz-Lagrange.

De toda análise sobre o sistema óptico, o objetivo é estabelecer através dele a relação entre o objeto e sua imagem conforme a aplicação pretendida para o mesmo. Uma das grandezas importantes nesse caso é o aumento transversal pelo qual nos permitirá estabelecer o Invariante de Helmholtz-Lagrange.

Vamos considerar a seguinte situação entre o objeto e sua imagem através de um dióptro como indicado na figura 12.

Figura 12: Invariante de Helmholtz-Lagrange.

Pela definição do aumento transversal nós temos a partir dos triângulos SOV e $S'IV$

$$\frac{y'}{y} = \frac{\epsilon' s'}{\epsilon s}, \quad (27)$$

e pela Lei de Snell estabelece-se a expressão:

$$\frac{y'}{y} = \frac{n s'}{n' s}. \quad (28)$$

Através do aumento angular ¹ $\gamma' = \sigma' \backslash \sigma$ e de acordo com as expressões (24) e (25), a equação

$$\frac{\sigma'}{\sigma} = \frac{s}{s'} \quad (29)$$

sendo substituída na expressão (28) resulta finalmente no Invariante de Helmholtz-Lagrange:

$$IHL = ny\sigma = n'y'\sigma'. \quad (30)$$

Do Invariante de Helmholtz-Lagrange nós podemos escrever uma outra equação que estabelece uma constante a partir do produto da relação angular pelo aumento transversal

$$\beta'_T \gamma' = \frac{n}{n'}. \quad (31)$$

3.1.4 Elementos Cardinais do Dioptro.

Os elementos cardinais são determinados locais de um sistema óptico que apresentam características peculiares quando o objeto ou a imagem ali se encontram. Ao todo são seis os elementos cardinais: os dois planos principais, os dois planos nodais e os dois planos focais. Os elementos cardinais serão analisados com mais detalhes posteriormente. As condições que os definem são facilmente percebidos se considerarmos o dioptro constituído de dois planos principais (coincidentes $H \equiv H'$), de dois planos nodais (coincidentes $N \equiv N'$) e de dois planos focais ($F e F'$).

Os planos principais têm suas localizações sobre o vértice do dioptro (figura 13). Neste local o objeto e a imagem são coincidentes, ou seja $\beta'_T = 1$.

Figura 13: Planos Principais de um Dioptro (H e H').

¹O aumento angular define-se a partir da razão entre as expressões (25) e (24) sendo este normalmente utilizado como parâmetro para os sistemas ópticos afocais

Os planos nodais, indicados na figura 14, estão localizados sobre o centro de curvatura da interface. Qualquer rotação do dióptro em torno desse ponto não altera a posição entre objeto e imagem. Neste ponto qualquer raio que passa pelo centro de curvatura não é desviado, ou seja $\gamma' = 1$.

Figura 14: Planos Nodais de um Dióptro (N e N').

Os planos focais são dois. Qualquer que seja o objeto ou a imagem nesses dois pontos tem-se o seu respectivo conjugado formado no infinito. A posição desses planos focais é tomada em relação ao plano principal do dióptro valendo respectivamente para o objeto no infinito

$$f' = \frac{\frac{n'}{n}r}{\frac{n'}{n} - 1} \quad (32)$$

e para imagem no infinito

$$f = -\frac{r}{\frac{n'}{n} - 1}. \quad (33)$$

Figura 15: Planos Focais de um Dióptro (F' e F).

A razão entre os dois focos determina uma relação que é válida para qualquer sistema óptico, cujo valor é

$$\frac{f'}{f} = -\frac{n'}{n}. \quad (34)$$

No caso do diopetro esses quatro pontos cardinais ($H \equiv H$, $N \equiv N'$, F e F') constituem os elementos básicos para o traçado manual que descrevem graficamente a relação entre o objeto e sua imagem ao longo de uma associação de diopetros sobre um eixo óptico.

3.2 Método do Traçado Paraxial pelo Invariante de Abbe.

3.2.1 Algoritmo de Traçado.

Para estabelecermos um algoritmo de traçado consideremos a figura 16, na qual os parâmetros envolvidos estão indicados na interface I_j .

Figura 16: Refração numa Interface I_j .

Para definir um raio num plano são necessários dois parâmetros quaisquer: sejam eles σ e h . Para um cálculo progressivo (da esquerda para a direita) nós temos

$$\sigma_{j+1} = \frac{n_j}{n_{j+1}}\sigma_j + \left(1 - \frac{n_j}{n_{j+1}}\right)h_j R_j \quad (35)$$

e para um cálculo retrógrado (da direita para a esquerda) nós temos

$$\sigma_j = \frac{n_{j+1}}{n_j}\sigma_{j+1} + \left(1 - \frac{n_{j+1}}{n_j}\right)h_j R_j \quad (36)$$

A equação de transferência da interface I_j para a interface I_{j+1} é estabelecida a partir da figura 17 de forma que:

para um cálculo progressivo

$$h_{j+1} = h_j - \sigma_{j+1}e_j, \quad (37)$$

e para um cálculo retrógrado

$$h_{j-1} = h_j + \sigma_j e_{j-1}. \quad (38)$$

3.3 Os Elementos Cardinais.

3.3.1 Os Planos Focais.

Os planos focais para um sistema óptico guardam entre objeto e imagem uma relação imprópria e finita respectivamente ou vice-versa. Ao considerarmos um objeto impróprio sua imagem formar-se-á sobre o eixo óptico como indicado na figura 19.

Figura 19: Plano Focal F' .

Tomando o ângulo de incidência $\sigma_1 = 0$ e a altura de incidência h_1 a posição do foco é dada por:

$$f'_s = \frac{h_n}{\sigma'_n}. \quad (39)$$

O ponto de interceptação P' dista da interface I_n de

$$a_{H'} = f'_s - \frac{h_1}{\sigma'_n} \quad (40)$$

e para diferentes alturas h_1 a posição do foco F' é sempre a mesma pois no método para o cálculo de um raio através do sistema óptico a razão das alturas de interceptação h_j/h_1 possuem um valor constante dado por

$$\frac{h_j}{h_1} = \prod_{i=2}^j K_{i-1} \quad (41)$$

onde $K_{i-1} = (1 - e_{i-1}/s_i)^{-1}$ e, desde que os raios sejam provenientes de um mesmo ponto ou paralelos ao eixo óptico. Como o ponto P' situa-se sobre um plano, o qual é definido como plano principal H' , posicionado $a_{H'}$ da última interface, então há uma relação direta com o plano focal. Tal plano H' possui características próprias quando o objeto ou a imagem ocupam o mesmo ($\beta'_T = 1$).

Figura 20: Plano Focal F .

De igual modo se tomarmos uma imagem imprópria, nós teremos o plano focal F distando da primeira interface de

$$f_s = \frac{h_1}{\sigma_1} \quad (42)$$

e o plano principal H posicionado em relação a primeira interface por

$$a_H = f_s - \frac{h_n}{\sigma'_1} \quad (43)$$

os quais encontram-se indicados na figura 20.

3.3.2 Os Planos Principais.

Anteriormente vimos que os pontos focais F e F' estão relacionados com os dois planos H e H' respectivamente e com suas posições dadas por a_H e $a_{H'}$.

Figura 21: Planos Principais H e H' .

Ao colocarmos um objeto sobre os planos H ou H' ele terá respectivamente sua imagem em H' ou H conforme o caso (figura 21). Traçando os raios que passam por F e F' nós obtemos duas interseções O e O' sobre os planos H e H' . Dessa

situação vemos que OH e $O'H'$ tem a mesma altura e portanto $\beta'_T = 1$ caracteriza H e H' como os planos principais. Os planos principais constituem a referência para qualquer medida entre objeto e imagem e, igualmente, a partir deles são definidos as distâncias focais do sistema óptico. Ao reconsiderarmos as figuras 19 e 21, as separações entre F e H é $f = h_n/\sigma_1$ e entre F' e H' é $f' = h_1/\sigma'_n$ correspondendo as distâncias focais do sistema óptico que são indicadas na figura 22.

Figura 22: Distâncias focais do sistema óptico.

Como F e F' são pontos bem definidos sobre o eixo óptico nós podemos tomar as alturas h_1 e h_n como sendo unitárias. Nesse caso, os ângulos σ_1 e σ'_n são as convergências do sistema óptico.

Quando os dois focos são finitos defini-se que o sistema óptico é focal, quando os dois são impróprios nós temos um sistema óptico afocal ($\sigma_1 = 0$ e $\sigma'_n = 0$). No caso do sistema óptico afocal não é possível definir os planos principais e os planos nodais. No entanto para estabelecer uma referência adota-se como planos principais os da primeira e da última interfaces do sistema.

3.3.3 Os Planos Nodais.

A condição $\gamma' = 1$ estabelece que se o raio incidente com ângulo σ_1 intercepta o eixo óptico no ponto N ao emergir faz-o com um ângulo $\sigma'_n = \sigma_1$ através do ponto N' sobre o mesmo. Qualquer rotação do sistema óptico em torno do ponto N' não se observa a imagem do objeto deslocar-se.

Para determinarmos as posições do planos nodais do sistema óptico vamos considerar um raio genérico com o ângulo de incidência σ_1 . O raio emerge do

mesmo com uma inclinação σ'_n . Os pontos de interceptação sobre o eixo óptico são respectivamente N e N' , conforme indicado na figura 23.

Figura 23: Determinação do Planos Nodais N e N' .

Do triângulo $N'F'O'$ nós temos que a distância do plano nodal N' ao plano principal H' é

$$a_{N'} = f' - \frac{y'}{\sigma'_F}, \quad (44)$$

e do Invariante de Helmholtz-Lagrange aplicado em relação aos ângulos σ_1 e σ'_n à altura da imagem nos permite rescrever a expressão anterior na forma de

$$a_{N'} = f' - \frac{n}{n'} \frac{y}{\sigma'_F}. \quad (45)$$

Adotando-se $y = 1.0$ temos que $\sigma'_F = 1/f'$, segue-se que o plano nodal N' é dado por

$$a_{N'} = f' \left(1 - \frac{n}{n'}\right), \quad (46)$$

ou então $a_{N'} = f' + f$ se considerarmos que $f'/f = -n'/n$.

De modo semelhante obtém-se a posição do plano nodal N que é

$$a_N = a_{N'} = f' + f, \quad (47)$$

em relação ao plano principal H .

3.4 Relação Objeto-Imagem.

3.4.1 Noção de Espaço no Sistema Óptico.

Todo sistema óptico estabelece uma relação entre Objeto e Imagem. No entanto eles precisam ser definidos inicialmente, pois, em princípio, podem ocupar

qualquer região do espaço onde se encontra o sistema óptico. Em vista disso devemos considerar duas noções:

- a primeira, Espaço Objeto estabelece que todos os parâmetros referidos em relação a primeira interface de incidência, dos raios provenientes do objeto, pertencem ao mesmo.
- a segunda, Espaço Imagem estabelece que todos os parâmetros referidos em relação a última interface de emergência, dos raios sobre a imagem, pertencem ao mesmo.

Figura 24: Representação dos Espaços Objeto e Imagem.

3.4.2 Natureza dos Objetos e Imagens.

Dentro desta relação entre objeto e imagem tanto um como o outro podem estar em duas situações distintas:

- a primeira, o objeto ou a imagem finitos são aqueles que possuem uma distância definida em relação ao sistema óptico, podendo os mesmos serem virtuais ou reais.
- a segunda, o objeto ou a imagem impróprios são aqueles que se encontram representados por raios paralelos que entram ou emergem do sistema óptico.

3.4.3 Composição: Objeto – Sistema Óptico –Imagem.

O sistema óptico pode ser focal ou afocal. Quanto ao objeto e a imagem os mesmos podem ser finitos ou impróprios. A composição entre eles nos conduz a cinco situações possíveis descritas na tabela 1:

Objeto	Sistema Óptico Focal	Sistema Óptico Afocal
Finito	$\begin{pmatrix} s_1 \\ y_1 \end{pmatrix} \xrightarrow{f_s} \begin{pmatrix} s'_n \\ y'_n \end{pmatrix}$ $\begin{pmatrix} s_1 \\ y_1 \end{pmatrix} \xrightarrow{f_s} \sigma'_n$	$\begin{pmatrix} s_1 \\ y_1 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} s'_n \\ y'_n \end{pmatrix}$
Impróprio	$\sigma_1 \Rightarrow \begin{pmatrix} s'_n \\ y'_n \end{pmatrix}$	$\sigma_1 \Rightarrow \sigma'_n$

s = posição do objeto sobre o eixo óptico

f_s = posição do foco F sobre o eixo óptico

Tabela 1: Relações entre o Objeto e a Imagem.

A partir de uma definição inicial entre o objeto ou a imagem a tabela acima desdobra-se em dez situações possíveis, ao considerarmos os Espaços Objeto e Imagem em relação aquilo que será definido primeiro. Essas noções são importantes pois nem sempre definido-se o objeto, sua imagem corresponderá a aplicação desejada. Um caso típico é a objetiva fotográfica onde o filme tem uma dimensão finita que deverá corresponder ao Objeto. Nesse caso nós iniciamos pela imagem que determinará o objeto para em seguida avaliarmos a imagem produzida pelo sistema óptico.

3.5 Diafragmas.

Diafragmas são elementos do sistema óptico que obstruem ou controlam a passagem de luz através do mesmo. Toda e qualquer interface nesse caso também é considerada um diafragma. Uma vez estabelecidos o objeto e a imagem eles podem ser considerados eventualmente como diafragmas. Este elemento de restrição é definido para duas situações: a primeira, é o diafragma de abertura que determina a luminosidade do sistema óptico; e, a segunda, é o diafragma de campo que determina o limite de informação máxima que atravessa o sistema óptico.

3.5.1 Diafragma de Abertura.

O diafragma de abertura está relacionado com o objeto do sistema óptico e com a interface que limita a passagem dos raios através do mesmo. Nos casos em

que houverem um objeto finito ou um objeto impróprio, o diafragma será determinado respectivamente: a partir de um raio qualquer originário do mesmo objeto sobre o eixo óptico ou por um raio paralelo ao eixo óptico. A interface j limitante à passagem do raio é dada pelo fator de restrição de abertura

$$f_j^a = \left| \frac{h_j}{\rho_j} \right| \quad (48)$$

de maior valor absoluto ao longo do sistema óptico.

Figura 25: Determinação do diafragma de abertura (DIA).

Determinada a interface que atua como diafragma de abertura no sistema óptico, temos que: sua imagem, em relação ao sistema óptico parcial que a antecede, no espaço objeto é a pupila de entrada (PE) enquanto que sua imagem, em relação ao sistema óptico parcial que a sucede, no espaço imagem é a pupila de saída (PS).

Figura 26: Determinação das Pupilas de Entrada (PE) e de Saída (PS).

No caso do diafragma de abertura ser o primeiro ou o último haverá coincidência da pupila de entrada ou da pupila de saída respectivamente. O diafragma de abertura permite

definir o raio principal do sistema óptico, o qual será a referência para a avaliação das aberrações do sistema óptico pois, todo raio que atravessa o centro da pupila de entrada o fará também sobre os centros do diafragma de abertura e da pupila de saída. No cálculo paraxial a altura de interceptação dele é indicada pelo símbolo $\bar{h}$.

A partir da pupila de entrada nós podemos definir três parâmetros normalmente indicados nos instrumentos ópticos que são a abertura numérica, a abertura relativa e o número do diafragma.

Figura 27: Abertura Numérica do Sistema Óptico.

A abertura numérica (A) é dada pelo produto do índice de refração com o seno da metade do ângulo máximo de entrada, compreendido este a partir do ponto objeto e entre o eixo óptico e as bordas da pupila de entrada (PE), em que se encontra o objeto.

A abertura relativa (K) é a razão entre o diâmetro da pupila de entrada e a distância focal. Definida somente no caso de objeto impróprios com seu conjugado sendo finito. A numero do diafragma (k) é o recíproco da abertura relativa.

Figura 28: Abertura Relativa: $K = 2 r_{pe} / f'$.

A abertura numérica é normalmente indicada em objetivas de microscópios enquanto a abertura relativa é aplicada a telescópios e objetivas fotográficas por exemplo.

3.5.2 Diafragma de Campo.

Uma vez definido o raio principal, nós podemos determinar qual é a interface do sistema óptico que irá bloquear a passagem deste raio. A interface j que atuará como diafragma de campo será dada pelo fator de restrição de campo dado pela expressão

$$f_j^c = \left| \frac{\bar{h}_j}{\rho_j} \right| \quad (49)$$

e de valor máximo.

Figura 29: Diafragma de Campo - Janelas de Entrada e de Saída.

Conhecida a interface j que determina o diafragma de campo temos que: sua imagem no espaço objeto determinará a janela de entrada JE e sua imagem no espaço imagem determinará a janela de saída. O ângulo $2w$ subtendido no centro da pupila de entrada com as bordas da janela de entrada é definido como ângulo de campo.

3.5.3 Vinheta.

Até aqui nós vimos as definições do diafragma de abertura e do diafragma de campo e o estabelecimento do raio principal. No entanto, ao avaliarmos um sistema óptico é necessário passar uma quantidade maior de raios a fim de representar devidamente as aberrações. A partir do raio principal precisa-se determinar os raios superiores e inferiores de forma a encontrar um limite paraxial da posição meridional de entrada dos raios e, com isso, reduzir o tempo de busca dos raios externos nos métodos de traçado de raios exatos. Com apenas dois raios é possível determinar os raios externos,

como também qual interface é a limitante para o raio superior ou inferior. Considerando-se o raio principal $\bar{h}$ e um outro raio cuja altura de interceptação seja superior ao raio principal numa interface I_j , defini-se o fator de obstrução superior ' FOS ' e inferior ' FOI ', como sendo:

$$FOS_j = \frac{\rho_j - \bar{h}_j}{h_j - \bar{h}_j} \quad (50)$$

e

$$FOI_j = \frac{-\rho_j - \bar{h}_j}{h_j - \bar{h}_j}. \quad (51)$$

Figura 30: Fatores de Obstrução Superior e Inferior.

Considerando-se ρ_j como a altura superior h_j^s e igualmente $-\rho_j$ como a altura inferior h_j^i , nós temos para cada interface que:

$$h_j^s = \bar{h}_j + FOS_j \Delta h_j \quad (52)$$

e

$$h_j^i = \bar{h}_j + FOI_j \Delta h_j. \quad (53)$$

As expressões anteriores foram obtidas com uma restrição para os valores de $\Delta h_j = h_j - \bar{h}_j$ positivos, de forma que: FOS_j é positivo e FOI_j é negativo. Para a primeira interface as duas expressões acima são:

$$h_1^s = \bar{h}_1 + FOS_1 \Delta h_1 \quad (54)$$

$$h_1^i = \bar{h}_1 + FOI_1 \Delta h_1 \quad (55)$$

onde os fatores FOS_j e FOI_j são os da interface que limita a passagem do raio. Com a condição de Δh_1 positivo, nós teremos que o fator FOS_j deverá ser o menor valor positivo em todo o sistema, enquanto que o fator FOI_j será o de maior valor negativo.

Para o uso dessas expressões dentro de um algoritmo de cálculo algumas observações se fazem necessárias: o valor inicial Δh_1 podemos tomar como unitário. No caso de um objeto finito os valores de Δh_1 podem ser obtidos a partir de um raio saindo do eixo óptico onde se encontra o objeto incidindo com altura Δh_1 na primeira interface sem a necessidade calcular a diferença entre o raio auxiliar e o raio principal. No caso de um objeto impróprio deverá ser calculado os valores de $\bar{h}$ e h_1 para estabelecer a diferença entre eles.

Capítulo IV
Traçado Geométrico Meridional

4.1 Traçado Meridional

Para o traçado de raios meridionais convém mencionar um método desenvolvido por Kingslake ², o qual será adaptado de acordo com a nomenclatura que foi definida no Capítulo III. Tendo por objetivo calcular a posição das imagens sagital e meridional ou tangencial procederemos também ao desenvolvimento de um cálculo diferencial de raios a fim de obter as imagens astigmáticas sobre um raio qualquer.

Considere a figura abaixo com os parâmetros envolvidos nesse método: sendo conhecido q , $\text{sen } \sigma$ e $\cos \sigma$ é preciso determinar após a refração q' , $\text{sen } \sigma'$ e $\cos \sigma'$.

Figura 31: Refração pelo Método (Q,U).

Do termo $q = q_1 + q_2 = (\text{sen } \sigma - \text{sen } \epsilon)/R$ nós temos que,

$$\text{sen } \epsilon = \text{sen } \sigma - qR \quad (56)$$

e

$$\cos \epsilon = \sqrt{1 - \text{sen}^2 \epsilon} \quad (57)$$

Caso o valor de $\text{sen } \epsilon$ seja superior a um, isto indica que o raio é externo a superfície da interface. Do termo $q = q_3 + q_4$ obtém-se,

$$g = \frac{q}{\cos \epsilon + \cos \sigma} \quad (58)$$

²Rudolf Kingslake, Lens Design Fundamentals, New York, Academic Press, Inc, 1978, p. 24

Do ângulo $\varphi = \sigma - \epsilon$ segue que,

$$\cos \varphi = \cos \sigma \cos \epsilon + \operatorname{sen} \sigma \operatorname{sen} \epsilon \quad (59)$$

e

$$\operatorname{sen} \varphi = \operatorname{sen} \sigma \operatorname{sen} \epsilon - \cos \sigma \cos \epsilon, \quad (60)$$

de forma que a altura de incidência é dada por,

$$h = g(1 + \cos \varphi), \quad (61)$$

e se h for maior que ρ , o raio intercepta a superfície da lente acima do diâmetro estabelecido para ela. Da Lei de Refração o valor do $\operatorname{sen} \epsilon'$ é

$$\operatorname{sen} \epsilon' = \frac{n}{n'} \operatorname{sen} \epsilon \quad (62)$$

e

$$\cos \epsilon' = \sqrt{1 - \operatorname{sen}^2 \epsilon'}. \quad (63)$$

Caso $\operatorname{sen} \epsilon'$ seja maior que um, tem-se a reflexão total. Do ângulo $\sigma' = \varphi + \epsilon'$ segue que:

$$\operatorname{sen} \sigma' = \operatorname{sen} \varphi \cos \epsilon' + \cos \varphi \operatorname{sen} \epsilon' \quad (64)$$

e

$$\cos \sigma' = \cos \varphi \cos \epsilon' - \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \epsilon'. \quad (65)$$

O valor de q' é obtido de modo semelhante a expressão (58), ou seja:

$$q' = g(\cos \epsilon' + \cos \sigma'). \quad (66)$$

Desse modo após a refração obtemos q' , $\operatorname{sen} \sigma'$ e $\cos \sigma'$.

No caso de um encadeamento de dioptrios nós devemos efetuar a transferência do raio à próxima interface. Considere a figura 32, da qual nós obteremos q'' e σ'' a partir do triângulo $AV_i V_{i+1}$, com os seguintes resultados para a equação de transferência,

$$q'' = q' - e; \operatorname{sen} \sigma' \quad (67)$$

e

$$\sigma'' = \sigma'. \quad (68)$$

Figura 32: Transferência do Raio Meridional.

Uma condição adicional a verificar-se entre duas interfaces consecutivas é a não sobreposição entre elas ou seja, nós deveremos ter uma separação física entre as mesmas ao longo da trajetória do raio. Ainda pela figura 32 os valores $z'_i = g_i \sin \varphi_i$ e $z'_{i+1} = g_{i+1} \sin \varphi_{i+1}$ correspondem as flechas do ponto de interceptação das interfaces I_i e I_{i+1} . O segmento L_i é dado por:

$$L_i = \frac{e_i - z'_i + z'_{i+1}}{\cos \sigma'_i}, \quad (69)$$

e, no caso do numerador ser negativo, tem-se a sobreposição de interfaces do sistema óptico ao longo da trajetória do respectivo raio. A determinação do valor L_i necessita-se também nos casos em que haja interesse de calcular o caminho óptico através do sistema óptico.

O conjunto das equações de (56) até (69) constituem-se na base do algoritmo de cálculo do traçado meridional ao longo do sistema óptico.

4.1.1 Algoritmo do Traçado Meridional

Figura 33: Algoritmo do Traçado Meridional.

4.1.2 Traçado Meridional — Parâmetros Iniciais

Ponto Objeto

De acordo com a figura 34 h é a altura de interceptação no plano perpendicular ao eixo óptico e localizado no vértice da primeira interface.

Figura 34: Traçado Meridional — Parâmetros Iniciais.

Tem-se que: $\tan \sigma_1 = (h - y)/s_1$, $\cos \sigma_1 = 1/\sqrt{1 + \tan^2 \sigma_1}$ e $\sen \sigma_1 = \cos \sigma_1 \tan \sigma_1$. Conhecido os dados da altura de interceptação e da altura do objeto, eles determinam as condições iniciais $\cos \sigma_1$, $\sen \sigma_1$ e $q_1 = h \cos \sigma_1$.

Objeto Impróprio

No caso de um objeto impróprio, os valores iniciais $\sen \sigma$ e $\cos \sigma$ são facilmente obtidos de acordo com a característica do feixe de raios impróprios. Dada a altura h de interceptação no plano perpendicular ao eixo óptico situado no vértice da primeira interface, a expressão $q_1 = h \cos \sigma_1$ é novamente encontrada.

4.1.3 Traçado Meridional — Parâmetros Finais

Conhecidos q'_n , $\sen \sigma'_n$, $\cos \sigma'_n$ e definido o plano da imagem distante e_n da última interface, o ponto de interceptação S'_n sobre o eixo óptico é dado por:

$$s'_n = \frac{q'_n}{\sen \sigma'_n}. \quad (70)$$

Com relação a interceptação do raio sobre o plano da imagem, a altura de interceptação y' é:

$$y' = \frac{1}{\cos \sigma'_n} (q'_n - e_n \sen \sigma'_n). \quad (71)$$

Figura 35: Traçado Meridional — Parâmetros Finais.

Observe-se que, no método de Kingslake não é possível calcular as condições finais de um raio que seja paralelo ao eixo óptico. Em tal situação o valor de y' é o próprio q'_n .

4.2 Astigmatismo

O astigmatismo é uma aberração que associa a um ponto objeto duas imagens num determinado raio de referência. Estas duas imagens são obtidas pela interceptação de raios paraxiais próximos ao raio de referência através das direções sagital e meridional. Tradicionalmente estes pontos são descritos pela equação de Conddington³. Com vistas ao método de traçado meridional mencionado anteriormente, nós iremos desenvolver o traçado diferencial na direção sagital e na meridional para determinar as imagens sagital e meridional sobre um raio de referência.

4.2.1 Astigmatismo Meridional

Seja um ponto $A_{m,i}$ sobre um raio qualquer, sua imagem $A'_{m,i}$ situa-se sobre o raio refratado conforme indicado na figura 36. Do triângulo $S'_i C_i I_i$ a variação $d\sigma'_{m,i} = d\varphi_i + d\epsilon'_i$, associada as variações $d\epsilon_i$ e $d\epsilon'_i$ obtidas a partir Lei de Refração, decorre que:

$$d\sigma'_{m,i} = d\varphi_i + \frac{n_i \cos \epsilon_i}{n'_i \cos \epsilon'_i} d\epsilon_i. \quad (72)$$

Do triângulo $S_i C_i I_i$ a variação $d\epsilon_i = d\sigma_{m,i} - d\varphi_i$ nos conduz ao seguinte resultado:

$$d\sigma'_{m,i} = d\varphi_i + \frac{n_i \cos \epsilon_i}{n'_i \cos \epsilon'_i} (d\sigma_{m,i} - d\varphi_i), \quad (73)$$

³Rudolf Kingslake, Lens Design Fundamentals, New York, Academic Press, Inc., 1978, p.185

cujo valor $d\sigma_{m,i}$ deverá ser previamente conhecido.

Figura 36: Astigmatismo Meridional

A partir da figura 37 podemos determinar a variação $d\varphi_i$ (para pequenos ângulos) em relação ao ponto de interceptação I_i , de onde decorre a expressão:

$$da_i = \frac{dq_i}{\cos \epsilon_i} , \quad (74)$$

a expressão:

$$d\varphi_i = R_i da_i , \quad (75)$$

e a expressão:

$$dq'_i = da_i \cos \epsilon'_i . \quad (76)$$

Figura 37: Variação na interface para o astigmatismo meridional.

Conhecidos dq'_i e $d\sigma'_{m,i}$, efetua-se a transferência dessas variações na próxima interface, a qual é indicada na figura 38.

Figura 38: Transferência do valor dq'_i e $d\sigma'_{m,i}$ no caso meridional.

As seguintes variações são todas iguais $(dq'_i - dq_{i+1})$, $(L_i d\sigma'_{m,i})$ e $(L_i d\sigma_{m,i+1})$, mas como $dq_i = da_i \cos \epsilon_i$ obtém-se que,

$$da_i = \frac{dq'_{i-1} - L_{i-1} d\sigma_{m,i}}{\cos \epsilon_i}. \quad (77)$$

Dados $d\sigma_{m,i}$ e dq_i através das expressões (71) e (75) consegue-se por meio das equações (73) e (76) os valores de $d\sigma'_{m,i}$ e dq'_i respectivamente. As condições iniciais determinam-se por inspeção das equações. Dos valores iniciais para um objeto no infinito tem-se $dq'_0 = 1$ e $d\sigma'_{m,0} = 0$, enquanto que para um ponto objeto determina-se $dq'_0 = 0$ e $d\sigma'_{m,0} = -1/L_0$. Os resultados finais permitem determinar a posição da imagem sobre o raio de referência (figura 39), a qual é dada por,

$$L_n = \frac{dq'_n}{d\sigma'_{m,n}}, \quad (78)$$

Figura 39: Posição da imagem meridional.

e a distância dm_n em relação ao vértice da interface V_n sobre o eixo óptico é

$$dm_n = \frac{dq'_n}{d\sigma'_{m,n}} \cos \sigma'_n + z_n . \quad (79)$$

4.2.2 Astigmatismo Sagital

Dado um ponto As_i sobre o raio incidente, sua imagem sagital estará na interceptação do raio refratado com um raio auxiliar que passa por As_i e o centro de curvatura da interface. Dentro destas condições consideraremos os seguintes parâmetros representados na figura 40.

Figura 40: Astigmatismo Sagital.

A área do triângulo $As_i I_i C_i$ é $A_I = -\frac{1}{2} as_i r_i \text{sen} \epsilon_i$ e a área do triângulo $I_i A'_s_i C_i$ é $A_{II} = -\frac{1}{2} a's_i r_i \text{sen} \epsilon'_i$. A soma dessas duas áreas é igual a área do triângulo $As_i I_i A'_s_i$, o que nos conduz à seguinte igualdade:

$$\frac{r_i}{as'_i} \text{sen} \epsilon_i - \frac{r_i}{as_i} \text{sen} \epsilon'_i = \text{sen} \epsilon_i \cos \epsilon'_i - \cos \epsilon_i \text{sen} \epsilon'_i . \quad (80)$$

Através da Lei de Refração nós reescrevemos a expressão anterior para:

$$\frac{1}{as'_i} = \frac{n_i}{n'_i as_i} + \frac{\cos \epsilon'_i - \frac{n_i}{n'_i} \cos \epsilon_i}{r_i} . \quad (81)$$

Na figura 41 a variação dx_i apresenta os seguintes valores: $dx_i = as_i d\sigma_{s,i} = as'_i d\sigma'_{s,i}$, a qual é ortogonal ao plano meridional de incidência. Multiplicado a expressão (81) por dx_i determina-se finalmente a variação sagital $d\sigma'_{s,i}$:

$$d\sigma'_{s,i} = R_i (\cos \epsilon'_i - \frac{n_i}{n'_i} \cos \epsilon_i) dx_i + \frac{n_i}{n'_i} d\sigma_{s,i} . \quad (82)$$

Figura 41: Variação na interface para o astigmatismo sagital.

A equação de transferência da variação dx_i para dx_{i+1} é dada por,

$$dx_{i+1} = dx_i - L_i d\sigma'_{s,i} \quad (83)$$

Conhecidos dx_i , L_i e $d\sigma'_{s,i}$, nós poderemos obter $d\sigma_{s,i+1}$ e dx_{i+1} . Por inspeção das equações as condições iniciais são: para um ponto objeto $dx_0 = 0$ e $d\sigma'_{s,0} = -1/L_0$ e para um objeto impróprio $dx_0 = 1$ e $d\sigma'_{s,0} = 0$.

A posição final da imagem sagital encontra-se indicada na figura 42, e seu valor a partir do vértice V_n é,

Figura 42: Posição da imagem sagital

Para incluir estas relações vistas no algoritmo de traçado de raios meridionais devemos considerar o conjunto de equações relacionado a seguir:

a-) para o astigmatismo meridional emprega-se as seguintes expressões:

$$da = \frac{dq - L d\sigma_m}{\cos \epsilon}$$

$$d\varphi = Rda$$

$$d\sigma_m = d\varphi + \frac{n_i}{n_{i+1}} \frac{\cos \epsilon}{\cos \epsilon'} (d\sigma_m - d\varphi)$$

$$dq = da \cos \epsilon'.$$

b-) para o cálculo do astigmatismo sagital emprega-se as seguintes expressões:

$$dx = dx - L d\sigma_s$$

$$d\sigma_s = R \left(\cos \epsilon' - \frac{n_i}{n_{i+1}} \cos \epsilon \right) dx + \frac{n_i}{n_{i+1}} d\sigma_s.$$

Antes de iniciar a execução da rotina de cálculo, deve-se estabelecer as condições iniciais que antecedem a concordância com o tipo de objeto considerado. O cálculo final da posição das imagens sagital e meridional é obtido respectivamente através das expressões (79) e (84).

A inclusão do astigmatismo dentro da rotina de cálculo, engloba um aspecto do traçado de raios meridionais em sistemas ópticos centrados.

Capítulo V

Traçado Geométrico Espacial

5.1 Traçado de Raios Espaciais

Para realizarmos uma avaliação bidimensional da imagem precisamos de um método de traçado de raios espaciais. Existem diversos métodos que atendem a essa finalidade. Dentro dessa linha um método de traçado vetorial⁴ será destacado.

De acordo com a figura 43, o par de vetores $(\vec{q}, \hat{s})$ e $(\vec{p}, \hat{s}')$ determinam o raio incidente e o raio refratado respectivamente no espaço em relação ao ponto $\mathcal{I}$ de intercepção na superfície.

Figura 43: Refração na forma vetorial numa Superfície Esférica.

O versor $\hat{n}$ é a normal no ponto $\mathcal{I}$ e $\hat{k}$ é o versor de orientação do centro de curvatura da interface.

Dados $\vec{q}$ e $\hat{s}$ é possível obter $\vec{p}$ e $\hat{s}'$. Com relação a figura acima representada tem-se de início as seguintes expressões:

$$\vec{p} = \vec{q} + L\hat{s} \quad (85)$$

e

$$R\vec{p} = \hat{k} - \hat{n}. \quad (86)$$

Na equação (85) L é uma incógnita a ser obtida em termos de elementos conhecidos. Efetuando-se o produto escalar de (85) por $\hat{s}$ e o de (86) também por $\hat{s}$, e substituindo a segunda expressão obtida na primeira, disto resulta a seguinte

⁴Hainz Haferkorn, Volker Tautz, Strahl- und Wellenflächendurchrechnung an dezentrierten optischen Systemen, Wiss. Z. TH. Ilmenau 25 (1979) Heft 3

expressão:

$$L = \frac{1}{R}(\hat{k} \cdot \hat{s} - \hat{n} \cdot \hat{s} - R\vec{q} \cdot \hat{s}). \quad (87)$$

Na expressão anterior há dois inconvenientes: o primeiro, não sabemos o valor de $\hat{n} \cdot \hat{s}$, e, o segundo, uma divisão por zero pode ocorrer no caso de interfaces planas. Para contornar estes problemas calcula-se o produto escalar de $\hat{n} \cdot \hat{n}$ da expressão (86,

$$2R\vec{p} \cdot \hat{k} = R^2 \vec{p}^2. \quad (88)$$

Substituindo a expressão (85) na anterior, e a partir do valor RL da equação (87) obtem-se:

$$(\hat{n} \cdot \hat{s})^2 = (\hat{k} \cdot \hat{s} - R\vec{q} \cdot \hat{s})^2 - R(R\vec{q}^2 - 2\vec{q} \cdot \hat{k}). \quad (89)$$

Conseguindo-se assim o valor de $\hat{n} \cdot \hat{s} = \sqrt{(\hat{n} \cdot \hat{s})^2}$. Substituindo o valor de R da expressão (87) no primeiro coeficiente R que multiplica o segundo parênteses da expressão anterior, deduz-se finalmente o valor de L :

$$L = \frac{(R\vec{q}^2 - 2\vec{q} \cdot \hat{k})}{(\hat{k} \cdot \hat{s} - R\vec{q} \cdot \hat{s}) + \hat{n} \cdot \hat{s}}. \quad (90)$$

Conhecidos $\vec{q}$, $\hat{s}$ e $\hat{k}$ calcula-se o valor $(\hat{n} \cdot \hat{s})^2$ e, com isso, obtém-se o valor de L , para em seguida determinar através da expressão (85) o ponto de interceptação P . Podemos agora aplicar a Lei de Refração na forma vetorial para conseguir $\hat{s}'$. Este conjunto de equações desenvolvidas permitem o cálculo da refração numa interface esférica não centrada.

Figura 44: Transferência de raios entre duas interfaces no espaço.

A equação de transferência entre duas interfaces i e $i+1$ (de acordo figura 44) estabelece que o próximo vetor $\vec{q}_{i+1}$ é dado por:

$$\vec{q}_{i+1} = \vec{p}_i - e_i \hat{z} \quad (91)$$

Observando a figura 44 o produto $n_{i+1}L_i$ é o caminho óptico entre os pontos $\mathcal{I}_i$ e $\mathcal{I}_{i+1}$. No caso da separação não ser sobre o eixo óptico, ou seja $e_i\hat{z}$ substituído por $\tilde{e}_i$. Todo cálculo anterior continuará sendo válido desde que os eixos ópticos de cada interface sejam paralelos entre si. No caso dos eixos ópticos não serem paralelos deve-se efetuar uma mudança de base em cada interface sobre os vetores $\vec{q}$ e $\hat{s}$ antes de calcular a refração.

A seguir nós apresentamos o algoritmo do traçado espacial vetorial para sistemas ópticos centrados ou que mantenham o eixo óptico associado a cada interface paralelos entre si.

5.2 Algoritmo do Traçado Espacial.

Figura 45: Algoritmo do Traçado Espacial.

5.3 Traçado Espacial — Parâmetros Iniciais

Ponto Objeto .

No caso dos raios advirem de um único ponto no espaço, o vetor $\vec{q}_1$ é dado por,

$$\vec{q}_1 = \vec{y} - s_1 \hat{z}, \quad (92)$$

e a orientação do versor $\hat{s}_1$ obtem-se em relação a interceptação desejada na primeira interface. A situação descrita está representada na figura 46

Figura 46: Traçado Espacial – Parâmetros Iniciais – Ponto Objeto.

Objeto Impróprio

No caso de um feixe impróprio adota-se um vetor $\vec{q}_1$ pertencente ao plano perpendicular no eixo óptico do vértice V_1 . O vetor $\hat{s}_1$ do raio incidente relaciona-se diretamente com o feixe impróprio, de forma que as condições iniciais, neste caso, estão estabelecidas plenamente.

Figura 47: Traçado Espacial – Parâmetros Iniciais – Objeto Impróprio.

5.4 Traçado Espacial — Parâmetros Finais

Na interceptação do último raio com o plano da imagem nós temos que: no plano xz , $\tan \sigma'_{nx} = s'_{nx}/s'_{nz}$ e no plano yz , $\tan \sigma_{ny} = s'_{ny}/s'_{nz}$, de forma que os deslocamentos ΔL_x e ΔL_y sobre o mesmo são:

$$\Delta L_x = L_s \tan \sigma'_{nx} \quad (93)$$

e

$$\Delta L_y = L_s \tan \sigma'_{ny}. \quad (94)$$

Dos valores anteriores deduz as coordenadas do par ordenado (x', y') :

$$x' = p_{nx} + (s'_n - p_{nx}) \frac{s'_{nx}}{s'_{nz}} \quad (95)$$

e

$$y' = p_{ny} + (s'_n - p_{ny}) \frac{s'_{ny}}{s'_{nz}}. \quad (96)$$

a figura 47 descreve geometricamente os valores mencionados acima.

Figura 48: Traçado Espacial - Parâmetros Finais.

5.5 Avaliação através do Traçado Espacial

Basicamente existem duas opções para representar as aberrações dentro do traçado espacial que são: a variação das aberrações transversais e o diagrama "spot".

5.5.1 Variação das Aberrações Transversais.

A variação das Aberrações Transversais apresentam dois tipos de graficos. O gráfico da variação $\Delta x = x'_i - \bar{x}'$ contra a variação da tangente na direção sagital $\Delta \tan \sigma_s = \tan \sigma'_s - \tan \bar{\sigma}'_s$ corresponde a variação da aberração transversal sagital. O gráfico da variação $\Delta y = y'_i - \bar{y}'$ contra a variação da tangente na direção meridional $\Delta \tan \sigma_m = \tan \sigma'_m - \tan \bar{\sigma}'_m$ corresponde a variação da aberração transversal meridional.

Figura 49: Avaliação pela Variação da Aberração Transversal.

5.5.2 Diagrama Spot.

O diagrama spot consiste num gráfico das diferenças entre os pontos de interceptação no plano da imagem em relação ao raio principal. De outro modo, fazer uma representação grafica de $(\Delta x_i = x'_i - \bar{x}', \Delta y_i = y'_i - \bar{y}')$ em relação a uma matriz de pontos previamente definida na primeira interface ou na pupila de entrada do sistema óptico, contribui para verificar a distribuição dos raios em torno do ponto imagem.

Figura 50: Avaliação pelo "Diagrama Spot".

Exemplos das representações das aberrações transversais e do diagrama de spot em relação a um sistema óptico serão vistos no Programa de Avaliação de Sistemas Ópticos no capítulo posterior.

Capítulo VI
Programa de Avaliação de Sistemas Ópticos

Com base nos métodos de traçado desenvolvidos, elaborou-se o Programa de Avaliação de Sistema Ópticos na linguagem computacional Fortran 77, compatível para microcomputadores padrão IBM PC. Os três métodos de traçado explícitos encadeiam-se numa estrutura de dependência, ou seja, a avaliação espacial não se realiza antes da avaliação paraxial. Esta mesma estrutura aplicá-se à avaliação meridional. A sequência desta execução é necessária uma vez que a estrutura do sistema óptico precisa ser determinada. O programa divide-se em cinco partes, a saber:

Parte a-)O programa MASO.FOR consiste na manipulação de arquivos dos sistemas ópticos, na definição dos elementos do sistema óptico e na definição da relação Objeto-Imagem.

Parte b-)O programa PARA.FOR consiste na avaliação paraxial do sistema óptico, a fim de estabelecer sua estrutura em relação aos parâmetros paraxiais vistos no Capítulo III (os elementos cardinais, o diafragma de abertura, o diafragma de campo e a vinheta).

Parte c-)O programa MERD.FOR consiste na avaliação meridional realizada através do método de traçado de raios desenvolvido no Capítulo IV. Da aplicação do método apresentam-se alguns exemplos: a aberração esférica longitudinal, a aberração esférica transversal, a aberração cromática lateral, a distorção e o astigmatismo.

Parte d-)O programa ESPA.FOR consiste na avaliação do método de traçado de raios demonstrado no Capítulo V. No programa apresentam-se exemplos de avaliações como a variação da aberração esférica transversal e o diagrama spot.

Parte e-)O arquivo de DADOS.FOR relaciona todos os blocos de variáveis comuns entre os quatro programas anteriores. O programa MONI.ASM e TECL.ASM são rotinas em Assembler para gerar gráficos e para manipulação do teclado respectivamente.

O programa de execução chama-se MEPA.EXE e os controles de comunicação entre o programa e o operador resume-se nas funções especiais F1 a F10, na tecla ESC, na tecla Prt Screen e a tecla ENTER. As funções especiais F1 a F10 selecionam as opções de execução. A tecla ESC abandona a edição de tela retornando a opção anterior. A sequência de teclas Shift e Prt Screen transfere a tela para impressão gráfica através do programa GRAPHICS.COM (DOS). A tecla ENTER e os cursores

são utilizados para introdução dos elementos ópticos⁵ que compõem o sistema óptico, na medida em que os cursores selecionam a variável, a tecla ENTER executa a abertura de entrada para aceitação dos dados numéricos. As letras deverão ser sempre as maiúsculas em função da interpretação da leitura do arquivo de vidros ópticos.

A seguir veremos alguns resultados do programa de avaliação sobre o sistema óptico 80800.TEL que é um duplete cromático espaçado com as seguintes especificações:

Meio Óptico	Espessura	Raio	Diâmetro
AR			
BK7	6,0	470,142 -254,077	80,0
AR	2,0		
F14	3,0	-255,077 -1296,393	80,0
AR			

Unidades em milímetros.

Tabela 2: Sistema Óptico 80800.TEL

Este sistema óptico é uma objetiva telescópica com abertura relativa 0.1 e distância focal de 800mm. Na página 59 tem-se os resultados da avaliação paraxial. Nas figuras de 51 a 56 descrevem-se as aberrações da avaliação meridional e nas figuras de 57 a 58 descrevem-se as aberrações da avaliação espacial. A avaliação espacial apresentada limita-se a uma única cor e o diagrama spot apresentado refere-se uma desfocalização intermediária entre as imagens sagital e meridional do objeto número seis, e que está indicado na tabela 2.

Maiores detalhes para uma análise mais criteriosa destes gráficos encontram-se descritos em *Optik*, em *Lens Design Fundamentals* ou em *Elements of Modern Optical Design*.

⁵Observação: Durante a elaboração do programa de avaliação foi introduzida a opção de superfícies refletoras (TI=-1). Como nos métodos não foi introduzida esta possibilidade, o programa considerará sempre TI=1 independente da opção introduzida.

Avaliação Paraxial					
Sistema Óptico 80800.TEL					
FOCO DO SISTEMA ÓPTICO					
SISTEMA ÓPTICO FOCAL					
FO= -.80000E+03		FSO= -.80187E+03			
SHO= -.18632E+01		SNO= -.18632E+01			
FI= .80000E+03		FSI= .79034E+03			
SHI= -.96672E+01		SNI= -.96672E+01			
PUPILA DO DIAFRAGMA DO SISTEMA ÓPTICO					
IDIA= 01		FDIA= .25000E-01			
SPE= .00000E+00		RPE= .40000E+02			
SPS= -.78083E+01		RPS= .39907E+02			
RELAÇÕES DE ABERTURA DO SISTEMA ÓPTICO					
ABRE= .10000E+00		NUDI= .10000E+02			
RELAÇÃO OBJETO-IMAGEM					
OBJETO IMPRÓPRIO			IMAGEM FINITA		
DIF= .79034E+03			DIFH= .80000E+03		
ÂNGULO DO FEIXE IMPRÓPRIO			ALTURA DA IMAGEM		
.00000E+00			.00000E+00		
.40000E+00			-.55852E+01		
.80000E+00			-.11171E+00		
.12000E+01			-.16758E+02		
.16000E+01			-.22346E+02		
.20000E+01			-.27937E+02		
PUPILA DE CAMPO DO SISTEMA ÓPTICO					
ICAM=04		FCAM= .19566E+00			
SJE= .79222E+01		RJE= .40489E+02			
SJS= .00000E+00		RJS= .40000E+02			
ALTURA DE ENTRADA DOS RAIOS EXTERNOS PARAXIAIS					
OBJ	IIP	API	ISP	APS	AERP
001	001	-.40000E+02	001	.40000E+02	.00000E+00
002	001	-.40000E+02	001	.40000E+02	.00000E+00
003	001	-.40000E+02	001	.40000E+02	.00000E+00
004	001	-.40000E+02	001	.40000E+02	.00000E+00
005	001	-.40000E+02	001	.40000E+02	.00000E+00
006	001	-.40000E+02	001	.40000E+02	.00000E+00

Os significados das variáveis encontram-se descritos no arquivo DADOS.FOR do Apêndice B.1

Tabela 3: Sistema Óptico 80800.tel - Resultados da Avaliação Paraxial.

Figura 51: Sistema Óptico 80800.TEL - Aberração Esférica

Figura 52: Sistema Óptico 80800.TEL - Distorção

Figura 53: Sistema Óptico 80800.TEL - Astigmatismo Sagital e Meridional

Figura 54: Sistema Óptico 80800.TEL - Aberração Cromática Longitudinal

Figura 55: Sistema Óptico 80800.TEL - Aberração Cromática Transversal

Figura 56: Sistema Óptico 80800.TEL - Aberração Cromática Lateral

Figura 57: Sistema Óptico 80800.TEL - Aberração Esférica Transversal

Figura 58: Sistema Óptico 80800.TEL - Diagrama Spot

No Apêndice B tem-se a documentação de todo o programa, bem como encontra-se anexado ao mesmo dois discos flexíveis de 5 e 1/4 de polegada contendo toda implementação realizada. O primeiro disco encontram-se armazenados os programas fontes em Fortran e Assembler, e, no segundo disco encontram-se armazenados o programa executável MEPA.EXE, o arquivo da tabela de vidros ópticos da Schott (SCHOOT.DAT) e um sistema óptico como exemplo (80800.TEL). Para a execução do programa deve-se realizá-lo num disco rígido devido ao grande volume de dados numéricos gerados para a elaboração dos gráficos.

Capítulo VII

Considerações Gerais

7.1 Conclusão.

Os três métodos de traçado de raios possibilitaram a elaboração do Programa de Avaliação de Sistemas Ópticos. A complexidade intrínseca dos sistemas ópticos contém, por si mesma, várias metodologias que são utilizadas na compreensão deles. No trabalho apresentado, a linha de condução por nós demarcada teve como fundamento priorizar os métodos geométricos. Estes contribuíram de modo basilar como instrumental na representação das aberrações ópticas. Como nosso propósito era proporcionar a capacidade de avaliar um sistema óptico, a geometria contribui de modo imediato ao fornecer as condições necessárias dada pela sua *simplicidade de cálculo*. O instrumental adequado dado pelos métodos geométricos consistiu em traduzir os defeitos das imagens produzidas pelo sistema óptico em parâmetros que possam ser interpretados. E, assim sendo, a avaliação do sistema óptico depende diretamente do método empregado. A formalização deste Programa nos deu subsídios importantes por ser o passo inicial do desenvolvimento de um Programa de Modelação de Sistemas Ópticos em microcomputadores.

7.2 Possibilidades Futuras.

A continuidade deste trabalho pode-se dividi-la nas seguintes etapas:

1. De imediato o programa desenvolvido serve como recurso didático para um curso de Óptica voltado para Sistemas Ópticos e o estudo de suas Aberrações.
2. Dar continuidade ao programa avaliação significa incluir a reflexão e a expansão do método de traçado espacial para qualquer distribuição espacial dos elementos ópticos, neste caso, necessitar-se-á desenvolver uma avaliação espacial paraxial.
3. Estudo da Teoria de Síntese de Sistemas Ópticos para o desenvolvimento de um programa de análise e otimização paraxial.
4. Desenvolvimento de um programa com base no métodos aproximados de terceira e quinta ordem geométricos e ondulatórios para avaliação e otimização de sistemas ópticos.
5. Desenvolvimento de um programa para avaliação e otimização através da teoria de Função de Transferência Óptica.

Todas as etapas acima contribuirão efetivamente para o desenvolvimento de um Programa de Modelação de Sistemas Ópticos.

APÊNDICE

A Tabela Schott de Vidros Ópticos.

O programa de Avaliação de Sistemas Ópticos reconhece somente os vidros ópticos descritos pela fórmula de Friedrich Otto Schott que é

$$n^2 = C_0 + C_1\lambda^2 + C_2\frac{1}{\lambda^2} + C_3\frac{1}{\lambda^4} + C_4\frac{1}{\lambda^6} + C_5\frac{1}{\lambda^8}$$

onde, n é o índice de refração, λ é o comprimento de onda e dado em μm e (C_0 até C_5) são os coeficientes de dispersão.

Na região do espectro visível o valor calculado de n tem uma precisão de cinco casas decimais especialmente na região do azul e do ultravioleta. No entanto, a expressão não é muito válida na proximidade de $1\mu m$ do infravermelho.

Nas páginas seguintes encontram-se listados os 236 vidros ópticos divididos em 22 variedades diferentes entre si pela composição química apresentados no *Optical Glass* , No. 3111 (1986) da Schott Optics Division da República Federal da Alemanha.

A primeira coluna refere-se aos códigos alfa-numéricos com seus correspondentes códigos numéricos. Nas demais colunas acham-se os coeficientes da fórmula de Schott. O código alfa-numérico é composto pelas letras K "kron" ou F "flint" que correspondem respectivamente aos vidros com baixa e alta dispersão. As outras letras relacionam-se com a composição química básica. Os números associados servem para diferenciar os vidros da mesma espécie. No código numérico os três primeiros algarismos correspondem aos três primeiros dígitos da parte fracionária do índice de refração na linha d do hélio. Os três algarismos consequentes representam os três primeiros dígitos do índice de Abbe (ν_d).

Na leitura da tabela, por exemplo, o $BK7$ é um vidro "kron" a base de boro possuindo um índice de refração $n_d = 1.51112$ e um índice de Abbe $\nu_d = 60.41$ ambos correspondendo ao código numérico 511604.

Tabela Schott de Vidros Ópticos

Código	Número	C_0	C_1	C_2
		C_3	C_4	C_5
FK1	471673	$+0.21392463E+01$	$-0.92409374E-02$	$+0.87449768E-02$
		$+0.21416362E-03$	$-0.12571989E-04$	$+0.68154684E-06$
FK3	465658	$+0.21202375E+01$	$-0.86868569E-02$	$+0.91401191E-02$
		$+0.12613174E-03$	$-0.82960642E-06$	$+0.13180567E-06$
FK5	487704	$+0.21887621E+01$	$-0.95572007E-02$	$+0.89915232E-02$
		$+0.14560516E-03$	$-0.52843067E-05$	$+0.34588010E-06$
FK51	487845	$+0.21883307E+01$	$-0.53658786E-02$	$+0.77436552E-02$
		$+0.13129343E-03$	$-0.74179516E-05$	$+0.45815122E-06$
FK52	486818	$+0.21858571E+01$	$-0.52014619E-02$	$+0.81074888E-02$
		$+0.10085829E-03$	$-0.22241781E-05$	$+0.19197508E-06$
FK54	437907	$+0.20478023E+01$	$-0.48685134E-02$	$+0.62781975E-02$
		$+0.88845082E-04$	$-0.41267464E-05$	$+0.24392914E-06$
PK1	504669	$+0.22347576E+01$	$-0.10003049E-01$	$+0.10000850E-01$
		$+0.13066001E-03$	$-0.95958149E-06$	$+0.15899017E-06$
PK2	518651	$+0.22770533E+01$	$-0.10532010E-01$	$+0.10188354E-01$
		$+0.29001564E-03$	$-0.19602856E-04$	$+0.10967718E-05$
PK3	525647	$+0.22977022E+01$	$-0.10331615E-01$	$+0.10757237E-01$
		$+0.21255152E-03$	$-0.89190321E-05$	$+0.57854334E-06$
PK50	521697	$+0.22851698E+01$	$-0.95978829E-02$	$+0.99950907E-02$
		$+0.15661848E-03$	$-0.43866422E-05$	$+0.31438773E-06$
PK51	529770	$+0.23095538E+01$	$-0.57099342E-02$	$+0.95910979E-02$
		$+0.14455285E-03$	$-0.51413770E-05$	$+0.35994942E-06$
PSK2	569631	$+0.24266341E+01$	$-0.10593625E-01$	$+0.12590958E-01$
		$+0.17407923E-03$	$-0.32622544E-06$	$+0.19916158E-06$
PSK3	552635	$+0.23768193E+01$	$-0.10146514E-01$	$+0.12167148E-01$
		$+0.11916606E-03$	$+0.64250627E-05$	$-0.17478706E-06$
PSK50	558673	$+0.23946348E+01$	$-0.96851585E-02$	$+0.11457938E-01$
		$+0.17638709E-03$	$-0.34507987E-05$	$+0.29704663E-06$
PSK52	603654	$+0.25342699E+01$	$-0.10342368E-01$	$+0.12636367E-01$
		$+0.38218429E-03$	$-0.28742342E-04$	$+0.16748094E-05$
PSK53	620635	$+0.25852417E+01$	$-0.94290947E-02$	$+0.14074470E-01$
		$+0.27924791E-03$	$-0.12779218E-04$	$+0.94769182E-06$
BK1	510635	$+0.22513742E+01$	$-0.93254015E-02$	$+0.10539647E-01$
		$+0.22595365E-03$	$-0.10729053E-04$	$+0.72832778E-06$
BK3	498651	$+0.22184519E+01$	$-0.10539086E-01$	$+0.99115699E-02$
		$+0.18512559E-03$	$-0.70180588E-05$	$+0.42385691E-06$
BK6	531621	$+0.23125058E+01$	$-0.95398792E-02$	$+0.11668749E-01$
		$+0.15598074E-03$	$+0.11623640E-05$	$+0.12318050E-06$
BK7	517642	$+0.22718929E+01$	$-0.10108077E-01$	$+0.10592509E-01$
		$+0.20816965E-03$	$-0.76472538E-05$	$+0.49240991E-06$
UBK7	517643	$+0.22715621E+01$	$-0.98571566E-02$	$+0.10808515E-01$
		$+0.14068151E-03$	$+0.13041796E-05$	$+0.48615933E-07$
BK8	520637	$+0.22804948E+01$	$-0.94190530E-02$	$+0.11349888E-01$
		$+0.56741756E-04$	$+0.12149716E-04$	$-0.42771477E-06$
BK10	498670	$+0.22177191E+01$	$-0.10248661E-01$	$+0.96627662E-02$
		$+0.16782840E-03$	$-0.55328684E-05$	$+0.34747416E-06$
BALK1	526600	$+0.22966923E+01$	$-0.82975549E-02$	$+0.11907234E-01$
		$+0.19908305E-03$	$-0.20306838E-05$	$+0.31429703E-06$

Tabela Schott de Vidros Ópticos (Continuação - 1)

Código	Número	C_0	C_1	C_2
		C_3	C_4	C_5
BALKN3	518602	$+0.22738525E + 01$	$-0.88519024E - 02$	$+0.11511571E - 01$
		$+0.20622098E - 03$	$-0.39599217E - 05$	$+0.44844819E - 06$
K3	518590	$+0.22727603E + 01$	$-0.87840747E - 02$	$+0.11325842E - 01$
		$+0.34828095E - 03$	$-0.21976876E - 04$	$+0.13941592E - 05$
K4	519574	$+0.22734025E + 01$	$-0.88768403E - 02$	$+0.12161748E - 01$
		$+0.18966377E - 03$	$+0.14584031E - 05$	$+0.27687697E - 06$
K5	522595	$+0.22850299E + 01$	$-0.86010725E - 02$	$+0.11806783E - 01$
		$+0.20765657E - 03$	$-0.21314913E - 05$	$+0.32131243E - 06$
K7	511604	$+0.22520059E + 01$	$-0.84630818E - 02$	$+0.11351376E - 01$
		$+0.18421156E - 03$	$-0.20450534E - 05$	$+0.34814749E - 06$
K10	501564	$+0.22209762E + 01$	$-0.83295635E - 02$	$+0.11963114E - 01$
		$+0.13879745E - 03$	$+0.78358808E - 05$	$+0.84344620E - 07$
K11	500614	$+0.22211157E + 01$	$-0.91442577E - 02$	$+0.10670316E - 01$
		$+0.18263096E - 03$	$-0.14105398E - 05$	$+0.33096328E - 06$
K50	523602	$+0.22861092E + 01$	$-0.91773008E - 02$	$+0.11562643E - 01$
		$+0.22550894E - 03$	$-0.54163445E - 05$	$+0.43498997E - 06$
UK50	523604	$+0.22858030E + 01$	$-0.89733347E - 02$	$+0.11798712E - 01$
		$+0.14952379E - 03$	$+0.34334254E - 05$	$+0.59339309E - 07$
K51	505596	$+0.22351459E + 01$	$-0.99823499E - 02$	$+0.11161681E - 01$
		$+0.18637660E - 03$	$-0.25979987E - 05$	$+0.49365998E - 06$
ZK1	533580	$+0.23157951E + 01$	$-0.87493905E - 02$	$+0.12329645E - 01$
		$+0.26311112E - 03$	$-0.82854201E - 05$	$+0.73735801E - 06$
ZK5	534553	$+0.23151352E + 01$	$-0.77924593E - 02$	$+0.13029385E - 01$
		$+0.27439704E - 03$	$-0.59213789E - 05$	$+0.63841709E - 06$
ZKN7	508612	$+0.22447173E + 01$	$-0.94165837E - 02$	$+0.11533424E - 01$
		$+0.27117600E - 04$	$+0.17553283E - 04$	$-0.70564114E - 06$
BAK1	573575	$+0.24333007E + 01$	$-0.84931353E - 02$	$+0.13893512E - 01$
		$+0.26798268E - 03$	$-0.61946101E - 05$	$+0.62209005E - 06$
BAK2	540597	$+0.23370143E + 01$	$-0.86389345E - 02$	$+0.12265051E - 01$
		$+0.24273540E - 03$	$-0.63916988E - 05$	$+0.51229141E - 06$
BAK4	569561	$+0.24218304E + 01$	$-0.92167103E - 02$	$+0.13821685E - 01$
		$+0.32955714E - 03$	$-0.12153641E - 04$	$+0.10333767E - 05$
BAK5	557587	$+0.23861698E + 01$	$-0.84606642E - 02$	$+0.13233029E - 01$
		$+0.20949226E - 03$	$-0.55580737E - 06$	$+0.29765122E - 06$
BAK6	574564	$+0.24394521E + 01$	$-0.95754011E - 02$	$+0.13786016E - 01$
		$+0.37095554E - 03$	$-0.17661400E - 04$	$+0.13821042E - 05$
BAK50	568580	$+0.24195494E + 01$	$-0.95312125E - 02$	$+0.13775289E - 01$
		$+0.18153631E - 03$	$+0.46618943E - 05$	$+0.20448919E - 07$
SK1	610567	$+0.25491516E + 01$	$-0.92996196E - 02$	$+0.15424606E - 01$
		$+0.27409985E - 03$	$-0.17393911E - 05$	$+0.40037912E - 06$
SK2	607567	$+0.25395065E + 01$	$-0.88026103E - 02$	$+0.15691213E - 01$
		$+0.18518895E - 03$	$+0.84796564E - 05$	$-0.70710768E - 07$
SK3	609589	$+0.25470242E + 01$	$-0.10118918E - 01$	$+0.14639317E - 01$
		$+0.29976361E - 03$	$-0.98865231E - 05$	$+0.82251299E - 06$
SK4	613586	$+0.25585228E + 01$	$-0.98824951E - 02$	$+0.15151820E - 01$
		$+0.21134478E - 03$	$+0.34130130E - 05$	$+0.12673355E - 06$
SK5	589613	$+0.24876635E + 01$	$-0.10442251E - 01$	$+0.13736058E - 01$
		$+0.16392687E - 03$	$+0.47463374E - 05$	$-0.49303610E - 07$

Tabela Schott de Vidros Ópticos (Continuação - 2)

Código	Número	C_0	C_1	C_2
		C_3	C_4	C_5
SK6	614564	$+0.25596842E + 01$	$-0.91217460E - 02$	$+0.15610313E - 01$
		$+0.30347388E - 03$	$-0.65261354E - 05$	$+0.69039819E - 06$
SK7	607595	$+0.25420185E + 01$	$-0.97351561E - 02$	$+0.14884507E - 01$
		$+0.17370120E - 03$	$+0.63461730E - 05$	$-0.53316579E - 07$
SK8	611559	$+0.25516208E + 01$	$-0.93738374E - 02$	$+0.15451158E - 01$
		$+0.35159357E - 03$	$-0.11852989E - 04$	$+0.97956516E - 06$
SK9	614552	$+0.25592131E + 01$	$-0.90020732E - 02$	$+0.16280492E - 01$
		$+0.18861769E - 03$	$+0.13679471E - 04$	$-0.30071062E - 06$
SK10	623569	$+0.25881711E + 01$	$-0.93042169E - 02$	$+0.16075770E - 01$
		$+0.22083748E - 03$	$+0.35467529E - 05$	$+0.26143582E - 06$
SK11	564608	$+0.24098938E + 01$	$-0.95183518E - 02$	$+0.12805486E - 01$
		$+0.24249380E - 03$	$-0.75561129E - 05$	$+0.59784011E - 06$
SK12	583595	$+0.24674397E + 01$	$-0.93595371E - 02$	$+0.13921727E - 01$
		$+0.20838047E - 03$	$+0.15107581E - 06$	$+0.24301769E - 06$
SK13	592583	$+0.24934144E + 01$	$-0.92031432E - 02$	$+0.14259619E - 01$
		$+0.29676678E - 03$	$-0.93746109E - 05$	$+0.74341245E - 06$
SK14	603606	$+0.25300639E + 01$	$-0.10126279E - 01$	$+0.14483568E - 01$
		$+0.15266041E - 03$	$+0.68001252E - 05$	$-0.67666095E - 07$
SK15	623581	$+0.25901210E + 01$	$-0.99415459E - 02$	$+0.15735505E - 01$
		$+0.19944840E - 03$	$+0.63298328E - 05$	$+0.19631497E - 08$
SK16	620603	$+0.25846319E + 01$	$-0.11059422E - 01$	$+0.14856282E - 01$
		$+0.22377211E - 03$	$-0.49029991E - 06$	$+0.28445925E - 06$
SKN18	639554	$+0.26376216E + 01$	$-0.10518989E - 01$	$+0.16589824E - 01$
		$+0.34939073E - 03$	$-0.10028109E - 04$	$+0.11802616E - 05$
SK19	613574	$+0.25594250E + 01$	$-0.93541373E - 02$	$+0.15497881E - 01$
		$+0.23655893E - 03$	$+0.14330022E - 05$	$+0.29327826E - 06$
SK20	560612	$+0.23975952E + 01$	$-0.96663991E - 02$	$+0.12508188E - 01$
		$+0.25565265E - 03$	$-0.96947284E - 05$	$+0.68512885E - 06$
SK51	621603	$+0.25855045E + 01$	$-0.96112749E - 02$	$+0.14803167E - 01$
		$+0.28628731E - 03$	$-0.84638718E - 05$	$+0.79967143E - 06$
SK52	639555	$+0.26378898E + 01$	$-0.11047170E - 01$	$+0.16634360E - 01$
		$+0.30997141E - 03$	$-0.35480823E - 05$	$+0.57899721E - 06$
KF1	540511	$+0.23324325E + 01$	$-0.85563987E - 02$	$+0.14012802E - 01$
		$+0.34494190E - 03$	$-0.76053118E - 05$	$+0.12660303E - 05$
KF3	515547	$+0.22591522E + 01$	$-0.86810568E - 02$	$+0.12074479E - 01$
		$+0.36515757E - 03$	$-0.19089812E - 04$	$+0.14345201E - 05$
KF6	517522	$+0.22651845E + 01$	$-0.84401006E - 02$	$+0.13185124E - 01$
		$+0.23958981E - 03$	$+0.20310603E - 05$	$+0.60813527E - 06$
KF9	523515	$+0.22824396E + 01$	$-0.85960144E - 02$	$+0.13442645E - 01$
		$+0.27803535E - 03$	$-0.49998960E - 06$	$+0.77105911E - 06$
KF50	531511	$+0.23045807E + 01$	$-0.88382960E - 02$	$+0.13484730E - 01$
		$+0.38601862E - 03$	$-0.13379593E - 04$	$+0.13359542E - 05$
BALF3	571529	$+0.24251277E + 01$	$-0.74347248E - 02$	$+0.15487534E - 01$
		$+0.16375720E - 03$	$+0.15027176E - 04$	$-0.17953510E - 06$
BALF4	580537	$+0.24528366E + 01$	$-0.92047678E - 02$	$+0.14552794E - 01$
		$+0.43046688E - 03$	$-0.20489836E - 04$	$+0.15924415E - 05$
BALF5	547536	$+0.23544612E + 01$	$-0.79053990E - 02$	$+0.13971868E - 01$
		$+0.25936745E - 03$	$-0.15064670E - 06$	$+0.60410634E - 06$

Tabela Schott de Vidros Ópticos (Continuação -3)

Código	Número	C_0	C_1	C_2
		C_3	C_4	C_5
BALF6	589530	$+0.24802388E+01$	$-0.86000215E-02$	$+0.15624147E-01$
		$+0.30040260E-03$	$-0.22119056E-05$	$+0.80013234E-06$
BALF8	554512	$+0.23718251E+01$	$-0.83840363E-02$	$+0.14379250E-01$
		$+0.39742058E-03$	$-0.13041618E-04$	$+0.14386564E-05$
BALF50	589514	$+0.24792852E+01$	$-0.92013619E-02$	$+0.15615134E-01$
		$+0.43452084E-03$	$-0.16552131E-04$	$+0.16658805E-05$
BALF51	574521	$+0.24334741E+01$	$-0.85343207E-02$	$+0.15241024E-01$
		$+0.30677273E-03$	$-0.19515136E-05$	$+0.85689514E-06$
SSK1	617539	$+0.25680835E+01$	$-0.90625067E-02$	$+0.16608680E-01$
		$+0.25292407E-03$	$+0.52540756E-05$	$+0.35912155E-06$
SSK2	622532	$+0.25832910E+01$	$-0.90240848E-02$	$+0.17028671E-01$
		$+0.25881635E-03$	$+0.67648572E-05$	$+0.34731723E-06$
SSK3	615512	$+0.25587299E+01$	$-0.90062517E-02$	$+0.16793145E-01$
		$+0.43401638E-03$	$-0.12949572E-04$	$+0.15042044E-05$
SSK4	618551	$+0.25707849E+01$	$-0.92577764E-02$	$+0.16170751E-01$
		$+0.27742702E-03$	$+0.12686469E-06$	$+0.45044790E-06$
SSKN5	658509	$+0.26971175E+01$	$-0.10516627E-01$	$+0.18053262E-01$
		$+0.64060677E-03$	$-0.39493178E-04$	$+0.32567627E-05$
SSKN8	618498	$+0.25670599E+01$	$-0.98663081E-02$	$+0.17078368E-01$
		$+0.50554082E-03$	$-0.21403288E-04$	$+0.24582991E-05$
SSK50	618526	$+0.25696487E+01$	$-0.90907229E-02$	$+0.16655170E-01$
		$+0.37688285E-03$	$-0.95448507E-05$	$+0.12959815E-05$
SSK51	604536	$+0.25256456E+01$	$-0.88479177E-02$	$+0.16074734E-01$
		$+0.28025567E-03$	$+0.11591526E-06$	$+0.73266529E-06$
SSK52	658509	$+0.26963923E+01$	$-0.10347971E-01$	$+0.18618508E-01$
		$+0.46286000E-03$	$-0.13476750E-04$	$+0.16107565E-05$
LAKN6	643580	$+0.26520918E+01$	$-0.10634343E-01$	$+0.16314457E-01$
		$+0.24908012E-03$	$+0.70505584E-06$	$+0.27087570E-06$
LAKN7	652585	$+0.26820255E+01$	$-0.11431524E-01$	$+0.16434096E-01$
		$+0.24373786E-03$	$+0.17117573E-05$	$+0.21575860E-06$
LAK8	713538	$+0.28791177E+01$	$-0.14887202E-01$	$+0.19662614E-01$
		$+0.43841844E-03$	$-0.12951193E-04$	$+0.11580631E-05$
LAK9	691547	$+0.28081456E+01$	$-0.14266626E-01$	$+0.18008161E-01$
		$+0.56748764E-03$	$-0.32899281E-04$	$+0.20438076E-05$
LAK10	720504	$+0.28984614E+01$	$-0.14857039E-01$	$+0.20985037E-01$
		$+0.54506921E-03$	$-0.17297314E-04$	$+0.17993601E-05$
LAK11	658573	$+0.27031311E+01$	$-0.12225054E-01$	$+0.16715221E-01$
		$+0.32476320E-03$	$-0.51322702E-05$	$+0.50461740E-06$
LAKN12	678552	$+0.27627145E+01$	$-0.10444563E-01$	$+0.18601838E-01$
		$+0.25893372E-03$	$+0.76556580E-05$	$-0.37061383E-07$
LAKN13	694533	$+0.28115119E+01$	$-0.10386717E-01$	$+0.19734379E-01$
		$+0.32856524E-03$	$+0.32051557E-05$	$+0.30925067E-06$
LAKN14	697554	$+0.28272796E+01$	$-0.14543591E-01$	$+0.18607179E-01$
		$+0.36867908E-03$	$-0.69826456E-05$	$+0.70273582E-06$
LAKN16	734517	$+0.29440159E+01$	$-0.14557146E-01$	$+0.21617158E-01$
		$+0.40140812E-03$	$+0.24517155E-06$	$+0.58190649E-06$
LAK20	693516	$+0.28088805E+01$	$-0.97299067E-02$	$+0.20547293E-01$
		$+0.31872622E-03$	$+0.66319967E-05$	$+0.31014063E-06$

Tabela Schott de Vidros Ópticos (Continuação - 4)

Código	Número	C_0	C_1	C_2
		C_3	C_4	C_5
LAK21	641601	$+0.26478736E + 01$	$-0.11574789E - 01$	$+0.15782386E - 01$
		$+0.17291765E - 03$	$+0.77882807E - 05$	$-0.11063827E - 06$
LAKN22	651599	$+0.26775139E + 01$	$-0.10439699E - 01$	$+0.17312971E - 01$
		$+0.23622943E - 03$	$+0.81681533E - 05$	$-0.13539324E - 06$
LAK23	669574	$+0.27367941E + 01$	$-0.11905799E - 01$	$+0.17099759E - 01$
		$+0.34286906E - 03$	$-0.81287792E - 05$	$+0.71596070E - 06$
LAK28	744508	$+0.29790542E + 01$	$-0.14645416E - 01$	$+0.22376581E - 01$
		$+0.44238875E - 03$	$-0.16906632E - 05$	$+0.73784132E - 06$
LAK31	697564	$+0.28283850E + 01$	$-0.14963716E - 01$	$+0.18210258E - 01$
		$+0.36816151E - 03$	$-0.86283328E - 05$	$+0.75649349E - 06$
LLF1	548458	$+0.23505162E + 01$	$-0.85306451E - 02$	$+0.15750853E - 01$
		$+0.42811388E - 03$	$-0.69875718E - 05$	$+0.17175517E - 05$
LLF2	541472	$+0.23299214E + 01$	$-0.85444433E - 02$	$+0.15031394E - 01$
		$+0.40265729E - 03$	$-0.76000030E - 05$	$+0.15659130E - 05$
LLF3	560472	$+0.23880339E + 01$	$-0.91010943E - 02$	$+0.15789160E - 01$
		$+0.40516750E - 03$	$-0.54507043E - 05$	$+0.15992768E - 05$
LLF4	561452	$+0.23895058E + 01$	$-0.86358875E - 02$	$+0.16448035E - 01$
		$+0.45166611E - 03$	$-0.74107160E - 05$	$+0.18684107E - 05$
LLF6	532488	$+0.23047007E + 01$	$-0.85161517E - 02$	$+0.14319368E - 01$
		$+0.35400942E - 03$	$-0.56239322E - 05$	$+0.13019147E - 05$
LLF7	549454	$+0.23525384E + 01$	$-0.88030406E - 02$	$+0.15703390E - 01$
		$+0.48840166E - 03$	$-0.14611711E - 04$	$+0.21125553E - 05$
BAF3	583465	$+0.24549347E + 01$	$-0.83372035E - 02$	$+0.16841270E - 01$
		$+0.50168527E - 03$	$-0.14413749E - 04$	$+0.20771351E - 05$
BAF4	606439	$+0.25221558E + 01$	$-0.83373294E - 02$	$+0.18614464E - 01$
		$+0.60603872E - 03$	$-0.18920312E - 04$	$+0.27375194E - 05$
BAF5	607494	$+0.25332036E + 01$	$-0.85264801E - 02$	$+0.17164398E - 01$
		$+0.41464398E - 03$	$-0.72876766E - 05$	$+0.14129143E - 05$
BAFN6	589485	$+0.24763453E + 01$	$-0.91229217E - 02$	$+0.16804733E - 01$
		$+0.34558633E - 03$	$+0.25330454E - 05$	$+0.11900884E - 05$
BAF8	624470	$+0.25817259E + 01$	$-0.86743047E - 02$	$+0.18611642E - 01$
		$+0.46995284E - 03$	$-0.73102793E - 05$	$+0.17799691E - 05$
BAF9	643480	$+0.26453542E + 01$	$-0.96193048E - 02$	$+0.18369094E - 01$
		$+0.69291182E - 03$	$-0.37950550E - 04$	$+0.32253161E - 05$
BAFN10	670471	$+0.27293062E + 01$	$-0.10356456E - 01$	$+0.20236563E - 01$
		$+0.58969718E - 03$	$-0.20288303E - 04$	$+0.28521978E - 05$
BAFN11	667484	$+0.27200652E + 01$	$-0.10192712E - 01$	$+0.19760925E - 01$
		$+0.51935441E - 03$	$-0.14074936E - 04$	$+0.22229689E - 05$
BAF12	639452	$+0.26288183E + 01$	$-0.93686092E - 02$	$+0.19694576E - 01$
		$+0.58312064E - 03$	$-0.17556026E - 04$	$+0.29471099E - 05$
BAF13	669450	$+0.27225849E + 01$	$-0.97951672E - 02$	$+0.21079012E - 01$
		$+0.62762461E - 03$	$-0.18947499E - 04$	$+0.32030090E - 05$
BAF50	683445	$+0.27649287E + 01$	$-0.93828870E - 02$	$+0.22737486E - 01$
		$+0.44606478E - 03$	$+0.61200859E - 05$	$+0.17483664E - 05$
BAF51	652449	$+0.26688306E + 01$	$-0.92476959E - 02$	$+0.20660252E - 01$
		$+0.52893109E - 03$	$-0.70867424E - 05$	$+0.21797509E - 05$
BAF52	609464	$+0.25352388E + 01$	$-0.90581553E - 02$	$+0.17360353E - 01$
		$+0.69764119E - 03$	$-0.38819033E - 04$	$+0.35656310E - 05$

Tabela Schott de Vidros Ópticos (Continuação - 5)

Código	Número	C_0	C_1	C_2
		C_3	C_4	C_5
BAF53	670471	$+0.27294386E + 01$	$-0.10668350E - 01$	$+0.20239807E - 01$
		$+0.58138876E - 03$	$-0.18249855E - 04$	$+0.25746426E - 05$
BAF54	667482	$+0.27195755E + 01$	$-0.10322464E - 01$	$+0.20098244E - 01$
		$+0.43867795E - 03$	$-0.23936865E - 05$	$+0.15014011E - 05$
LF1	573426	$+0.24217647E + 01$	$-0.85906079E - 02$	$+0.17651245E - 01$
		$+0.58415074E - 03$	$-0.16884537E - 04$	$+0.27259662E - 05$
LF2	589409	$+0.24682847E + 01$	$-0.86227186E - 02$	$+0.19045004E - 01$
		$+0.62971872E - 03$	$-0.15592113E - 04$	$+0.30502534E - 05$
LF3	582421	$+0.24479180E + 01$	$-0.85152303E - 02$	$+0.18685135E - 01$
		$+0.46787852E - 03$	$+0.13422259E - 05$	$+0.20021368E - 05$
LF4	578416	$+0.24364980E + 01$	$-0.86900852E - 02$	$+0.18427867E - 01$
		$+0.56173085E - 03$	$-0.11219778E - 04$	$+0.27012778E - 05$
LF5	581409	$+0.24441760E + 01$	$-0.83059695E - 02$	$+0.19000697E - 01$
		$+0.54129697E - 03$	$-0.41973115E - 05$	$+0.23742897E - 05$
LF6	567428	$+0.24043241E + 01$	$-0.84381264E - 02$	$+0.17623826E - 01$
		$+0.47507875E - 03$	$-0.40602970E - 05$	$+0.20556661E - 05$
LF7	575415	$+0.24259431E + 01$	$-0.86137761E - 02$	$+0.18353273E - 01$
		$+0.53951938E - 03$	$-0.69790993E - 05$	$+0.24087417E - 05$
LF8	564438	$+0.23966602E + 01$	$-0.82907298E - 02$	$+0.17199116E - 01$
		$+0.45298946E - 03$	$-0.38995694E - 05$	$+0.19005178E - 05$
F1	626357	$+0.25713922E + 01$	$-0.84543797E - 02$	$+0.23611565E - 01$
		$+0.78346482E - 03$	$-0.10331153E - 04$	$+0.42751979E - 05$
F2	620364	$+0.25554063E + 01$	$-0.88746150E - 02$	$+0.22494787E - 01$
		$+0.86924972E - 03$	$-0.24011704E - 04$	$+0.45364169E - 05$
F3	613370	$+0.25342719E + 01$	$-0.86565414E - 02$	$+0.22160522E - 01$
		$+0.71828923E - 03$	$-0.83757309E - 05$	$+0.35549137E - 05$
F4	617366	$+0.25446900E + 01$	$-0.85925662E - 02$	$+0.22583116E - 01$
		$+0.73789911E - 03$	$-0.95060664E - 05$	$+0.38257675E - 05$
F5	603380	$+0.25069744E + 01$	$-0.86678569E - 02$	$+0.21105291E - 01$
		$+0.70608713E - 03$	$-0.13731195E - 04$	$+0.35479149E - 05$
F6	636353	$+0.26038221E + 01$	$-0.88224838E - 02$	$+0.23872164E - 01$
		$+0.96357866E - 03$	$-0.29653611E - 04$	$+0.54103450E - 05$
F7	625356	$+0.25700098E + 01$	$-0.84594488E - 02$	$+0.23243109E - 01$
		$+0.91209596E - 03$	$-0.25955976E - 04$	$+0.51185012E - 05$
F8	596392	$+0.24847853E + 01$	$-0.87690408E - 02$	$+0.20213087E - 01$
		$+0.63621526E - 03$	$-0.83230722E - 05$	$+0.29472755E - 05$
F9	620381	$+0.25599175E + 01$	$-0.93903357E - 02$	$+0.21745487E - 01$
		$+0.75168710E - 03$	$-0.16255461E - 04$	$+0.40551837E - 05$
FN11	621362	$+0.25610417E + 01$	$-0.11488430E - 01$	$+0.21189476E - 01$
		$+0.12504217E - 02$	$-0.89130731E - 04$	$+0.10490983E - 04$
F13	622360	$+0.25614812E + 01$	$-0.85680987E - 02$	$+0.23074904E - 01$
		$+0.81271690E - 03$	$-0.16852152E - 04$	$+0.45166052E - 05$
F14	601382	$+0.25012990E + 01$	$-0.87770607E - 02$	$+0.20833999E - 01$
		$+0.71365720E - 03$	$-0.15356429E - 04$	$+0.35458118E - 05$
F15	606378	$+0.25138970E + 01$	$-0.88848319E - 02$	$+0.21048670E - 01$
		$+0.77800910E - 03$	$-0.19727183E - 04$	$+0.38039205E - 05$
BASF1	626390	$+0.25778903E + 01$	$-0.83279108E - 02$	$+0.21841868E - 01$
		$+0.68618153E - 03$	$-0.81530554E - 05$	$+0.33013474E - 05$

Tabela Schott de Vidros Ópticos (Continuação - 6)

Código	Número	C_0	C_1	C_2
		C_3	C_4	C_5
BASF2	664358	$+0.26926115E+01$	$-0.87432478E-02$	$+0.25176098E-01$
		$+0.97702423E-03$	$-0.28680692E-04$	$+0.57931396E-05$
BASF5	603425	$+0.25131519E+01$	$-0.85791364E-02$	$+0.19014140E-01$
		$+0.63221574E-03$	$-0.17533060E-04$	$+0.28739893E-05$
BASF6	668419	$+0.27138041E+01$	$-0.94656841E-02$	$+0.22128109E-01$
		$+0.77376428E-03$	$-0.28857539E-04$	$+0.42797530E-05$
BASF10	650392	$+0.26531250E+01$	$-0.81388553E-02$	$+0.22995643E-01$
		$+0.73535957E-03$	$-0.13407390E-04$	$+0.36962325E-05$
BASF12	670392	$+0.27172821E+01$	$-0.95055782E-02$	$+0.23326873E-01$
		$+0.93379945E-03$	$-0.39996373E-04$	$+0.56638955E-05$
BASF13	698386	$+0.28055334E+01$	$-0.10583600E-01$	$+0.24780423E-01$
		$+0.10753528E-02$	$-0.54046905E-04$	$+0.72739552E-05$
BASF14	700350	$+0.28040560E+01$	$-0.10121606E-01$	$+0.27277876E-01$
		$+0.11920911E-02$	$-0.52304151E-04$	$+0.86551492E-05$
BASF50	710366	$+0.28430385E+01$	$-0.12392675E-01$	$+0.26677418E-01$
		$+0.11036516E-02$	$-0.38659027E-04$	$+0.60798447E-05$
BASF51	724381	$+0.28903514E+01$	$-0.11808260E-01$	$+0.26137219E-01$
		$+0.12219537E-02$	$-0.60256399E-04$	$+0.66193721E-05$
BASF52	702410	$+0.28247094E+01$	$-0.13066162E-01$	$+0.23808337E-01$
		$+0.89302284E-03$	$-0.33448747E-04$	$+0.45068020E-05$
BASF54	736322	$+0.29179112E+01$	$-0.11371629E-01$	$+0.29697508E-01$
		$+0.20284464E-02$	$-0.14304533E-03$	$+0.15393060E-04$
BASF55	700347	$+0.28080853E+01$	$-0.13076515E-01$	$+0.24961324E-01$
		$+0.19412734E-02$	$-0.15776742E-03$	$+0.14562956E-04$
BASF56	657367	$+0.26716908E+01$	$-0.88722613E-02$	$+0.24052884E-01$
		$+0.99655176E-03$	$-0.38518520E-04$	$+0.59357564E-05$
BASF57	651419	$+0.26629169E+01$	$-0.98650297E-02$	$+0.21537161E-01$
		$+0.66532162E-03$	$-0.14148425E-04$	$+0.33387062E-05$
LAFN2	744448	$+0.29669652E+01$	$-0.10354263E-01$	$+0.25170682E-01$
		$+0.63258993E-03$	$-0.98894021E-05$	$+0.24207809E-05$
LAFN3	717480	$+0.28823181E+01$	$-0.10217180E-01$	$+0.22365344E-01$
		$+0.55913000E-03$	$-0.12959110E-04$	$+0.18292448E-05$
LAFN7	750350	$+0.29676706E+01$	$-0.13465547E-01$	$+0.30562239E-01$
		$+0.11147255E-02$	$-0.23979989E-04$	$+0.62175926E-05$
LAFN8	735416	$+0.29343747E+01$	$-0.12591530E-01$	$+0.25612524E-01$
		$+0.82846469E-03$	$-0.22108582E-04$	$+0.39458540E-05$
LAF9	795284	$+0.30998216E+01$	$-0.12191689E-01$	$+0.37147724E-01$
		$+0.25559645E-02$	$-0.15721379E-03$	$+0.18886019E-04$
LAF10	784439	$+0.31035471E+01$	$-0.13927889E-01$	$+0.27639924E-01$
		$+0.62330205E-03$	$+0.12262488E-05$	$+0.19034810E-05$
LAFN11	757318	$+0.29824657E+01$	$-0.11740938E-01$	$+0.33413662E-01$
		$+0.14342882E-02$	$-0.44936078E-04$	$+0.91479497E-05$
LAF13	776378	$+0.30604516E+01$	$-0.12242361E-01$	$+0.30441692E-01$
		$+0.96185256E-03$	$-0.16231095E-04$	$+0.49181335E-05$
LAF20	682482	$+0.27698488E+01$	$-0.10003512E-01$	$+0.20882171E-01$
		$+0.45883886E-03$	$-0.50275096E-05$	$+0.16410791E-05$
LAF23	689495	$+0.27921958E+01$	$-0.96009579E-02$	$+0.20840973E-01$
		$+0.39495951E-03$	$+0.44952970E-05$	$+0.78628850E-06$

Tabela Schott de Vidros Ópticos (Continuação - 7)

Código	Número	C_0	C_1	C_2
		C_3	C_4	C_5
LAF24	757478	$+0.30185933E + 01$	$-0.14590314E - 01$	$+0.23951611E - 01$
		$+0.58379196E - 03$	$-0.89152425E - 05$	$+0.15043428E - 05$
LAF25	784413	$+0.30997712E + 01$	$-0.14428294E - 01$	$+0.27899374E - 01$
		$+0.10345598E - 02$	$-0.43008448E - 04$	$+0.54917491E - 05$
LAF26	746400	$+0.29676367E + 01$	$-0.13599942E - 01$	$+0.27026861E - 01$
		$+0.88284489E - 03$	$-0.22042475E - 04$	$+0.45665081E - 05$
LAF28	773497	$+0.30755678E + 01$	$-0.15179170E - 01$	$+0.23864942E - 01$
		$+0.57065016E - 03$	$-0.13026141E - 04$	$+0.13844676E - 05$
LASFN3	808408	$+0.31783812E + 01$	$-0.13793221E - 01$	$+0.30420505E - 01$
		$+0.85132881E - 03$	$-0.93731171E - 05$	$+0.35088821E - 05$
LASF8	807316	$+0.31513867E + 01$	$-0.12595765E - 01$	$+0.36908088E - 01$
		$+0.15820869E - 02$	$-0.51101128E - 04$	$+0.10662006E - 04$
LASF9	850322	$+0.33051830E + 01$	$-0.13857059E - 01$	$+0.35921736E - 01$
		$+0.26740381E - 02$	$-0.19764177E - 03$	$+0.19381052E - 04$
LASF11	802443	$+0.31634123E + 01$	$-0.14427452E - 01$	$+0.28384126E - 01$
		$+0.60299606E - 03$	$+0.66029672E - 05$	$+0.14484996E - 05$
LASF13	855366	$+0.33331229E + 01$	$-0.13161988E - 01$	$+0.35541296E - 01$
		$+0.14177373E - 02$	$-0.52019105E - 04$	$+0.72348123E - 05$
LASF15	878382	$+0.34183700E + 01$	$-0.16296812E - 01$	$+0.36187545E - 01$
		$+0.11149180E - 02$	$-0.14262564E - 04$	$+0.44046027E - 05$
LASFN1	913324	$+0.35278149E + 01$	$-0.17049614E - 01$	$+0.42895039E - 01$
		$+0.19248178E - 02$	$-0.75388918E - 04$	$+0.13032008E - 04$
LASF30	803465	$+0.31730794E + 01$	$-0.15280672E - 01$	$+0.27191405E - 01$
		$+0.56523896E - 03$	$+0.37622046E - 05$	$+0.93601717E - 06$
LASF31	881411	$+0.34327773E + 01$	$-0.13238432E - 01$	$+0.34954473E - 01$
		$+0.87588987E - 03$	$-0.11354398E - 05$	$+0.19769423E - 05$
LASF32	803304	$+0.31385520E + 01$	$-0.15378166E - 01$	$+0.34981894E - 01$
		$+0.24848158E - 02$	$-0.17333919E - 03$	$+0.19596905E - 04$
LASF33	806342	$+0.31542132E + 01$	$-0.11481374E - 01$	$+0.34684427E - 01$
		$+0.12974344E - 02$	$-0.27569572E - 04$	$+0.78461878E - 05$
SF1	717295	$+0.28458754E + 01$	$-0.98260548E - 02$	$+0.32192965E - 01$
		$+0.17491597E - 02$	$-0.78964252E - 04$	$+0.11858651E - 04$
SF2	648339	$+0.26361862E + 01$	$-0.90087536E - 02$	$+0.25179779E - 01$
		$+0.11171914E - 02$	$-0.40112089E - 04$	$+0.66254840E - 05$
SF3	740282	$+0.29144630E + 01$	$-0.97237692E - 02$	$+0.34855288E - 01$
		$+0.20259158E - 02$	$-0.10348282E - 03$	$+0.14959114E - 04$
SF4	755276	$+0.29605971E + 01$	$-0.93495013E - 02$	$+0.37404384E - 01$
		$+0.18634691E - 02$	$-0.65403181E - 04$	$+0.13765657E - 04$
SF5	673322	$+0.27105646E + 01$	$-0.91211994E - 02$	$+0.27760538E - 01$
		$+0.12739656E - 02$	$-0.47889342E - 04$	$+0.80562028E - 05$
SF6	805254	$+0.31195007E + 01$	$-0.10902580E - 01$	$+0.41330651E - 01$
		$+0.31800214E - 02$	$-0.21953184E - 03$	$+0.26671014E - 04$
SF7	640346	$+0.26129703E + 01$	$-0.89265027E - 02$	$+0.24553061E - 01$
		$+0.97700411E - 03$	$-0.26551022E - 04$	$+0.54909672E - 05$
SF8	689312	$+0.27594675E + 01$	$-0.93696887E - 02$	$+0.29328240E - 01$
		$+0.14385871E - 02$	$-0.58543435E - 04$	$+0.93241989E - 05$
SF9	654337	$+0.26563905E + 01$	$-0.89916333E - 02$	$+0.26099377E - 01$
		$+0.10141982E - 02$	$-0.23235110E - 04$	$+0.58174500E - 05$

Tabela Schott de Vidros Ópticos (Continuação - 8)

Código	Número	C_0	C_1	C_2
		C_3	C_4	C_5
SF10	728284	$+0.28784725E + 01$	$-0.10565453E - 01$	$+0.33279420E - 01$
		$+0.20551378E - 02$	$-0.11396226E - 03$	$+0.16340021E - 04$
SF11	785258	$+0.30539614E + 01$	$-0.11580432E - 01$	$+0.39199816E - 01$
		$+0.29462812E - 02$	$-0.20371019E - 03$	$+0.27633569E - 04$
SF12	648338	$+0.26385867E + 01$	$-0.94879851E - 02$	$+0.24984154E - 01$
		$+0.11970650E - 02$	$-0.55728265E - 04$	$+0.78814553E - 05$
SF13	741276	$+0.29177579E + 01$	$-0.11483287E - 01$	$+0.33825845E - 01$
		$+0.25277439E - 02$	$-0.17332899E - 03$	$+0.21465274E - 04$
SF14	762265	$+0.29826955E + 01$	$-0.11720091E - 01$	$+0.35994978E - 01$
		$+0.29250972E - 02$	$-0.21913665E - 03$	$+0.26700784E - 04$
SF15	699301	$+0.27898291E + 01$	$-0.10260526E - 01$	$+0.29707118E - 01$
		$+0.19137570E - 02$	$-0.12468626E - 03$	$+0.15187223E - 04$
SF16	646341	$+0.26312546E + 01$	$-0.88042107E - 02$	$+0.25282256E - 01$
		$+0.10126871E - 02$	$-0.27861159E - 04$	$+0.58927698E - 05$
SF17	650337	$+0.26432169E + 01$	$-0.88860441E - 02$	$+0.25631865E - 01$
		$+0.10760709E - 02$	$-0.33523570E - 04$	$+0.64052431E - 05$
SF18	722293	$+0.28577802E + 01$	$-0.94889259E - 02$	$+0.33023767E - 01$
		$+0.17143328E - 02$	$-0.74064352E - 04$	$+0.12078466E - 04$
SF19	667330	$+0.26942327E + 01$	$-0.94285222E - 02$	$+0.26806270E - 01$
		$+0.12120420E - 02$	$-0.45516530E - 04$	$+0.75592211E - 05$
SF50	655329	$+0.26574144E + 01$	$-0.95545655E - 02$	$+0.25081498E - 01$
		$+0.15350870E - 02$	$-0.91737353E - 04$	$+0.99741416E - 05$
SF51	660329	$+0.26785087E + 01$	$-0.11867542E - 01$	$+0.23037272E - 01$
		$+0.22651418E - 02$	$-0.20072280E - 03$	$+0.16380215E - 04$
SF52	689306	$+0.27576175E + 01$	$-0.97069196E - 02$	$+0.29008907E - 01$
		$+0.16834427E - 02$	$-0.86832245E - 04$	$+0.11266792E - 04$
SF53	728287	$+0.28788944E + 01$	$-0.10038296E - 01$	$+0.33232802E - 01$
		$+0.20364401E - 02$	$-0.11763293E - 03$	$+0.15672506E - 04$
SF54	741281	$+0.29157333E + 01$	$-0.94607589E - 02$	$+0.35929046E - 01$
		$+0.16830114E - 02$	$-0.46451087E - 04$	$+0.12104532E - 04$
SF55	762270	$+0.29810972E + 01$	$-0.10106105E - 01$	$+0.37725376E - 01$
		$+0.21692831E - 02$	$-0.94743970E - 04$	$+0.16404455E - 04$
SF56	785261	$+0.30510040E + 01$	$-0.94149325E - 02$	$+0.41729775E - 01$
		$+0.19779903E - 02$	$-0.48421498E - 04$	$+0.15734251E - 04$
SF57	847238	$+0.32578469E + 01$	$-0.14544868E - 01$	$+0.42028938E - 01$
		$+0.52295853E - 02$	$-0.46931979E - 03$	$+0.44359036E - 04$
SF58	918215	$+0.34782654E + 01$	$-0.10766912E - 01$	$+0.58676907E - 01$
		$+0.42207315E - 02$	$-0.22895268E - 03$	$+0.40847905E - 04$
SF59	953204	$+0.36049456E + 01$	$-0.17579501E - 01$	$+0.54777275E - 01$
		$+0.80837909E - 02$	$-0.76975589E - 03$	$+0.79262505E - 04$
SF61	751275	$+0.29458531E + 01$	$-0.92723542E - 02$	$+0.37513268E - 01$
		$+0.16807292E - 02$	$-0.33978727E - 04$	$+0.12154392E - 04$
SF62	681319	$+0.27369014E + 01$	$-0.91210145E - 02$	$+0.28718145E - 01$
		$+0.12307943E - 02$	$-0.37780898E - 04$	$+0.78617786E - 05$
SF63	748277	$+0.29393620E + 01$	$-0.96548019E - 02$	$+0.36674842E - 01$
		$+0.17881803E - 02$	$-0.52282393E - 04$	$+0.12867869E - 04$
SFN64	706303	$+0.28125953E + 01$	$-0.11916007E - 01$	$+0.31041260E - 01$
		$+0.14083879E - 02$	$-0.44978076E - 04$	$+0.11419083E - 04$

Tabela Schott de Vidros Ópticos (Continuação - 9)

Código	Número	C_0	C_1	C_2
		C_3	C_4	C_5
TIK1	479587	$+0.21573987E+01$	$-0.84004189E-02$	$+0.10457582E-01$
		$+0.21822593E-03$	$-0.55063640E-05$	$+0.54469060E-06$
TIF1	511510	$+0.22473124E+01$	$-0.89044058E-02$	$+0.12493525E-01$
		$+0.42650638E-03$	$-0.21564809E-04$	$+0.26364065E-05$
TIF2	553460	$+0.23062438E+01$	$-0.93513887E-02$	$+0.14218213E-01$
		$+0.61537921E-03$	$-0.39493915E-04$	$+0.47363335E-05$
TIF3	548422	$+0.23488389E+01$	$-0.10357251E-01$	$+0.14639213E-01$
		$+0.11021697E-02$	$-0.93622430E-04$	$+0.82094068E-05$
TIF4	584370	$+0.24498259E+01$	$-0.10128610E-01$	$+0.18753684E-01$
		$+0.11999618E-02$	$-0.88610291E-04$	$+0.98139193E-05$
TIFN5	594355	$+0.24757539E+01$	$-0.10282285E-01$	$+0.20102692E-01$
		$+0.12335546E-02$	$-0.85902987E-04$	$+0.10257463E-04$
TIF6	617310	$+0.25388379E+01$	$-0.10552711E-01$	$+0.22004734E-01$
		$+0.20230960E-02$	$-0.18345806E-03$	$+0.23097036E-04$
TISF1	673289	$+0.27091574E+01$	$-0.12750242E-01$	$+0.27097845E-01$
		$+0.24436836E-02$	$-0.21244237E-03$	$+0.23518712E-04$
KZF1	551497	$+0.23638642E+01$	$-0.97296051E-02$	$+0.14685907E-01$
		$+0.36958935E-03$	$-0.66067088E-05$	$+0.11184893E-05$
KZF2	529517	$+0.23016043E+01$	$-0.10413112E-01$	$+0.13264215E-01$
		$+0.35124541E-03$	$-0.11283365E-04$	$+0.11644077E-05$
KZF6	527511	$+0.22934044E+01$	$-0.10346122E-01$	$+0.13319863E-01$
		$+0.34833226E-03$	$-0.99354090E-05$	$+0.11227905E-05$
KZFS1	613443	$+0.25495109E+01$	$-0.14614529E-01$	$+0.18246082E-01$
		$+0.60860367E-03$	$-0.20613741E-04$	$+0.23500631E-05$
KZFSN2	558542	$+0.23912843E+01$	$-0.13244644E-01$	$+0.13524263E-01$
		$+0.33475551E-03$	$-0.11613973E-04$	$+0.10939788E-05$
KZFSN4	613443	$+0.25493446E+01$	$-0.13234586E-01$	$+0.18586165E-01$
		$+0.54759655E-03$	$-0.11717987E-04$	$+0.20042905E-05$
KZFSN5	654396	$+0.26699840E+01$	$-0.13941585E-01$	$+0.22384056E-01$
		$+0.74780873E-03$	$-0.17341165E-04$	$+0.34427318E-05$
KZFS6	592485	$+0.24877262E+01$	$-0.12894400E-01$	$+0.16567331E-01$
		$+0.36347288E-03$	$-0.15994850E-05$	$+0.11023865E-05$
KZFSN7	681372	$+0.27497306E+01$	$-0.13708753E-01$	$+0.24811991E-01$
		$+0.96006315E-03$	$-0.33307832E-04$	$+0.58217650E-05$
KZFS8	720346	$+0.28717595E+01$	$-0.13501333E-01$	$+0.28964424E-01$
		$+0.10970513E-02$	$-0.24165632E-04$	$+0.56994640E-05$
KZFSN9	599469	$+0.25066403E+01$	$-0.13178716E-01$	$+0.17087006E-01$
		$+0.47129902E-03$	$-0.11358998E-04$	$+0.16946777E-05$
LGSK2	586610	$+0.24750760E+01$	$-0.54304528E-02$	$+0.13893210E-01$
		$+0.22999056E-03$	$-0.16868474E-05$	$+0.43959703E-06$

B Documentação do Programa de Avaliação de Sistemas Ópticos

Na última página constam dois discos flexíveis de 5 e 1/4 de polegada: um com toda documentação do programa de avaliação e o outro com o programa executável MEPA.EXE, o arquivo SCHOOT.DAT e finalmente o arquivo do sistema óptico 80800.TEL. Nas páginas seguintes tem-se a listagem do programa.

B.1 Programa DADOS.FOR

```
*****
C
C   PARAMETROS COMUNS DO PROGRAMA DE AVALIACAO DE SISTEMA OPTICOS
C   VERSAO 3.1
C   ARQUIVO- DADOS.FOR
C
C       IMPLICIT DOUBLE PRECISION (A-H,L-Z)
C
C   IM=50 numero maximo de interfaces
C   COM1= d linha amarela do helio (referencia para os elementos
C   cardinais)
C   COM2= F linha azul do hidrogenio (referencia para as aberracoes)
C   COM3= C linha vermelha do hidrogenio                cromaticas)
C
C   DOUBLE PRECISION IR,NULO,NUDI
C   INTEGER TI,NOI
C   PARAMETER(IM=50,COM1=.5875618,COM2=.4861327,COM3=.6562725,
C   +NULO=1.0D-05,UNID=1.0D+00,CODPI=.5729577951D+02)
C
C   CHARACTER VO1*6,VO2*6,ARQUIVO*11,NOME*80,VIDRO*6,VIDRO1*6,VIDRO2*6
C   DIMENSION H(IM+1)
C
C   ARQUIVO= arquivo de trabalho corrente
C   NOME= definicao do sistema em avaliacao
C
C   COMMON /SISTE/ ARQUIVO,NOME
C
C   INI= numero de interfaces do sistema optico
C   CU= curvatura da interface
C   RC= raio de curvatura
C   E= espessura da interface
C   VOX,VOY,VOZ = versor de orientacao da interface nao centrada
C   RI= raio da interface
C   TI= tipo de interface TI=1 refracao, TI=-1 reflexao
C
C   COMMON /OPTSY/ INI,CU(IM),RC(IM),E(IM),VKX(IM),VKY(IM),
C   +VKZ(IM),RI(IM),TI(IM)
C
C   ICOM= numero de comprimentos de onda para avaliacao
C   IR= indice de refracao
C   CD= coeficientes de dispersao
C   COM= comprimentos de onda de avaliacao
C   VIDRO1= codigo alfa-numerico do meio optico
C   VIDRO2= codigo numerico do meio optico
C
C   COMMON /GLAS/ ICOM,IR(IM+1,7),CD(IM+1,6),COM(7),
C   +VIDRO1(IM+1),VIDRO2(IM+1)
C
C   FO= distancia focal do espaco objeto
C   FSO= distancia focal anterior do espaco objeto
C   SHO= posicao do plano principal do espaco objeto
C   ANOH= posicao do plano nodal N em relacao a H
C   SNO= posicao do plano nodal do espaco objeto
C   FI= distancia focal do espaco imagem
C   FSI= distancia focal posterior do espaco imagem
C   SHI= posicao do plano principal do espaco imagem
C   ANIH= posicao do plano nodal N' em relacao a H
C   SNI= posicao do plano nodal do espaco imagem
C   AASA= aumento angular do sistema optico afocal
C   IFA= tipo de sistema focal=1 e afocal=2
C   IATP= interface que limita o tamanho transversal da pupila
C   FVTP= fator relativo a altura maxima possivel
C   ATP= aumento transversal da pupila
C
C   COMMON /FOCUS/ FO,FSO,SHO,SNO,ANOH,FI,FSI,SHI,SNI,ANIH,AASA,IFA,
C   +IATP,FVTP,ATP
C   NOI= numero de objeto-imagens em avaliacao
C   IEO= tipo do espaco (1= espaco objeto; 2= espaco imagem)
C   ITOI= tipo de objeto definido inicialmente (1=finito; 2=improprio)
```

```

C      ITO= tipo de objeto (1= finito; 2= impropio)
C      DOI= distancia do objeto a primeira interface
C      DOIH= distancia do objeto ao respectivo plano principal
C      AOI= altura do objeto
C      SIGI= angulo de incidencia [radiano]
C
COMMON /OBJET/NOI,IEO,ITOI,ITO,DOI,DOIH,AOI(10),SIGI(10)

C
C      ATOI= aumento transversal
C      ITI= tipo de imagem (1= finita; 2= impropia)
C      DIF= distancia da imagem a ultima interface
C      DIFH= distancia da imagem ao respectivo plano principal
C      AIF= altura da imagem
C      SIGF= angulo de saida [radiano]
C
COMMON /IMAGE/ATOI,ITI,DIF,DIFH,AIF(10),SIGF(10)

C
C      IDIA= interface que determina o diafragma
C      FDIA= fator de restricao da altura do diaframa
C      SPE= posicao da pupila de entrada
C      RPE= raio da pupila de entrada
C      SPS= posicao da pupila de saida
C      RPS= raio da pupila de saida
C      IPE= tipo da pupila de entrada finita=1 ; impropria=2
C      IPS= tipo da pupila de saida finita=1 ; impropria=2
C      ABNU= abertura numerica
C      ABRE= abertura relativa
C      NUDI= numero do diafragma ou abertura
C
COMMON /DIAF/IDIA,FDIA,SPE,RPE,SPS,RPS,IPE,IPS,ABNU,ABRE,NUDI

C
C      ICAM= interface que determina o diafragma de campo
C      FCAM= fator de restricao da altura do diafragma de campo
C      SJE= posicao da janela de entrada
C      RJE= raio da janela de entrada
C      SJS= posicao da janela de saida
C      RJS= raio da janela de saida
C      IJE= tipo da janela de entrada finita=1 ; impropria=2
C      IJS= tipo da janela de saida finita=1 ; impropria=2
C
COMMON /CAMPO/ICAM,FCAM,SJE,RJE,SJS,RJS,IJE ,IJS

C
C      ISP= interface de obstrucao superior
C      FPS= fator da vinheta superior
C      APS= altura de passagem superior
C      IIP= interface de obstrucao inferior
C      FPI= fator da vinheta inferior
C      API= altura de passagem inferior
C      AERP= altura de entrada do raio principal
C
COMMON /OBSTR/ ISP(10),FPS(10),APS(10),
+      IIP(10),FPI(10),API(10),AERP(10)

C
C      YIM= altura meridional inferior de entrada
C      YSM= altura meridional superior de entrada
C      QP= parametro frontal de entrada do raio principal
C      SSP= seno do raio principal de entrada
C      CSP= co-seno do raio principal de entrada
C
COMMON /CMERI/ YIM(10),YSM(10),
+      QP(10),SSP(10),CSP(10)

C
C      SXP,SYP,SZP= componentes do versor do raio principal de entrada
C      QXP,QYP,QZP= componentes do vetor transversal de entrada
C      YIE= abscissa frontal de entrada do raio principal
C      XLE= ordenada frontal maxima de entrada do raio principal
C      YSE= abscissa frontal superior maxima de entrada
C      YIE= abscissa frontal inferior minima de entrada
C
COMMON /ESPAC/ YIE(10),YSE(10),XLE(10),

```

```

+          SXP(10),SYP(10),SZP(10),
+          QXP(10),QYP(10),QZP(10)
C
C      DESA= desfocalizacao sagital
C      DEME= desfocalizacao meridional
C
COMMON /DESFC/ DESA(10),DEME(10)
C
C      H1,H2,H3 - VETORES AUXILIARES DE CALCULO
C
COMMON /VETOR/ H1(IM+1),H2(IM+1),H3(IM+1)
C
SAVE /SISTE/,/OPTSY/,/IRCO/,/CDCO/,/GLAS/,/FOCUS/,/OBJET/,
+     /IMAGE/,/DIAF/,/CAMPO/,/OBSTR/,/CMERI/,/CESPA/,/DESFC/,
+     /VETOR/

```

B.2 Programa MEPA.FOR

```
$DEBUG
C*****
C
C    ARQUIVO:MEPA.FOR
C
C    MENU DE ENTRADA DO PROGRAMA DE AVALIACAO
C
PROGRAM MEPA
$INCLUDE:'DADOS.FOR'
CHARACTER*11 ARQEXE
EXTERNAL HGR,LETECS,MERD,PARA,MASO,ESPA
5    CALL HGR(2)
WRITE(*,10)
10  FORMAT(//,
1'                                     *** MENU PRINCIPAL ***',///,
2'                                DEFINICAO DO SISTEMA OPTICO = F1',//,
3'                                PROGRAMA DE AVALIACAO PARAXIAL = F2',//,
4'                                PROGRAMA DE AVALIACAO MERIDIONAL = F3',//,
5'                                PROGRAMA DE AVALIACAO ESPACIAL = F4',//,
6'                                RETORNO AO SISTEMA OPERACIONAL = ESC',///,
7'                                OPCAO = ',\),
    CALL LETECS(IK,JK)
    IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.59) GOTO 15
    IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.60) GOTO 20
    IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.61) GOTO 25
    IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.62) GOTO 30
    IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 35
GOTO 5
15  ARQEXE='MASO.EXE'
    WRITE(*,*) ARQEXE
    CALL MASO
GOTO 5
20  ARQEXE='PARA.EXE'
    WRITE(*,*) ARQEXE
    CALL PARA
    GOTO 5
25  ARQEXE='MERD.EXE'
    WRITE(*,*) ARQEXE
CALL MERD
    GOTO 5
30  ARQEXE='ESPA.EXE'
    WRITE(*,*) ARQEXE
    CALL ESPA
GOTO 5
35  CALL HGR(2)
STOP
END
```

B.3 Programa MASO.FOR

```

C*****
C
C      ARQUIVO: MASO.FOR
C
C      MANIPULACAO DE ARQUIVOS DO SISTEMA OPTICO
C
SUBROUTINE MASO
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
  CHARACTER SN*1
  EXTERNAL SEDI,GDCO,OBIM,HGR,LETECS,LDCO
5    CALL HGR(2)
WRITE(*,10)
10  FORMAT(/,
1'      **** MANIPULACAO DE DADOS DO SISTEMA OPTICO ****',///,
2'      NOVO SISTEMA OPTICO = F1',///,
+'      ESPACO OBJETO-IMAGEM = F2',///,
+'      MODIFICACOES NO SISTEMA OPTICO = F3',///,
3'      GRAVA EM DISCO O SISTEMA OPTICO = F4',///,
4'      LEITURA DO DISCO DO SISTEMA OPTICO = F5',///,
6'      RETORNO = ESC',///,
7'      OPCAO = ', $)
  CALL LETECS(IK,JK)
  IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.59) GOTO 20
  IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.60) GOTO 30
  IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.61) GOTO 40
  IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.62) GOTO 50
  IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.63) GOTO 60
  IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 70
  GOTO 5
20  CALL SEDI(1)
  CALL FOAFO
GOTO 5
30  CALL OBIM
  GOTO 5
40  CALL SEDI(2)
  CALL FOAFO
  GOTO 5
50  CALL HGR(2)
  CALL GDCO(2)
  GOTO 5
60  CALL HGR(2)
  CALL LDCO(2)
  CALL FOAFO
GOTO 5
70  RETURN
END
C*****
C
C      SUBROTINA PARA GRAVAR E LER
C      PARAMETROS COMUNS DO PROGRAMA PRINCIPAL PARA AS SUBROTINAS
C      COM OPCAO PARA O ARQUIVO DO SISTEMA OPTICO
C
SUBROUTINE GDCO(IGL)
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
  EXTERNAL HGR,LETECS
  IF(IGL.EQ.2) THEN
C
C      OS DADOS DO SISTEMA OPTICO SAO ARQUIVADOS
C
5    CALL HGR(2)
WRITE(*,6)
6    FORMAT(' NOME DO ARQUIVO A SER GRAVADO = ',\ )
  READ(*,'(A)',ERR=5) ARQUIVO
C
C      ESPECIFICACAO DO ARQUIVO
C
  WRITE(*,7)
7    FORMAT(/,' ESPECIFICACAO DO ARQUIVO:{80 CARAC.} - ',/)
  READ(*,'(A80)',ERR=5) NOME
C

```

```

C      GRAVACAO DO ARQUIVO
C
OPEN(1,FILE=ARQUIVO,ERR=200)
      ELSE
C
C      OS DADOS DO SISTEMA OPTICO SAO ARQUIVADOS PARA TRANSFERENCIA
C
      OPEN(1,FILE=ARQUIVO,ERR=200)
      ENDIF
C
C SISTEMA OPTICO EM ANALISE
C
      WRITE(1,'(A8)') '{SISTEM}'
      WRITE(1,'(A11,/,A80)') ARQUIVO,NOME
C
C /OPTSY/
C
      WRITE(1,'(A8)') '{OPTSY}'
      WRITE(1,'(I3.3)') INI
      DO 10 I=1,INI-1
10  WRITE(1,'(I3.3,1X,4D16.10)') I,CU(I),RC(I),RI(I),E(I)
      WRITE(1,'(I3.3,1X,3D16.10)') INI,CU(INI),RC(INI),RI(INI)
      DO 20 I=1,INI
20  WRITE(1,'(I3.3,1X,3D16.10,I3.3)') I,VKX(I),VKY(I),VKZ(I),TI(I)
C
C /GLAS/
C
      WRITE(1,'(A8)') '{GLAS}'
      WRITE(1,'(I3.3)') ICOM
      DO 30 I=1,ICOM
30  WRITE(1,'(I3.3,1X,D16.10)') I,COM(I)
      DO 40 I=1,INI+1
40  WRITE(1,'(I3.3,1X,A6,A6)') I,VIDRO1(I),VIDRO2(I)
      DO 50 I=1,INI+1
50  WRITE(1,'(I3.3,1X,7D16.10)') I,IR(I,1),IR(I,2),IR(I,3),IR(I,4),
      +IR(I,5),IR(I,6),IR(I,7)
      DO 60 I=1,INI+1
60  WRITE(1,'(I3.3,1X,6D16.10)') I,CD(I,1),CD(I,2),CD(I,3),CD(I,4),
      +CD(I,5),CD(I,6)
C
C /FOCUS/
C
      WRITE(1,'(A8)') '{FOCUS}'
      WRITE(1,'(I3.3)') IFA
      WRITE(1,'(5D16.10)') FO,FSO,SHO,ANOH,SNO
      WRITE(1,'(5D16.10)') FI,FSI,SHI,ANIH,SNI
      WRITE(1,'(I3.3,1X,3D16.10)') IATP,FVTP,ATP,AASA
C
C /OBJET/
C
      WRITE(1,'(A8)') '{OBJET}'
      WRITE(1,'(3(I3.3,1X))') IEO,ITOI,NOI
      WRITE(1,'(I3.3,1X,2D16.10)') ITO,DOI,DOIH
      DO 70 I=1,NOI
70  WRITE(1,'(I3.3,1X,2D16.10)') I,AOI(I),SIGI(I)
C
C /IMAGE/
C
      WRITE(1,'(A8)') '{IMAGE}'
      WRITE(1,'(I3.3,1X,3D16.10)') ITI,DIF,DIFH,ATOI
      DO 80 I=1,NOI
80  WRITE(1,'(I3.3,1X,2D16.10)') I,AIF(I),SIGF(I)
C
C /DIAF/
C
      WRITE(1,'(A8)') '{DIAF}'
      WRITE(1,'(I3.3,1X,1D16.10)') IDIA,FDIA
      WRITE(1,'(I3.3,1X,2D16.10)') IPE,SPE,RPE
      WRITE(1,'(I3.3,1X,2D16.10)') IPS,SPS,RPS
      WRITE(1,'(3D16.10)') ABNU,ABRE,NUDI
C
C /CAMPO/

```

```

C
WRITE(1,'(A8)') , {CAMPO}'
WRITE(1,'(I3.3,1X,1D16.10)') ICAM,FCAM
WRITE(1,'(I3.3,1X,2D16.10)') IJE,SJE,RJE
WRITE(1,'(I3.3,1X,2D16.10)') IJS,SJS,RJS
C
C /OBSTR/
C
WRITE(1,'(A8)') , {OBSTR}'
DO 90 I=1,NOI
90 WRITE(1,'(2(I3.3,1X),2D16.10,/,3X,I3.3,1X,2D16.10,/,D16.10)')
+I,ISP(I),FPS(I),APS(I),
+IIP(I),FPI(I),API(I),
+AERP(I)
C
C /CESPA/
C
WRITE(1,'(A8)') , {CESPA}'
DO 100 I=1,NOI
100 WRITE(1,'(I3.3,1X,3D16.10,/,4X,3D16.10,/,4X,3D16.10,/)')
+I,YIE(I),YSE(I),XLE(I),
+SXP(I),SYP(I),SZP(I),
+QXP(I),QYP(I),QZP(I)
C
C /DESFC/
C
WRITE(1,'(A8)') , {DESFC}'
DO 105 I=1,NOI
105 WRITE(1,'(I3.3,1X,D16.10,1X,3D16.10)') I,DESA(I),DEME(I)
C
C /VETOR/
C
WRITE(1,'(A8)') , {VETOR}'
DO 110 I=1,INI+1
110 WRITE(1,'(I3.3,1X,4D16.10)') I,H(I),H1(I),H2(I),H3(I)
C
C /CMERI/
C
WRITE(1,'(A8)') , {CMERI}'
DO 120 I=1,NOI
120 WRITE(1,'(I3.3,1X,3D16.10,/,4X,2D16.10,/)')
+I,QP(I),SSP(I),CSP(I),
+YIM(I),YSM(I)
CLOSE(1,STATUS='KEEP')
GOTO 400
200 IF(IGL.EQ.2) THEN
CALL HGR(2)
WRITE(*,*)' ***** ERRO NA GRAVACAO DO ARQUIVO FONTE *****'
WRITE(*,*)' ***** OU O ARQUIVO: ',ARQUIVO,' JA EXISTE *****'
CALL LETECS(IK,JK)
IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 5
GOTO 200
ELSE
CALL HGR(2)
WRITE(*,*)' ***** ERRO NA GRAVACAO DO ARQUIVO DE TRANSFERENCIA ***
***'
CALL LETECS(IK,JK)
IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 400
ENDIF
400 RETURN
END
C*****
C
C SUBROTINA PARA LER
C PARAMETROS COMUNS DO PROGRAMA PRINCIPAL PARA AS SUBROTINAS
C COM OPCAO PARA O ARQUIVO DO SISTEMA OPTICO
C
SUBROUTINE LDGO(IGL)
$INCLUDE:'DADOS.FOR'
CHARACTER*8 VNAME
EXTERNAL HGR,LETECS
IF(IGL.EQ.2) THEN

```



```

5      CALL HGR(2)
WRITE(*,6)
6      FORMAT(' NOME DO ARQUIVO A SER CARREGADO = ',\ )
      READ(*,'(A)',ERR=5) ARQUIVO
      OPEN(1,FILE=ARQUIVO,ERR=200)
      ELSE
      OPEN(1,FILE=ARQUIVO,ERR=200)
      ENDIF

C
C SISTEMA OPTICO EM ANALISE
C
      READ(1,'(A8)') VNAME
      READ(1,'(A11/,A80)') ARQUIVO,NOME

C
C /OPTSY/
C
      READ(1,'(A8)') VNAME
      READ(1,'(I3.3)') INI
      DO 10 I=1,INI-1
10 READ(1,'(I3.3,1X,4D16.10)') J,CU(J),RC(J),RI(J),E(J)
      READ(1,'(I3.3,1X,3D16.10)') INI,CU(INI),RC(INI),RI(INI)
      DO 20 I=1,INI
20 READ(1,'(I3.3,1X,3D16.10,I3.3)') J,VKX(J),VKY(J),VKZ(J),TI(J)
C
C /GLAS/
C
      READ(1,'(A8)') VNAME
      READ(1,'(I3.3)') ICOM
      DO 30 I=1,ICOM
30 READ(1,'(I3.3,1X,D16.10)') J,COM(J)
      DO 40 I=1,INI+1
40 READ(1,'(I3.3,1X,A6,A6)') J,VIDRO1(J),VIDRO2(J)
      DO 50 I=1,INI+1
50 READ(1,'(I3.3,1X,7D16.10)') J,IR(J,1),IR(J,2),IR(J,3),IR(J,4),
      +IR(J,5),IR(J,6),IR(J,7)
      DO 60 I=1,INI+1
60 READ(1,'(I3.3,1X,6D16.10)') J,CD(J,1),CD(J,2),CD(J,3),CD(J,4),
      +CD(J,5),CD(J,6)
C
C /FOCUS/
C
      READ(1,'(A8)') VNAME
      READ(1,'(I3.3)') IFA
      READ(1,'(5D16.10)') FO,FSO,SHO,ANOH,SNO
      READ(1,'(5D16.10)') FI,FSI,SHI,ANIH,SNI
      READ(1,'(I3.3,1X,3D16.10)') IATP,FVTP,ATP,AASA
C
C /OBJET/
C
      READ(1,'(A8)') VNAME
      READ(1,'(3(I3.3,1X))') IEO,ITOI,NOI
      READ(1,'(I3.3,1X,2D16.10)') ITO,DOI,DOIH
      DO 70 I=1,NOI
70 READ(1,'(I3.3,1X,2D16.10)') J,AOI(J),SIGI(J)

C
C /IMAGE/
C
      READ(1,'(A8)') VNAME
      READ(1,'(I3.3,1X,3D16.10)') ITI,DIF,DIFH,ATOI
      DO 80 I=1,NOI
80 READ(1,'(I3.3,1X,2D16.10)') J,AIF(J),SIGF(J)
C
C /DIAF/
C
      READ(1,'(A8)') VNAME
      READ(1,'(I3.3,1X,1D16.10)') IDIA,FDIA
      READ(1,'(I3.3,1X,2D16.10)') IPE,SPE,RPE
      READ(1,'(I3.3,1X,2D16.10)') IPS,SPS,RPS
      READ(1,'(3D16.10)') ABNU,ABRE,NUDI
C
C /CAMPO/

```

```

C      READ(1,'(A8)') VNAME
      READ(1,'(I3.3,1X,1D16.10)') ICAM,FCAM
      READ(1,'(I3.3,1X,2D16.10)') IJE,SJE,RJE
      READ(1,'(I3.3,1X,2D16.10)') IJS,SJS,RJS
C
C /OBSTR/
C      READ(1,'(A8)') VNAME
      DO 90 I=1,NOI
90  READ(1,'(2(I3.3,1X),2D16.10,/,3X,I3.3,1X,2D16.10,/,D16.10)')
      +J,ISP(J),FPS(J),APS(J),
      +IIP(J),FPI(J),API(J),
      +AERP(J)
C
C /CESPA/
C      READ(1,'(A8)') VNAME
      DO 100 I=1,NOI
100  READ(1,'(I3.3,1X,3D16.10,/,4X,3D16.10,/,4X,3D16.10,/)')
      +J,YIE(J),YSE(J),XLE(J),
      +SXP(J),SYP(J),SZP(J),
      +QXP(J),QYP(J),QZP(J)
C
C /DESFC/
C      READ(1,'(A8)') VNAME
      DO 105 I=1,NOI
105  READ(1,'(I3.3,1X,D16.10,1X,3D16.10)') J,DESA(J),DEME(J)
C
C /VETOR/
C      READ(1,'(A8)') VNAME
      DO 110 I=1,INI+1
110  READ(1,'(I3.3,1X,4D16.10)') J,H(J),H1(J),H2(J),H3(J)
C
C /CMERI/
C      READ(1,'(A8)') VNAME
      DO 120 I=1,NOI
120  READ(1,'(I3.3,1X,3D16.10,/,4X,2D16.10,/)')
      +J,QP(J),SSP(J),CSP(J),
      +YIM(J),YSM(J)
C
      CLOSE(1,STATUS='KEEP')
      IF(IGL.EQ.2) THEN
C
C      ESPECIFICACAO DO ARQUIVO
C
125  CALL HGR(2)
      WRITE(*,130) NOME
130  FORMAT(' ESPECIFICACAO DO ARQUIVO : ',//,1X,A80,/)
      WRITE(*,140)
140  FORMAT(' ESTA CORRETO < S > =SIM < N > =NAO:',\ )
      CALL LETECS(IK,JK)
      IF(IK.EQ.83.AND.JK.EQ.31) GOTO 400
      IF(IK.EQ.78.AND.JK.EQ.49) GOTO 5
      GOTO 125
      ELSE
      GOTO 400
      ENDIF
200  IF(IGL.EQ.2) THEN
      CALL HGR(2)
      WRITE(*,*) ' ***** ERRO NA LEITURA DO ARQUIVO FONTE *****'
      CALL LETECS(IK,JK)
      IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 5
      GOTO 200
      ELSE
      CALL HGR(2)
      WRITE(*,*) ' ***** ERRO NA LEITURA DO ARQUIVO DE TRANSFERENCIA *****'
      +*
      CALL LETECS(IK,JK)

```

```

        IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 400
        ENDIF
400    RETURN
END
C*****
C
C  PROGRAMA PARA DEFINIR A RELACAO ENTRE O OBJETO E A IMAGEM PARA A
C    AVALIACAO DO SISTEMA OPTICO
C
C    IESC=1 ; PERMITE COLOCAR UM OBJETO OU IMAGEM SOBRE UM DOS PLANOS
C    FOCAIS RESPECTIVOS
C
C    SUBROUTINE OBIM
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
    CHARACTER SN*1
    EXTERNAL HGR,ORDEN
5  CALL HGR(2)
    WRITE(*,10)
10  FORMAT(' N. DE OBJETO-IMAGEM = ',\ )
    READ(*,'(I2.2)',ERR=5) NOI
C
C    DEFINICAO DO TIPO DE ESPACO
C
15  WRITE(*,20)
20  FORMAT(/,'          ESPACO OBJETO = 1 ',/,
+        '          ESPACO IMAGEM = 2 ',/,
+        '          NATUREZA DO ESPACO = ',\ )
    READ(*,'(I1.1)',ERR=15) IEO
    IF(IEO.EQ.1) THEN
C
C    ESPACO OBJETO- OBJETOS FINITOS OU IMPROPRIOS
C
25  WRITE(*,30)
30  FORMAT(/,'          OBJETO FINITO = 1 ',/,
+        '          OBJETO IMPROPRIO = 2 ',/,
+        '          NATUREZA DO OBJETO = ',\ )
    READ(*,'(I1.1)',ERR=25) ITOI
    IF(ITOI.EQ.1) THEN
C
C    OBJETO FINITO
C
400  WRITE(*,410)
410  FORMAT(/,' O OBJETO COINCIDE NO PLANO FOCAL',/,
+        '          < S > =SIM < N > =NAO: ',\ )
    CALL LETECS(IK,JK)
    IF(IK.EQ.83.AND.JK.EQ.31) GOTO 415
    IF(IK.EQ.78.AND.JK.EQ.49) GOTO 35
    GOTO 400
415  DOI=FSO
    WRITE(*,33) DOI
33  FORMAT(/,' DISTANCIA DO OBJETO; DOI= ',E12.6)
    GOTO 41
35  WRITE(*,40)
40  FORMAT(/,' DISTANCIA DO OBJETO = ',\ )
    READ(*,'(D16.10)',ERR=35) DOI
41  WRITE(*,45)
45  FORMAT(/,' ALTURAS DO OBJETO: ',/)
    DO 56 I=1,NOI
50  WRITE(*,55) I
55  FORMAT(/,' ALTURA(' ,I2.2,')= ',\ )
56  READ(*,'(D16.10)',ERR=50) AOI(I)
    CALL ORDEN(1,NOI,AOI)
    ELSEIF(ITOI.EQ.2) THEN
C
C    OBJETO IMPROPRIO
C
    WRITE(*,60)
60  FORMAT(/,' ANGULOS DO FEIXE IMPROPRIO: ',/)
    DO 75 I=1,NOI
65  WRITE(*,70) I
70  FORMAT(/,' ANGULO(' ,I2.2,')= ',\ )
    READ(*,'(D16.10)',ERR=50) SIGI(I)

```

```

75     SIGI(I)=SIGI(I)/CODPI
      CONTINUE
      CALL ORDEN(1,NOI,SIGI)
      ELSE
      GOTO 25
      ENDIF
      ELSEIF(IEO.EQ.2) THEN
C
C     ESPACO IMAGEM- IMAGENS FINITAS OU IMPROPRIAS
C
76     WRITE(*,78)
78     FORMAT(/,'          IMAGEM FINITA = 1 ',/,
+         '          IMAGEM IMPROPRIA = 2 ',/,
+         ' NATUREZA DO IMAGEM = ',\))
      READ(*,'(I1.1)',ERR=76) ITOI
      IF(ITOI.EQ.1) THEN
C
C     IMAGEM FINITA
C
800    WRITE(*,810)
810    FORMAT(/,' A IMAGEM COINCIDE NO PLANO FOCAL',/,
+         ' < S > =SIM < N > =NAO:',\))
      CALL LETECS(IK,JK)
      IF(IK.EQ.83.AND.JK.EQ.31) GOTO 815
      IF(IK.EQ.78.AND.JK.EQ.49) GOTO 80
      GOTO 800
815    DIF=FSI
      WRITE(*,81) DIF
81     FORMAT(/,' DISTANCIA DA IMAGEM; DIF= ',E12.6)
      GOTO 89
80     WRITE(*,85)
85     FORMAT(/,' DISTANCIA DA IMAGEM = ',\))
      READ(*,'(D16.10)',ERR=80) DIF
89     WRITE(*,90)
90     FORMAT(/,' ALTURAS DA IMAGEM:',/,
      DO 101 I=1,NOI
95     WRITE(*,100) I
100    FORMAT(/,' ALTURA(',I2.2,')= ',\))
101    READ(*,'(D16.10)',ERR=95) AIF(I)
      CALL ORDEN(1,NOI,AIF)
      ELSEIF(ITOI.EQ.2) THEN
C
C     IMAGEM IMPROPRIA
C
      WRITE(*,110)
110    FORMAT(/,' ANGULOS DO FEIXE IMPROPRIO:',/,
      DO 125 I=1,NOI
115    WRITE(*,120) I
120    FORMAT(/,' ANGULO(',I2.2,')= ',\))
      READ(*,'(D16.10)',ERR=115) SIGF(I)
      SIGF(I)=SIGF(I)/CODPI
125    CONTINUE
      CALL ORDEN(1,NOI,SIGF)
      ELSE
      GOTO 76
      ENDIF
      ELSE
      GOTO 15
      ENDIF
      RETURN
END
C*****
C
C     SUBROTINA DE ORDENAMENTO
C
      SUBROUTINE ORDEN(II,IG,H)
$INCLUDE:'DADOS.FOR'
      INTRINSIC MIN,DABS,SIGN
      DO 10 I=II,IG
          VMIN=DABS(H(I))
          SN=SIGN(1.0D+00,H(I))
          DO 10 J=I,IG

```

```

        VMIN=MIN(DABS(H(J)),VMIN)
        IF(DABS(VMIN-DABS(H(I))) .LE. NULO) THEN
            H(I)=VMIN*SN
        ELSE
            H(J)=H(I)
            H(I)=VMIN*SN
        ENDIF
10    CONTINUE
30    RETURN
END

*****
C
C    SUBROTINA PRINCIPAL PARA A EDICAO DO SISTEMA OPTICO
C
SUBROUTINE SEDI(ITED)
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
    DIMENSION IC(0:11)
CHARACTER OP*1
    EXTERNAL IEMINT,LRC,LC,MEOPT,LIR,LIMPA,LD1610,LI2,ONDA,VIDR,HGR
    EXTERNAL POSCUR,LETECS,SELPAG
    INTRINSIC DABS
C
C    TIPO DE EDICAO ITED=1 TEMOS ARQUIVO NOVO
C    ITED=2 TEMOS ARQUIVO PARA ATUALIZACAO
C
    IF(ITED.EQ.1) THEN
        DO 5 I=1,INI
5        CALL LIMPA(I)
        INI=1
        ICOM=3
        COM(1)=0.5875618D+00
        COM(2)=0.4861327D+00
        COM(3)=0.6562725D+00
        COM(4)=0.0000000D+00
        COM(5)=0.0000000D+00
        COM(6)=0.0000000D+00
        COM(7)=0.0000000D+00
    ELSE
        CALL LDCO(1)
    ENDIF
C
C    DEFINICAO DO PARAMETRO INICIAL DO CONTROLE DE EDICAO PARA PRIMEIRA
C    INTERFACE
C
IA=01
C
C    DEFINICAO DA MATRIZ DO MONITOR
C JL=12 LINHAS DE EDICAO
C
    DO 10 I=0,11
IC(I)= 0
    IF(I.GE.5) IC(I)=1
10    CONTINUE
        IC(1)=01
    IC(2)=02
        IC(3)=01
C
C    PARAMETROS ATUAIS PARA A INTERFACE IA E POSICIONAMENTO DE LEITURA
C    NA SEGUNDA LINHA
C
        JL=1
JC=0
20    IF(DABS( CU(IA)) .LE. .0000000001D+00) RC(IA)= .9999999999D+99
        IF(DABS(VKZ(IA)) .LE. .0000000001D+00) THEN
            VKX(IA)= .0D+00
            VKY(IA)= .0D+00
            VKZ(IA)= .1D+01
        ENDIF
        CALL SELPAG(0)
CALL HGR(3)
        WRITE(*,'(1H ,\)' )

```

```

CALL POSCUR(0,0,0)
  WRITE(*,25) IA,RC(IA),CU(IA),VKX(IA),VKY(IA),VKZ(IA),
  +E(IA),TI(IA),RI(IA),IA,VIDRO1(IA),VIDRO2(IA),IA+1,VIDRO1(IA+1),
  +VIDRO2(IA+1)
25 FORMAT(34X,'INTERFACE (',I2.2,')',//,
+1X,12X,'RC= ',D16.10,3X,'CU= ',D16.10,/,
+1X,'VK= ( ',D16.10,', ',D16.10,', ',D16.10,', )',//,
+1X,'ES= ',D16.10,4X,'TI= ',I2.1,/,1X,'RI= ',D16.10,/,
+3X,'MO(',I2.2,') = ',A6,' / ',A6,
+27X,'MO(',I2.2,') = ',A6,' / ',A6,/,
+6X,'INDICE DE REFRAÇÃO',8X,'COMP. DE ONDA (um)',
+8X,'INDICE DE REFRAÇÃO',\
  DO 30 J=1,ICOM
CALL POSCUR(10,12+J,0)
  WRITE(*,'(F8.6,\)') IR(IA,J)
CALL POSCUR(35,12+J,0)
  WRITE(*,'(F10.7,\)') COM(J)
CALL POSCUR(62,12+J,0)
  WRITE(*,'(F8.6,\)') IR(IA+1,J)
30 CONTINUE
  CALL POSCUR(0,20,0)
WRITE(*,40) INI
40 FORMAT('INS= Inserir | DEL= Eliminar | P.UP= Inter. Posterior | P.
+DOWN= Inter. Anterior',/,
+1X,'Numero de Interfaces - NI = ',I2.2,3X,'F1-Seleciona Compriment
+o de Onda',/,
+1X,'CU- Curvatura',2X,'RC- Raio de Curvatura',2X,'F2-Recalcula Ind
+ice de Refracao',/,
+1X,'VK- Versor de Orientacao do Centro de Curvatura',/,
+1X,'ES- Espessura',3X,'TI- Tipo da Interface',3X,'RI- Raio da Inte
+rface',\
C
C   SELECAO DA OPCAO PARA LEITURA
C
50 IF(JL.EQ. 0.AND.JC.EQ. 0) CALL POSCUR(45, 0,0)
  IF(JL.EQ. 1.AND.JC.EQ. 0) CALL POSCUR(16, 2,0)
  IF(JL.EQ. 1.AND.JC.EQ. 1) CALL POSCUR(39, 2,0)
  IF(JL.EQ. 2.AND.JC.EQ. 0) CALL POSCUR( 6, 4,0)
  IF(JL.EQ. 2.AND.JC.EQ. 1) CALL POSCUR(25, 4,0)
  IF(JL.EQ. 2.AND.JC.EQ. 2) CALL POSCUR(44, 4,0)
  IF(JL.EQ. 3.AND.JC.EQ. 0) CALL POSCUR( 4, 6,0)
  IF(JL.EQ. 3.AND.JC.EQ. 1) CALL POSCUR(29, 6,0)
  IF(JL.EQ. 4.AND.JC.EQ. 0) CALL POSCUR( 4, 8,0)
IF(IA.EQ.1.AND.JL.GE.5.AND.JCI.EQ.1) JC=1
IF(IA.EQ.1.AND.JC.EQ.0) THEN
  IF(JL.EQ. 5) CALL POSCUR(11,10,0)
  DO 60,I=1,ICOM
    JLI=5+I
    ILI=12+I
    IF(JL.EQ.JLI) CALL POSCUR(10,ILI,0)
60 CONTINUE
  ENDIF
IF(IA.GT.1.AND.JL.GE.5) JC=1
  IF(JL.EQ. 5.AND.JC.EQ.1) CALL POSCUR(62,10,0)
  DO 70,I=1,ICOM
    JLI=5+I
    ILI=12+I
    IF(JL.EQ.JLI.AND.JC.EQ.1) CALL POSCUR(62,ILI,0)
70 CONTINUE
C
C   LEITURA DOS TECLADO PARA A EDICAO DO MENU DE TELA
C
JCI=JC
CALL LETECS(IT,JT)
C
C   PRESSIONE F1 PARA ALTERAR OS COMPRIMENTOS DE ONDA
C
  IF(IT.EQ.00.AND.JT.EQ.59) CALL ONDA(*20)
C
C   PRESSIONE F2 PARA RECALCULAR OS INDICES DE REFRACAO
C

```

```

      IF(IT.EQ.00.AND.JT.EQ.60) CALL VIDR(IA,JL,JC,*20)
C
C      PRESSIONE ESC PARA SAIR
C
      IF(IT.EQ.27.AND.JT.EQ.1) GOTO 100
C
C      ROTINA PARA INSERIR OU ELIMINAR UMA INTERFACE OU AINDA
C      EFETUAR A MUDANCA DE UMA INTERFACE
C
      CALL IEMINT(IT,JT,IA,INI,JL,JC,*20)
C
C      PARA A LEITURA DO DADO DEVE-SE PRESSIONAR ENTER
C
      IF(IT.EQ.13.AND.JT.EQ.28) THEN
C
C      LEITURA DO NUMERO DA INTERFACE
C
        IF(JL.EQ. 0.AND.JC.EQ. 0) THEN
          CALL LI2(IA,45, 0,*20)
          GOTO 20
        ENDIF
C
C      LEITURA DO RAO DE CURVATURA
C
        IF(JL.EQ. 1.AND.JC.EQ. 0) CALL LRC(IA,*20)
C
C      LEITURA DA CURVATURA
C
        IF(JL.EQ. 1.AND.JC.EQ. 1) CALL LC(IA,*20)
C
C      LEITURA DO VERSOR DE ORIENTACAO DO CENTRO DA INTERFACE
C
        IF(JL.EQ. 2.AND.JC.EQ. 0) CALL LD1610(VKX(IA), 6, 4,*20)
        IF(JL.EQ. 2.AND.JC.EQ. 1) CALL LD1610(VKY(IA),25, 4,*20)
        IF(JL.EQ. 2.AND.JC.EQ. 2) CALL LD1610(VKZ(IA),44, 4,*20)
C
C      LEITURA DA ESPESSURA DA INTERFACE
C
        IF(JL.EQ. 3.AND.JC.EQ. 0) CALL LD1610( E(IA), 4, 6,*20)
C
C      LEITURA DO TIPO DA INTERFACE
C
        IF(JL.EQ. 3.AND.JC.EQ. 1) CALL LI21(TI(IA),29, 6,*20)
C
C      LEITURA DO RAO DA INTERFACE OU RAO DO DIAFRAGMA
C
        IF(JL.EQ. 4.AND.JC.EQ. 0) CALL LD1610( RI(IA), 4, 8,*20)
C
C      LEITURA DO MEIO OPTICO DA INTERFACE
C
        IF(IA.EQ.1.AND.JL.EQ.5.AND.JC.EQ.0) CALL MEOPT(IA,11,10,10,*20)
        IF(JL.EQ. 5.AND.JC.EQ. 1) CALL MEOPT(IA+1,62,10,62,*20)
C
C      LEITURA DO INDICE DE REFRACAO PARA CADA COMPRIMENTO DE ONDA
C
        IF(JL.GE.6.AND.JC.EQ.0) CALL LIR(JL,IA,10,11,*20)
        IF(JL.GE.6.AND.JC.EQ.1) CALL LIR(JL,IA+1,62,62,*20)
C
C
C
      ENDIF
C
C      MOVIMENTO DO CURSORES PARA A PROXIMA LEITURA
C
      CALL CURSOR(JC,JL,IT,JT,IC(JL),11,*50)
C
C      FINAL DO PROGRAMA DE EDICAO
C
100  CALL HGR(3)
      RETURN
      END
*****

```

```

C
C      SUBROTINA PARA INSERIR OU ELIMINAR UMA INTERFACE OU AINDA
C      EFETUAR A MUDANCA DE UMA INTERFACE
C
SUBROUTINE IEMINT(IT,JT,IA,INI,JL,JC,*)
IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H,O-Z)
EXTERNAL INSINT,LIMPA,POSCUR,ELIINT
C
C      PRESSIONE INS PARA INSERIR UMA NOVA INTERFACE
C
IF(IT.EQ.0.AND.JT.EQ.82) THEN
  IF(IA+1.GT.INI) THEN
    INI=INI+1
    IA=IA+1
    JL=1
    JC=0
  ELSE
    CALL INSINT(IA)
    JL=1
    JC=0
    CALL LIMPA(IA)
    CALL POSCUR(4,2,0)
  ENDIF
  GOTO 10
ENDIF
C
C      PRESSIONE DEL PARA ELIMINAR UMA INTERFACE
C
IF(IT.EQ.0.AND.JT.EQ.83) THEN
  CALL ELIINT(IA)
  JL=1
  JC=0
  CALL POSCUR(4,2,0)
  GOTO 10
ENDIF
C
C      PRESSIONE PAGE UP PARA DESLOCAR A INTERFACE POSTERIOR
C
IF(IT.EQ.0.AND.JT.EQ.73) THEN
  IF(IA+1.GT.INI) THEN
    IA=1
  ELSE
    IA=IA+1
  ENDIF
  JL=1
  JC=0
  CALL POSCUR(4,2,0)
  GOTO 10
ENDIF
C
C      PRESSIONE PAGE DOWN PARA DESLOCAR A INTERFACE ANTERIOR
C
IF(IT.EQ.0.AND.JT.EQ.81) THEN
  IF(IA-1.LE.0) THEN
    IA=INI
  ELSE
    IA=IA-1
  ENDIF
  JL=1
  JC=0
  CALL POSCUR(4,2,0)
  GOTO 10
ENDIF
RETURN
10  RETURN 1
END

```

```

C
C      SUBROTINA PARA A LEITURA DO RAO DE CURVATURA
C
SUBROUTINE LRC(IA,*)

```



```

$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
      EXTERNAL LD1610,POSCUR
CALL LD1610( RC(IA),16, 2,*10)
      IF(DABS(RC(IA)).LE..0000000001D+00) THEN
CU(IA)=.9999999999D+99
ELSE
CU(IA)=1.0D+00/RC(IA)
ENDIF
IF(RC(IA).EQ..9999999999D+99) CU(IA)=.0D+00
CALL POSCUR(39, 2,0)
WRITE(*,'(D16.10,\)') CU(IA)
CALL POSCUR(16,2,0)
RETURN
10    RETURN 1
      END
*****
C
C    SUBROTINA PARA A LEITURA DA CURVATURA
C
      SUBROUTINE LC(IA,*)
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
      EXTERNAL LD1610,POSCUR
CALL LD1610( CU(IA),39, 2,*10)
IF(DABS(CU(IA)).LE..0000000001D+00) THEN
RC(IA)=.9999999999D+99
ELSE
RC(IA)=1.0D+00/CU(IA)
ENDIF
CALL POSCUR(16, 2,0)
WRITE(*,'(D16.10,\)') RC(IA)
CALL POSCUR(39,2,0)
RETURN
10    RETURN 1
      END
*****
C
C    CALCULO DO INDICE DE REFRAÇÃO CONFORME INTERPOLAÇÃO EMPREGADA PELA
C    SCHOTT:
C     $REFR^2 = CD0 + CD1*CON^2 + CD2/CON^2 + CD3/CON^4 + CD4/CON^6 +$ 
C     $+ CD5/CON^8$ 
C
C    ONDE:
C    REFR= INDICE DE REFRAÇÃO
C    CON= COMPRIMENTO DE ONDA EM um.
C    CD?= COEFICIENTES DE DISPERSÃO
C
DOUBLE PRECISION FUNCTION REFR(CON,CD0,CD1,CD2,CD3,CD4,CD5)
IMPLICIT DOUBLE PRECISION (A-H,O-Z)
INTRINSIC DSQRT
C2=CON*CON
VX=CD0+CD1*C2+CD2/C2
C4=C2*C2
VX=VX+CD3/C4
C6=C4*C2
VX=VX+CD4/C6
C8=C6*C2
VX=VX+CD5/C8
REFR=DSQRT(VX)
C
RETURN
      END
*****
C
C    MANIPULAÇÃO DOS DADOS DO ARQUIVO DA TABELA DE VIDROS OPTICOS
C    ARQUIVO:- SCHOTT.DAT
C    VO1 - CODIGO DO VIDRO EM CARACTERES ALFA-NUMERICOS
C    VO2 - CODIGO DO VIDRO EM CARACTERES NUMERICOS
C    CD - COEFICIENTES DA FORMULA DE DISPERSÃO DA TABELA SCHOTT
C    ICOD - CODIGO DE CONTROLE
C    ICOD=1 O MEIO OPTICO FOI ENCONTRADO
C    ICOD=2 HOVE ERRO DE LEITURA NO ARQUIVO

```

```

C          ICOD=3 O MEIO OPTICO NAO FOI ENCONTRADO
C
SUBROUTINE VIDRC(VO1,VO2,CD0,CD1,CD2,CD3,CD4,CD5,ICOD)
IMPLICIT DOUBLE PRECISION (A-H,O-Z)
CHARACTER*6 V1,V2,VO1,VO2
IF(VO1.EQ.'AR'.OR.VO1.EQ.' ') THEN
    VO2=' '
    CD0=.1D+01
    CD1=.0D+00
    CD2=.0D+00
    CD3=.0D+00
    CD4=.0D+00
    CD5=.0D+00
    VO1='AR'
    ICOD=1
    GOTO 40
ENDIF
IF(VO1.NE.'AR'.OR.VO1.NE.' ') THEN
    OPEN(1,FILE='SCHOTT.DAT')
    DO 20,I=1,237
    READ(1,10,ERR=30,END=30) V1,V2,CD0,CD1,CD2,CD3,CD4,CD5
10      FORMAT(A6,A6,6D14.8)
        IF(VO1.EQ.V1.OR.VO1.EQ.V2) THEN
            VO1=V1
            VO2=V2
            ICOD=1
            CLOSE(1,STATUS='KEEP')
            GOTO 40
        ENDIF
20      CONTINUE
        ICOD=3
        CLOSE(1,STATUS='KEEP')
        GOTO 40
    ENDIF
30      CLOSE(1,STATUS='KEEP')
    VO1=' '
    VO2=' '
    ICOD=2
40 RETURN
END
*****
C
C      ROTINA PARA EXECUTAR A LEITURA DO MEIO OPTICO
C
SUBROUTINE MEOPT(IA,IJ,IC,JL,*)
$INCLUDE:'DADOS.FOR'
CHARACTER ERR1*42,ERR2*27
EXTERNAL REFR,LA6,VIDRC,POSCUR,MOSTST,LETECS
CALL LA6(VIDRO1(IA),IJ,IC,*60)
CALL VIDRC(VIDRO1(IA),VIDRO2(IA),CD(IA,1),CD(IA,2),CD(IA,3),
+CD(IA,4),CD(IA,5),CD(IA,6),ICOD)
    IF(ICOD.EQ.1) THEN
        CALL POSCUR(IJ,IC,0)
        WRITE(*,'(1X,A6,3H / ,A6,10H ,\ )') VIDRO1(IA),VIDRO2(IA)
        DO 10 J=1,ICOM
            IR(IA,J)=REFR(COM(J),CD(IA,1),CD(IA,2),CD(IA,3),CD(IA,4),
+CD(IA,5),CD(IA,6))
            CALL POSCUR(JL,12+J,0)
        WRITE(*,'(F8.6,\ )') IR(IA,J)
10      CONTINUE
    ENDIF
IF(ICOD.EQ.2) THEN
    ERR1='HOUE ERRO DE LEITURA NO ARQUIVO VIDRO.DAT'
    CALL POSCUR(30,11,0)
    CALL MOSTST(ERR1,0,135,42)
20      CALL LETECS(IT,JT)
    IF(IT.EQ.13.AND.JT.EQ.28) THEN
        CALL POSCUR(30,11,0)
        WRITE(*,30)
30      FORMAT(1X,' ,\ )
        CALL POSCUR(IJ,IC,0)
        WRITE(*,'(1X,15H / ,\ )')

```

```

        CALL POSCUR(IJ,IC,0)
      ELSE
        GOTO 20
      ENDIF
    ENDIF
  IF(ICOD.EQ.3) THEN
    ERR2='NAO EXISTE O VIDRO DESEJADO'
    CALL POSCUR(30,11,0)
    CALL MOSTST(ERR2,0,135,27)
40    CALL LETECS(IT,JT)
    IF(IT.EQ.13.AND.JT.EQ.28) THEN
      CALL POSCUR(30,11,0)
      WRITE(*,50)
50      FORMAT(1X,'
          CALL POSCUR(IJ,IC,0)
          WRITE(*,'(1X,15H /
          CALL POSCUR(IJ,IC,0)
          ELSE
            GOTO 40
          ENDIF
        ENDIF
      RETURN
60 RETURN 1
END
*****
C
C      SUBROTINA PARA A LEITURA DO INDICE DE REFRACAO PARA  CADA COMPRI-
C      MENTO DE ONDA
C
      SUBROUTINE LIR(JL,IA,ICR,ICM,*)
$INCLUDE:'DADOS.FOR'
      EXTERNAL LF86,POSCUR
      ILR=JL+7
      ICA=JL-5
      VRI=IR(IA,ICA)
      CALL LF86(IR(IA,ICA),ICR,ILR,*20)
      IF(VRI.NE.IR(IA,ICA)) THEN
        VIDRO1(IA)='!!!!!!'
        VIDRO2(IA)='!!!!!!'
        DO 10 J=1,6
          CD(IA,J)=.0D+00
10      CONTINUE
        CALL POSCUR(ICM,10,0)
        WRITE(*,'(A6,3H / ,A6,\)') VIDRO1(IA),VIDRO2(IA)
        CALL POSCUR(ICR,ILR,0)
      ENDIF
      RETURN
20 RETURN 1
END
*****
C
C      SUBROTINA PARA INSERIR UMA INTERFACE
C
      SUBROUTINE INSINT(IA)
$INCLUDE:'DADOS.FOR'
      INI=INI+1
      DO 10,J=INI-1,IA+1,-1
        E(J)=E(J-1)
10      CONTINUE
        DO 20,J=INI,IA+1,-1
          TI(J)=TI(J-1)
          RC(J)=RC(J-1)
          CU(J)=CU(J-1)
          RI(J)=RI(J-1)
          VKX(J)=VKX(J-1)
          VKY(J)=VKY(J-1)
          VKZ(J)=VKZ(J-1)
20      CONTINUE
        DO 50,J=INI+1,IA+1,-1
          VIDRO1(J)=VIDRO1(J-1)
          VIDRO2(J)=VIDRO2(J-1)
        DO 30,I=1,ICOM

```

```

IR(J,I)=IR(J-1,I)
30 CONTINUE
DO 40,I=1,6
CD(J,I)=CD(J-1,I)
40 CONTINUE
50 CONTINUE
RETURN
END
*****
C
C SUBROTINA PARA ELIMINAR UMA INTERFACE
C
SUBROUTINE ELIINT(IA)
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
IF(INI.NE.1) THEN
INI=INI-1
DO 10,J=IA,INI-1
E(J)=E(J+1)
10 CONTINUE
DO 20,J=IA,INI
TI(J)=TI(J+1)
RC(J)=RC(J+1)
CU(J)=CU(J+1)
RI(J)=RI(J+1)
VKX(J)=VKX(J+1)
VKY(J)=VKY(J+1)
VKZ(J)=VKZ(J+1)
20 CONTINUE
DO 50,J=IA,INI+1
VIDRO1(J)=VIDRO1(J+1)
VIDRO2(J)=VIDRO2(J+1)
DO 30,I=1,ICOM
IR(J,I)=IR(J+1,I)
30 CONTINUE
DO 40,I=1,6
CD(J,I)=CD(J+1,I)
40 CONTINUE
50 CONTINUE
E(INI)=.0D+00
TI(INI+1)=.0D+00
RC(INI+1)=.0D+00
CU(INI+1)=.0D+00
RI(INI+1)=.0D+00
VKX(INI+1)=.0D+00
VKY(INI+1)=.0D+00
VKZ(INI+1)=.0D+00
VIDRO1(INI+2)=', '
VIDRO2(INI+2)=', '
IF(IA.EQ.INI+1) IA=INI
ENDIF
60 RETURN
END
*****
C
C SUBROTINA PARA LIMPAR O VETOR ATUAL DE DADOS
C
SUBROUTINE LIMPA(IA)
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
TI(IA)=1
CU(IA)=.0D+00
RC(IA)=.0D+00
VKX(IA)=.0D+00
VKY(IA)=.0D+00
VKZ(IA)=.0D+00
E(IA)=.0D+00
RI(IA)=.0D+00
VIDRO1(IA)=', '
VIDRO2(IA)=VIDRO1(IA)
VIDRO1(IA+1)=VIDRO1(IA)
VIDRO2(IA+1)=VIDRO1(IA)
DO 10 J=1,ICOM
IR(IA,J)=.0D+00

```

```

IR(IA+1,J)=.0D+00
10 CONTINUE
RETURN
END

```

```

C
C   ROTINA PARA EFETUAR UMA LEITURA DE UMA VARIAVEL REAL DE PRECISAO
C   DUPLA NO FORMATO D16.10
C   VX= VARIAVEL REAL
C   IC= NUMERO DA COLUNA
C   IL= NUMERO DA LINHA
C
      SUBROUTINE LD1610(VX,IC,JC,*)
      IMPLICIT DOUBLE PRECISION (A-H,O-Z)
INTRINSIC DABS
      EXTERNAL POSCUR
      CALL POSCUR(IC,JC,0)
      WRITE(*,'(16H??????????D+??,\)')
      CALL POSCUR(IC,JC,0)
      READ (*,'(D16.10)',ERR=10) VI
      IF(DABS(VI).LE..0000000001D+00) THEN
        CONTINUE
      ELSE
        VX=VI
      ENDIF
      5   CALL POSCUR(IC,JC,0)
      WRITE(*,'(1X,D16.10,\)') VX
      CALL POSCUR(IC,JC,0)
      RETURN
10   RETURN 1
END

```

```

C
C   ROTINA PARA EFETUAR UMA LEITURA DE UMA VARIAVEL REAL DE PRECISAO
C   DUPLA NO FORMATO F8.6
C   VX= VARIAVEL REAL
C   IC= NUMERO DA COLUNA
C   IL= NUMERO DA LINHA
C
      SUBROUTINE LF86(VX,IC,JC,*)
      IMPLICIT DOUBLE PRECISION (A-H,O-Z)
INTRINSIC DABS
      EXTERNAL POSCUR
      CALL POSCUR(IC,JC,0)
      WRITE(*,'(8H???????,5H      ,\)')
      CALL POSCUR(IC,JC,0)
      READ (*,'(F8.6)',ERR=10) VI
      IF(DABS(VI).LT..1D-08) THEN
        CONTINUE
      ELSE
        VX=VI
      ENDIF
      CALL POSCUR(IC,JC,0)
      WRITE(*,'(1X,F8.6,\)') VX
      CALL POSCUR(IC,JC,0)
      RETURN
10   RETURN 1
END

```

```

C
C   ROTINA PARA EFETUAR UMA LEITURA DE UMA PALAVRA NO FORMATO A1
C   P1= PALAVRA DE UM CARACTER
C   IC= NUMERO DA COLUNA
C   IL= NUMERO DA LINHA
C
      SUBROUTINE LA1(P1,IC,JC,*)
      IMPLICIT DOUBLE PRECISION (A-H,O-Z)
      CHARACTER P1*1,PI*1
INTRINSIC DABS
      EXTERNAL POSCUR
      ZER=1.0D-06

```

```

CALL POSCUR(IC,JC,0)
WRITE(*,'(1H?,\)\')
CALL POSCUR(IC,JC,0)
READ (*,'(A1)',ERR=10) PI
IF(PI.NE.'I'.OR.PI.NE.'E') THEN
CALL POSCUR(IC,JC,0)
WRITE(*,'(3H?,\)\')
CALL POSCUR(IC,JC,0)
GOTO 10
ENDIF
P1=PI
CALL POSCUR(IC,JC,0)
WRITE(*,'(1X,A1,\)\') P1
CALL POSCUR(IC,JC,0)
RETURN
10 RETURN 1
END

```

```

C
C   ROTINA PARA EFETUAR UMA LEITURA DE UMA PALAVRA NO FORMATO A6
C   P6= PALAVRA DE SEIS CARACTERES
C   IC= NUMERO DA COLUNA
C   IL= NUMERO DA LINHA
C

```

```

      SUBROUTINE LA6(P6,IC,JC,*)
      IMPLICIT DOUBLE PRECISION (A-H,O-Z)
      CHARACTER P6*6,PI*6
      EXTERNAL POSCUR
      CALL POSCUR(IC,JC,0)
      WRITE(*,'(6H??????,\)\')
      CALL POSCUR(IC,JC,0)
      READ (*,'(A6)',ERR=10) P6
      CALL POSCUR(IC,JC,0)
      RETURN
10 RETURN 1
END

```

```

C
C   ROTINA PARA EFETUAR UMA LEITURA DE UMA VARIÁVEL INTEIRA NO FORMA-
C   TO I2
C   IV= VARIÁVEL INTEIRA
C   IC= NUMERO DA COLUNA
C   IL= NUMERO DA LINHA
C

```

```

      SUBROUTINE LI2(IV,IC,JC,*)
      IMPLICIT DOUBLE PRECISION (A-H,O-Z)
      INTRINSIC IABS
      EXTERNAL POSCUR
      IZER=0
      CALL POSCUR(IC,JC,0)
      WRITE(*,'(2H??,\)\')
      CALL POSCUR(IC,JC,0)
      READ (*,'(I2)',ERR=10) II
      IF(IABS(II).GT.ZER) IV=II
      CALL POSCUR(IC,JC,0)
      WRITE(*,'(1X,I2.2,\)\') IV
      CALL POSCUR(IC,JC,0)
      RETURN
10 RETURN 1
END

```

```

C
C   ROTINA PARA EFETUAR UMA LEITURA DE UMA VARIÁVEL INTEIRA NO FORMA-
C   TO I2.1
C   IV= VARIÁVEL INTEIRA
C   IC= NUMERO DA COLUNA
C   IL= NUMERO DA LINHA
C

```

```

      SUBROUTINE LI21(IV,IC,JC,*)
      IMPLICIT DOUBLE PRECISION (A-H,O-Z)
      INTRINSIC IABS
      EXTERNAL POSCUR

```

```

IZER=0
CALL POSCUR(IC,JC,0)
WRITE(*,'(2H??,\)')
CALL POSCUR(IC,JC,0)
READ (*,'(I2.1)',ERR=10) II
IF(IABS(II).GT.ZER) IV=II
CALL POSCUR(IC,JC,0)
WRITE(*,'(1X,I2.1,\)') IV
CALL POSCUR(IC,JC,0)
RETURN
10 RETURN 1
END
*****
C
C   ROTINA PARA EXECUTAR MOVIMENTOS BIDIMENSIONAIS DENTRO DE UM MENU
C   NO MONITOR ONDE:
C       IL= NUMERO DE LINHAS
C       JL= POSICIONAMENTO ATUAL NA LINHA JL
C       IC= NUMERO DE COLUNAS NA LINHA JL
C       JC= POSICIONAMENTO ATUAL NA COLUNA JC
C   IT e JT CODIGO DE LEITURA DOS CURSORES
C   * POSICAO DE RETORNO PREVISTA NO PROGRAMA PRINCIPAL
C
C   SUBROUTINE CURSOR(JC,JL,IT,JT,IC,IL,*)
C   IMPLICIT DOUBLE PRECISION (A-H,O-Z)
C
C   DESLOCA O CURSOR PARA CIMA
C
C   IF(IT.EQ.0.AND.JT.EQ.72) THEN
C       JL=JL-1
C       JC=0
C       IF(JL.EQ.-1) JL=IL
C   ENDIF
C
C   DESLOCA O CURSOR PARA BAIXO
C
C   IF(IT.EQ.0.AND.JT.EQ.80) THEN
C       JL=JL+1
C       JC=0
C       IF(JL.EQ.(IL+1)) JL=0
C   ENDIF
C
C   DESLOCA O CURSOR PARA A DIREITA
C
C   IF(IT.EQ.0.AND.JT.EQ.77) THEN
C       JC=JC+1
C       IF(JC.EQ.(IC+1)) JC=0
C   ENDIF
C
C   DESLOCA O CURSOR PARA A ESQUERDA
C
C   IF(IT.EQ.0.AND.JT.EQ.75) THEN
C       JC=JC-1
C       IF(JC.EQ.-1) JC=IC
C   ENDIF
C   RETURN 1
C   END
*****
C
C   SUBROTINA PARA EXECUTAR A LEITURA DA POSICAO DO CURSOR
C
C   SUBROUTINE ONDCUR(*)
C   EXTERNAL POSCUR,LETECS,CURSOR
C
C   JL=0
C   JC=0
C   10 CALL POSCUR(0,0,0)
C       WRITE(*,'(2HC=,I2.2,2HL=,I2.2,\)') JC,JL
C   CALL POSCUR(JC,JL,0)
C       CALL LETECS(IT,JT)
C   IF(IT.EQ.27.AND.JT.EQ.1) GOTO 100
C       CALL CURSOR(JC,JL,IT,JT,79,24,*10)
C   100 CALL POSCUR(0,0,0)

```

```

        WRITE(*,'(8H          ,\)' )
RETURN 1
END
*****
C
C      SUBROTINA PARA MUDAR OS COMPRIMENTOS DE ONDA
C
      SUBROUTINE ONDA(*)
$INCLUDE:'DADOS.FOR'
      CHARACTER*1 VWL
      EXTERNAL SELPAG,HGR,LETECS
      CALL SELPAG(3)
5      CALL HGR(3)
      WRITE(*,50)
50     FORMAT(' COMPRIMENTOS DE ONDA PADRAO [um]:',//,
+           ' SIM=S OU NAO=N      Resp= ',\ )
      CALL LETECS(IK,JK)
      IF(IK.EQ.83.AND.JK.EQ.31) THEN
        ICOM=3
        COM(1)=0.5875618D+00
        COM(2)=0.4861327D+00
        COM(3)=0.6562725D+00
        COM(4)=0.0000000D+00
        COM(5)=0.0000000D+00
        COM(6)=0.0000000D+00
        COM(7)=0.0000000D+00
        RETURN 1
      ENDIF
      IF(IK.EQ.78.AND.JK.EQ.49) THEN
10     WRITE(*,10)
        FORMAT('/', ' N. DE COMPR. DE ONDA = ',\ )
        READ(*,'(I2.2)',ERR=5) ICOM
        DO 25 I=1,ICOM
15     WRITE(*,20) I
20     FORMAT('/', ' COMPR. DE ONDA(',I2.2,')= ',\ )
25     READ(*,'(D16.10)',ERR=15) COM(I)
        RETURN 1
      ENDIF
      GOTO 5
      RETURN
      END
*****
C
C      SUBROTINA PARA RECALCULAR TODOS OS INDICES DE REFRACAO
C
      SUBROUTINE VIDR(IA,JL,JC,*)
$INCLUDE:'DADOS.FOR'
      EXTERNAL REFR
      DO 10 I=1,INI+1
      DO 10 J=1,ICOM
10     IR(I,J)=REFR(COM(J),CD(I,1),CD(I,2),CD(I,3),CD(I,4),
+           CD(I,5),CD(I,6))
      IA=1
      JL=1
      JC=0
      RETURN 1
      END
*****

```


B.4 Programa PARA.FOR

```

$DEBUG
C*****
C
C      APRESENTACAO DOS DADOS DA AVALIACAO PARAXIAL
C
      SUBROUTINE PARA
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
      EXTERNAL FOAFO,RELOI,DIABE,DIACA,ABERT,REPAR,HGR,LETECS
      EXTERNAL CAPAR,GDCO
1  CALL FOAFO
      CALL RELOI
      CALL DIABE
      CALL DIACA
      CALL ABERT
      CALL REPAR
5   CALL HGR(2)
      WRITE(*,10)
10  FORMAT(' AVALIACAO PARAXIAL PELO INVARIANTE DE ABBE',///,
1      ,          FOCO = F1',/,
1      ,          PUPILA DE ENTRADA = F2',/,
1      ,          ABERTURA = F3',/,
1      ,          OBJETO-IMAGEM = F4',/,
1      ,          PUPILA DE CAMPO = F5',/,
1      ,          VINHETA = F6',/,
1      ,          ALTERAR OBJETO-IMAGEM = F7',/,
1      ,          RETORNO = ESC',/,
1      ,          OPCAO = ',\')
      CALL LETECS(IK,JK)
      IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.59) GOTO 100
      IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.60) GOTO 200
      IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.61) GOTO 300
      IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.62) GOTO 400
      IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.63) GOTO 500
      IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.64) GOTO 600
      IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.65) GOTO 700
      IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 800
      GOTO 5
C
C      DADOS SOBRE O TIPO DE SISTEMA OPTICO
C
100  CALL HGR(2)
      WRITE(*,*) ' FOCO DO SISTEMA OPTICO'
      IF(IFA.EQ.1) WRITE(*,105)
      IF(IFA.EQ.2) WRITE(*,106)
105  FORMAT(' SISTEMA OPTICO FOCAL',/)
106  FORMAT(' SISTEMA OPTICO AFOCAL',/)
      WRITE(*,110) FO,FSO,SHO,SNO
110  FORMAT(/,' FO= ',E11.5,' FSO= ',E11.5,/,
+      , SHO= ',E11.5,' SNO= ',E11.5,/)
      WRITE(*,120) FI,FSI,SHI,SNI
120  FORMAT(/,' FI= ',E11.5,' FSI= ',E11.5,/,
+      , SHI= ',E11.5,' SNI= ',E11.5,/)
      IF(IFA.EQ.2) WRITE(*,130) AASA,ATP
130  FORMAT(' AASA= ',E11.5,' ATP= ',E11.5)
135  CALL LETECS(IK,JK)
      IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 5
      GOTO 135
C
C      DADOS SOBRE A PUPILA DO SISTEMA OPTICO
C
200  CALL HGR(2)
      WRITE(*,*) ' PUPILA DO DIAFRAGMA DO SISTEMA OPTICO'
      WRITE(*,215) IDIA,FDIA
215  FORMAT(/,' IDIA= ',I2.2,9X,' FDIA= ',E11.5)
      WRITE(*,220) SPE,RPE
220  FORMAT(/,' SPE= ',E11.5,' RPE= ',E11.5)
      WRITE(*,225) SPS,RPS
225  FORMAT(/,' SPS= ',E11.5,' RPS= ',E11.5)
230  CALL LETECS(IK,JK)
      IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 5

```

```

      GOTO 230
C
C      DADOS SOBRE A ABERTURA DO SISTEMA OPTICO
C
300  CALL HGR(2)
      WRITE(*,*) ' RELACOES DE ABERTURA DO SISTEMA OPTICO'
      WRITE(*,315) ABRE,NUDI
315  FORMAT(/,' ABRE= ',E11.5,' NUDI= ',E11.5)
      IF(ITO.EQ.1) THEN
      WRITE(*,320) ABNU
320  FORMAT(/,' ABNU= ',E11.5)
      ENDIF
325  CALL LETECS(IK,JK)
      IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 5
GOTO 325
C
C      DADOS SOBRE A RELACAO OBJETO IMAGEM
C
400  CALL HGR(2)
      WRITE(*,*) ' RELACAO OBJETO - IMAGEM'
405  FORMAT(' OBJETO FINITO ',10X,\)
410  FORMAT(' OBJETO IMPROPRIO',10X,\)
415  FORMAT(' IMAGEM FINITA ',/)
420  FORMAT(' IMAGEM IMPROPRIA',/)
      IF(ITO.EQ.1.AND.ITI.EQ.1) THEN
      WRITE(*,405)
      WRITE(*,415)
      WRITE(*,425) DOI,DIF,ATOI,DOIH,DIFH
425  FORMAT(' DOI= ',E11.5,' DIF= ',E11.5,' ATOI= ',E11.5/,
+ ' DOIH= ',E11.5,' DIFH= ',E11.5,/)
      WRITE(*,*) ' ALTURA DO OBJETO ALTURA DA IMAGEM'
      DO 430 I=1,NOI
430  WRITE(*,'(4X,E11.5,13X,E11.5)') AOI(I),AIF(I)
      ENDIF
      IF(ITO.EQ.1.AND.ITI.EQ.2) THEN
      WRITE(*,405)
      WRITE(*,420)
      WRITE(*,435) DOI,DOIH
435  FORMAT(' DOI= ',E11.5,' DOIH= ',E11.5,/)
      WRITE(*,*) ' ALTURA DO OBJETO ANGULO DO FEIXE IMPROPRIO '
      DO 440 I=1,NOI
440  WRITE(*,'(4X,E11.5,13X,E11.5)') AOI(I),SIGF(I)*CODPI
      ENDIF
      IF(ITO.EQ.2.AND.ITI.EQ.1) THEN
      WRITE(*,410)
      WRITE(*,415)
      WRITE(*,445) DIF,DIFH
445  FORMAT(5X,' DIF= ',E11.5,' DIFH= ',E11.5/,
+ ' ANGULO DO FEIXE IMPROPRIO ALTURA DA IMAGEM',/)
      DO 450 I=1,NOI
450  WRITE(*,'(4X,E11.5,13X,E11.5)') SIGI(I)*CODPI,AIF(I)
      ENDIF
      IF(ITO.EQ.2.AND.ITI.EQ.2) THEN
      WRITE(*,410)
      WRITE(*,420)
      WRITE(*,455)
455  FORMAT(' OBJETO IMPROPRIO IMAGEM IMPROPRIA',/
+ ' ANGULO DO FEIXE IMPROPRIO ANGULO DO FEIXE IMPROPRIO',/)
      DO 460 I=1,NOI
460  WRITE(*,'(4X,E11.5,13X,E11.5)') SIGI(I)*CODPI,SIGF(I)*CODPI
      ENDIF
465  CALL LETECS(IK,JK)
      IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 5
GOTO 465
C
C      DADOS SOBRE A PUPILA DE CAMPO
C
500  CALL HGR(2)
      WRITE(*,*) ' PUPILA DE CAMPO DO SISTEMA OPTICO'
      WRITE(*,510) ICAM,FCAM
510  FORMAT(/,' ICAM= ',I2.2,9X,' FCAM= ',E11.5)

```

```

WRITE(*,560)SJE,RJE
560 FORMAT(/,' SJE= ',E11.5,' RJE= ',E11.5)
WRITE(*,570)SJS,RJS
570 FORMAT(/,' SJS= ',E11.5,' RJS= ',E11.5)
575 CALL LETECS(IK,JK)
    IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 5
    GOTO 575

C
C   DADOS SOBRE A PASSAGEM DOS RAIOS EXTERNOS PARAXIAIS
C
600 CALL HGR(2)
WRITE(*,*)' ALTURAS DE ENTRADA DO RAIOS EXTERNOS PARAXIAIS'
    WRITE(*,605)
605  FORMAT(' OBJ',3X,' IIP',5X,' API',7X,' ISP',6X,' APS',11X,'AERP')
    DO 620 I=1,NOI
    IF(IIP(I).EQ.0.AND.ISP(I).EQ.0) THEN
        WRITE(*,610) I
610  FORMAT(1X,I3.3,' NAO HA PASSAGEM DESTES RAIOS')
    ELSE
        WRITE(*,615) I,IIP(I),API(I),ISP(I),APS(I),AERP(I)
615  FORMAT(1X,I3.3,4X,I3.3,2X,E11.5,4X,I3.3,2X,E11.5,5X,E11.5)
    ENDIF
620  CONTINUE
625  CALL LETECS(IK,JK)
    IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 5
    GOTO 625

C
C   ALTERAR A RELACAO ENTRE OBJETO E IMAGEM
C
700  CALL OBIM(1)
    GOTO 1

C
800  CALL GDCO(1)
CALL HGR(2)
RETURN
END
C*****
C
C SUBROTINA PARA CALCULO PARAXIAL ATRAVES DO INVARIANTE DE ABEE
C
C   ISC- [ 1 ou -1 ] SELECAO DO SENTIDO DE CALCULO
C         1 - CALCULO DA ESQUERDA PARA A DIREITA
C        -1 - CALCULO DA DIREITA PARA A ESQUERDA
C   ICO- [ 1 A 6] SELECAO DO COMPRIMENTO DE ONDA
C   IAL- SE IAL=1 DETERMINA O CALCULO DA RAZAO DE ALTURA LIVRE
C   IRT- INTERFACE DE RESTRICAO DO TRACADO
C   RAL- RAZAO DA ALTURA LIVRE
C   IIC- INTERFACE DE INICIO DO CALCULO
C   IFC- INTERFACE FINAL DO CALCULO
C   HII- ALTURA DE INTERCEPTACAO NA INTERFACE IIC
C   ACI- ANGULO DE CORTE DO RAO NO EIXO OPTICO A INTERFACE IIC
C   HIF- ALTURA DE INTERCEPTACAO NA INTERFACE IFC
C   ACF- ANGULO DE CORTE DO RAO NO EIXO OPTICO A INTERFACE IFC
C   H- VETOR DAS ALTURAS DE INTERCEPTACAO DO RAO NAS INTERFACES
C   RI- RAO DA INTERFACE
C   CU- CURVATURA
C   IR- INDICE DE REFRACAO
C   TI- TIPO DE INTERFACE (TI=1 REFRACAO; TI=-1 REFLEXAO)
C
SUBROUTINE CAPAR(ISC,ICO,IAL,IRT,RAL,IIC,IFC,HII,ACI,HIF,ACF,H)
$INCLUDE:'DADOS.FOR'
    INTRINSIC DABS
    IF(ISC.EQ.1) THEN
C
C   PARAMETROS PARA O CALCULO DA ESQUERDA PARA A DIREITA
C
ISC1=0
ISC2=1
ISC3=0
    ELSE
C
C   PARAMETROS PARA O CALCULO DA DIREITA PARA A ESQUERDA

```

```

C
ISC1=1
ISC2=0
ISC3=1
    ENDIF
    HIF=HII
H(IIC)=HII
    ACF=ACI
    IF(IAL.EQ.1) THEN
        RAL=DABS(HIF)/RI(IIC)
        IRT=IIC
    ENDIF
C
C CALCULO PARAXIAL
C
    DO 100,I=IIC,IFC,ISC
        RN=IR(I+ISC1,ICO)/IR(I+ISC2,ICO)
        ACF=RN*ACF+(.1D+01-RN)*HIF*CU(I)
        IF(IAL.EQ.1.AND.I.NE.IFC) THEN
            HIF=HIF-ACF*E(I-ISC3)*ISC
            H(I+ISC)=HIF
            FRH=DABS(HIF)/RI(I+ISC)
            IF(FRH.GT.RAL) THEN
                IRT=I+ISC
                RAL=FRH
            ENDIF
        ELSE
            IF(I.NE.IFC) THEN
                HIF=HIF-ACF*E(I-ISC3)*ISC
                H(I+ISC)=HIF
            ENDIF
        ENDIF
    100 CONTINUE
RETURN
END
C*****
C
C SISTEMAS OPTICOS FOCAIS E AFOCAIS
C
SUBROUTINE FOAFO
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
    INTRINSIC DABS
    EXTERNAL CAPAR
C
C    CONDICAO INICIAL HII=UNID E ACI=.0D+00
C
CALL CAPAR(1,1,1,IATP,FVTP,1,INI,UNID,.0D+00,HIF,ACF,H)
    IF(DABS(ACF).LE.NULO) THEN
C
C    O SISTEMA OPTICO E' AFOCAL
C
        IFA=2
C
C    CALCULO DOS ELEMENTOS CARDINAIS
C
        ATP=UNID/HIF
        FI=.9D+99
        FSI=.9D+99
        SHI=.0D+00
        ANIH=.0D+00
        SNI=.0D+00
        FO=-.9D+99
        FSO=-.9D+99
        SHO=.0D+00
        ANOH=.0D+00
        SNO=.0D+00
C
C    CALCULO DO AUMENTO ANGULAR
C
        CALL CAPAR(1,1,0,IV,VR,1,INI,.0D+00,UNID,HIF,AASA,H)
    ELSE
C

```

```

C      O SISTEMA OPTICO E' FOCAL
C
C      CALCULO DO ELEMENTOS CARDINAIS NO ESPACO IMAGEM
C
      FI=UNID/ACF
      FSI=HIF/ACF
SHI=FSI-FI
      IF(VIDRO1(1).EQ.VIDRO1(INI+1)) THEN
C
C      ANIH= DISTANCIA DO PLA. NODAL AO PLA. PRINCIPAL H'
C
      ANIH=.OD+OO
      SNI=SHI
      ELSE
      ANIH=FI*(UNID-IR(1,1)/IR(INI+1,1))
      SNI=SHI+ANIH
      ENDIF

C
C      CALCULO DO ELEMENTOS CARDINAIS NO ESPACO OBJETO
C
CALL CAPAR(-1,1,0,IV,VR,INI,1,UNID,.OD+OO,HIF,ACF,H)
      FO=UNID/ACF
      FSO=HIF/ACF
      SHO=FSO-FO
      ANOH=ANIH
      SNO=SHO+ANOH
      IFA=1
      ENDIF
      RETURN
      END
C*****
C
C      CALCULO DOS PARAMETROS RELATIVOS AO OBJETO E A IMAGEM PARA DETERMI
C      NAR O TIPO DE SISTEMA OPTICO EM AVALIACAO
C
SUBROUTINE RELOI
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
      INTRINSIC DABS,DATAN,DTAN
      EXTERNAL CAPAR
      IF(IFA.EQ.1) THEN
C
C      O SISTEMA OPTICO E' FOCAL (IFA=1)
C
      IF(IEO.EQ.1) THEN
C
C      A INFORMACAO INICIAL E' DADA PELO ESPACO OBJETO IEO=1
C
      IF(ITOI.EQ.1) THEN
      ITO=1
C
C      NO ESPACO OBJETO TEMOS OBJETO FINITO ITO=1
C
      IF(DABS(FSO-DOI).LE.NULO) THEN
C
C      O OBJETO COINCIDE COM O FOCO DO ESPACO OBJETO
C
      DOI=FSO
      DOIH=FO
      DO 10 I=1,NOI
      SIGF(I)=AOI(I)/(SNO-DOI)
      SIGF(I)=DATAN(SIGF(I))
10      CONTINUE
      ITI=2
      ELSE
C
C      O OBJETO NAO COINCIDE COM O FOCO NO ESPACO OBJETO
C
      DOIH=DOI-SHO
      HII=UNID
      ACI=UNID/DOI
C

```

```

C          CALCULO DA POSICAO DA IMAGEM
C
C          CALL CAPAR(1,1,0,IV,VR,1,INI,HII,ACI,HIF,ACF,H)
DIF=HIF/ACF
DIFH=DIF-SHI
C
C          CALCULO PARA DETERMINAR O AUMENTO TRANSVERSAL
C
C          ATOI=UNID-DIFH/FI
C
C          CALCULO DA ALTURA DAS IMAGENS
C
C          DO 20 I=1,NOI
AIF(I)=ATOI*AOI(I)
20    CONTINUE
C          ITI=1
ENDIF
C          ELSE
C
C          NO ESPACO OBJETO TEMOS OBJETO IMPROPRIO
C          A IMAGEM ESTA SOBRE O PLANO FOCAL DO ESPACO IMAGEM
C
C          ITO=2
DIF=FSI
DIFH=FI
C
C          CALCULO DA ALTURA DAS IMAGENS
C
C          DO 30 I=1,NOI
AIF(I)=DTAN(SIGI(I))
AIF(I)=AIF(I)*(ANIH-FI)
30    CONTINUE
C          ITI=1
ENDIF
C          ELSE
C
C          A INFORMACAO INICIAL E' DADA PELO ESPACO IMAGEM (IEO=2)
C
C          IF(ITOI.EQ.1) THEN
C          ITI=1
C
C          NO ESPACO IMAGEM TEMOS IMAGEM FINITA
C
C          IF(DABS(FSI-DIF).LE.NULO) THEN
C
C          A IMAGEM COINCIDE COM O FOCO DO ESPACO IMAGEM
C
C          DIF=FSI
DIFH=FI
C          DO 40 I=1,NOI
SIGI(I)=AIF(I)/(ANIH-FI)
SIGI(I)=DATAN(SIGI(I))
40    CONTINUE
C          ITO=2
ELSE
C
C          A IMAGEM NAO COINCIDE COM O FOCO DO ESPACO IMAGEM
C
C          DIFH=DIF-SHI
HIF=UNID
ACF=UNID/DIF
C
C          CALCULO DA POSICAO DO OBJETO
C
C          CALL CAPAR(-1,1,0,IV,VR,INI,1,HIF,ACF,HII,ACI,H)
DOI=HII/ACI
DOIH=DOI-SHO
C
C          CALCULO PARA DETERMINAR O AUMENTO TRANSVERSAL
C
C          ATOI=UNID-DIFH/FI
C

```

```

C          CALCULO DA ALTURA DOS OBJETOS
C
DO 50 I=1,NOI
AOI(I)=AIF(I)/ATOI
50  CONTINUE
    ITO=1
    ENDIF
    ELSE

C          NO ESPACO IMAGEM TEMOS IMAGEM IMPROPRIA
C          O OBJETO ESTA SOBRE O PLANO FOCAL DO ESPACO OBJETO
C
    ITI=2
    DOI=FSO
    DOIH=FO

C          CALCULO DAS ALTURAS DOS OBJETOS
C
DO 60 I=1,NOI
ACI=DTAN(SIGF(I))
AOI(I)=ACI*(ANOH-FO)
60  CONTINUE
    ITO=1
    ENDIF
    ELSE

C          O SISTEMA OPTICO E' AFOCAL (IFA=2)
C          CALCULO DO AUMENTO TRANSVERSAL
C
    ATOI=AASA*IR(INI+1,1)
    ATOI=IR(1,1)/ATOI
    IF(IEO.EQ.1) THEN

C          A INFORMACAO INICIAL E' DADA PELO ESPACO OBJETO
C
    IF(ITOI.EQ.1) THEN
        ITO=1

C          NO ESPACO OBJETO TEMOS OBJETO FINITO
C
        DOIH=DOI
        HII=UNID
        ACI=UNID/DOI

C          CALCULO DA POSICAO DA IMAGEM
C
        CALL CAPAR(1,1,0,IV,VR,1,INI,HII,ACI,HIF,ACF,H)
        DIF=HIF/ACF
        DIFH=DIF

C          CALCULO DA ALTURA DAS IMAGENS
C
DO 70 I=1,NOI
AIF(I)=AOI(I)*ATOI
70  CONTINUE
    ITI=1
    ELSE

C          NO ESPACO OBJETO TEMOS OBJETO IMPROPRIO
C
    ITO=2

C          CALCULO DOS ANGULOS DE SAIDA
C
DO 80 I=1,NOI
    ACF=DTAN(SIGI(I))*AASA
    SIGF(I)=DATAN(ACF)
80  CONTINUE
    DOI=.0D+00
    DOIH=.0D+00

```

```

DIF=.0D+00
DIFH=.0D+00
ITI=2
ENDIF
ELSE

C
C      A IMAGEM E' DADA PELO ESPACO IMAGEM (IEO=2)
C
      IF(ITOI.EQ.1) THEN
        ITI=1

C
C      NO ESPACO IMAGEM TEMOS IMAGEM FINITA
C
        HIF=UNID
        ACF=UNID/DIF
        DIFH=DIF

C
C      CALCULO DA POSICAO DO OBJETO
C
        CALL CAPAR(-1,1,0,IV,VR,INI,1,HIF,ACF,HII,ACI,H)
        DOI=HII/ACI
        DOIH=DOI

C
C      CALCULO DAS ALTURAS DO OBJETO
C
        DO 90 I=1,NOI
90      AOI(I)=AIF(I)/ATOI
        CONTINUE
        ITO=1
        ELSE

C
C      NO ESPACO IMAGEM TEMOS IMAGEM IMPROPRIADIABE
C
        ITI=2

C
C      CALCULO DO ANGULO DE ENTRADA
C
        DO 100 I=1,NOI
          ACI=DTAN(SIGF(I))/AASA
          SIGI(I)=DATAN(ACI)
100      CONTINUE
        ITO=2
        DOI=.0D+00
        DOIH=.0D+00
        DIF=.0D+00
        DIFH=.0D+00
      ENDIF
    ENDIF
  ENDIF
  RETURN
END

*****
C
C      DETERMINACAO DO DIAFRAGMA DE ABERTURA
C
SUBROUTINE DIABE
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
  INTRINSIC DABS
  EXTERNAL CAPAR

C
C      CALCULO DA POSICAO DO DIAFRAGMA DE ABERTURA
C      IDIA- POSICAO DO DIAFRAGMA DE ABERTURA
C
  IF(ITO.EQ.1)THEN
    C
    C      O OBJETO E FINITO
    C
    HII=UNID
    ACI=UNID/DOI
  ELSE
    C

```



```

C      O OBJETO E IMPROPRIO
C
C      HII=UNID
C      ACI=.0D+00
C      ENDIF
C      CALL CAPAR(1,1,1, IDIA, FDIA, 1, INI, HII, ACI, HIF, ACF, H)
C
C      CALCULO DA PUPILA DE ENTRADA
C
C      IF(IDIA.EQ.1) THEN
C
C      O DIAFRAGMA COINCIDE COM A PRIMEIRA INTERFACE
C
C      SPE=.0D+00
C      RPE=RI(IDIA)
C      IPE=1
C
C      ELSE
C
C      O DIAFRAGMA NAO COINCIDE COM A PRIMEIRA INTERFACE
C
C      HIF=UNID
C      ACF=UNID/E(IDIA-1)
C      CALL CAPAR(-1,1,1, IV, VR, IDIA-1, 1, HIF, ACF, HII, ACI, H)
C      IF(DABS(ACI).LE.NULO) THEN
C
C      A PUPILA DE ENTRADA ESTA NO INFINITO
C
C      SPE=-.9D+99
C      RPE=DABS(HII/VR)
C      IPE=2
C
C      ELSE
C
C      A PUPILA DE ENTRADA E FINITA
C
C      IF(DABS(HII).LE.NULO) THEN
C
C      A PUPILA DE ENTRADA COINCIDE COM A PRIMEIRA INTERFACE
C
C      SPE=.0D+00
C
C      ELSE
C
C      A PUPILA DE ENTRADA NAO COINCIDE COM A PRIMEIRAINTERFACE
C
C      SPE=HII/ACI
C      ENDIF
C
C      CALCULO DA RAO DA PUPILA DE ENTRADA
C
C      RPE=IR(IDIA,1)*ACF*RI(IDIA)
C      RPE=RPE/(IR(1,1)*ACI)
C      RPE=DABS(RPE)
C      IPE=1
C      ENDIF
C      ENDIF
C      *****
C
C      CALCULO DA PUPILA DE SAIDA
C
C      IF(IDIA.EQ.INI) THEN
C
C      O DIAFRAGMA DE ABERTURA COINCIDE COM A ULTIMA INTERFACE
C
C      SPS=.0D+00
C      RPS=RI(INI)
C      IPS=1
C
C      ELSE
C
C      O DIAFRAGMA DE ABERTURA NAO COINCIDE CON A ULTIMA INTERFACE
C
C      HII=UNID
C      ACI=-UNID/E(IDIA)
C      CALL CAPAR(1,1,1, IV, VR, IDIA+1, INI, HII, ACI, HIF, ACF, H)

```

```

      IF(DABS(ACF).LE.NULO) THEN
C
C      A PUPILA DE SAIDA ESTA NO INFINITO
C
      SPS=+.9D+99
      RPS=DABS(HIF/VR)
      IPS=2
    ELSE
C
C      A PUPILA DE SAIDA E FINITA
C
      IF(DABS(HII).LE.NULO) THEN
C
C      A PUPILA DE SAIDA COINCIDE COM A ULTIMA INTERFACE
C
      SPS=.0D+00
    ELSE
C
C      A PUPILA DE SAIDA NAO COINCIDE COM A ULTIMA INTERFACE
C
      SPS=HIF/ACF
    ENDIF
C
C      CALCULO DO RAO DA PUPILA DE SAIDA
C
      RPS=IR(IDIA+1,1)*ACI*RI(IDIA)
      RPS=RPS/(IR(INI+1,1)*ACF)
      RPS=DABS(RPS)
      IPS=1
    ENDIF
  ENDIF
  RETURN
END
C*****
C
C      ROTINA PARA DETERMINAR A POSICAO DO DIAFRAGMA DE CAMPO
C
SUBROUTINE DIACA
$INCLUDE:'DADOS.FOR'
      INTRINSIC DABS
      EXTERNAL CAPAR
      IF(IPE.EQ.1)THEN
C
C      A PUPILA DE ENTRADA E FINITA
C
      IF(DABS(SPE).LE.NULO) THEN
C
C      A PUPILA DE ENTRADA ESTA NA PRIMEIRA INTERFACE
C
      HII=.0D+00
      ACI=UNID
    ELSE
C
C      A PUPILA DE ENTRADA NAO ESTA NA PRIMEIRA INTERFACE
C
      HII=UNID
      ACI=UNID/SPE
    ENDIF
  ELSE
C
C      A PUPILA DE ENTRADA E IMPROPRIO
C
      HII=UNID
      ACI=.0D+00
    ENDIF
C
C      CALCULO DA POSICAO DO DIAFRAGMA DE CAMPO
C
CALL CAPAR(1,1,1,ICAM,FCAM,1,INI,HII,ACI,HIF,ACF,H)
C
C      ICAM- POSICAO DO DIAFRAGMA DE CAMPO

```

```

C
C      IF(ICAM.EQ.1) THEN
C
C      O DIAFRAGMA DE CAMPO COINCIDE COM A PRIMEIRA INTERFACE
C
C      SJE=.0D+00
C      RJE=RI(ICAM)
C      IJE=1
C
C      ELSE
C
C      O DIAFRAGMA DE CAMPO NAO COINCIDE COM A PRIMEIRA INTERFACE
C
C      HIF=UNID
C      ACF=UNID/E(ICAM-1)
C      CALL CAPAR(-1,1,1,IV,VR,ICAM-1,1,HIF,ACF,HII,ACI,H)
C      IF(DABS(ACI).LE.NULO) THEN
C
C      A JANELA DE ENTRADA ESTA NO INFINITO
C
C      SJE=-.9D+99
C      RJE=DABS(HII/VR)
C      IJE=2
C
C      ELSE
C
C      A JANELA DE ENTRADA E FINITA
C
C      IF(DABS(HII).LE.NULO) THEN
C
C      A JANELA DE ENTRADA COINCIDE COM A PRIMEIRA INTERFACE
C
C      SJE=.0D+00
C      ELSE
C
C      A JANELA DE ENTRADA NAO COINCIDE COM A PRIMEIRAINTERFACE
C
C      SJE=HII/ACI
C      ENDIF
C
C
C      CALCULO DA RAO DA JANELA DE ENTRADA
C
C      RJE=IR(ICAM,1)*ACF*RI(ICAM)
C      RJE=RJE/(IR(1,1)*ACI)
C      RJE=DABS(RJE)
C      IJE=1
C      ENDIF
C
C      ENDIF
C
C      CALCULO DA JANELA DE SAIDA
C
C      IF(ICAM.EQ.INI) THEN
C
C      O DIAFRAGMA DE CAMPO COINCIDE COM A ULTIMA INTERFACE
C
C      SJS=.0D+00
C      RJS=RI(INI)
C      IJS=1
C
C      ELSE
C
C      O DIAFRAGMA DE CAMPO NAO COINCIDE CON A ULTIMA INTERFACE
C
C      HII=UNID
C      ACI=-UNID/E(ICAM)
C      CALL CAPAR(1,1,1,IV,VR,ICAM+1,INI,HII,ACI,HIF,ACF,H)
C      IF(DABS(ACF).LE.NULO) THEN
C
C      A JANELA DE SAIDA ESTA NO INFINITO
C
C      SJS=+.9D+99
C      RJS=DABS(HIF/VR)
C      IJS=2
C
C      ELSE

```

```

C
C A JANELA DE SAIDA E FINITA
C
C IF(DABS(HII).LE.NULO) THEN
C
C A JANELA DE SAIDA COINCIDE COM A ULTIMA INTERFACE
C
C   SJS=.0D+00
C   ELSE
C
C A JANELA DE SAIDA NAO COINCIDE COM A ULTIMA INTERFACE
C
C   SJS=HIF/ACF
C   ENDIF
C
C   CALCULO DO RAO DA JANELA DE SAIDA
C
C   RJS=IR(ICAM+1,1)*ACI*RI(ICAM)
C   RJS=RJS/(IR(INI+1,1)*ACF)
C   RJS=DABS(RJS)
C   IJS=1
C
C   ENDIF
C   ENDIF
C   RETURN
C
C END
C*****
C
C   CALCULO DAS ABERTURAS DO SISTEMA OPTICO
C
C   SUBROUTINE ABERT
C$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
C   INTRINSIC DSIN,DATAN,DABS
C   IF(ITO.EQ.1) THEN
C
C   CALCULO DA ABETURA NUMERICA
C
C   IF(IDIA.EQ.1) THEN
C     ABNU=DATAN(-RPE/DOI)
C     ABNU=DABS(IR(1,1)*DSIN(ABNU))
C   ELSE
C     IF(DABS(DOI).LE.NULO) THEN
C       TGU=IR(1,1)/(IR(2,1)*FDIA)
C       TGU=DATAN(TGU)
C       ABNU=IR(2,1)*DSIN(TGU)
C     ENDIF
C     IF(DABS(DOI).GT.NULO) THEN
C       TGU=UNID/(FDIA*DOI)
C       TGU=DATAN(TGU)
C       ABNU=DABS(IR(1,1)*DSIN(TGU))
C     ENDIF
C   ENDIF
C   ELSE
C     ANUM=.0D+00
C   ENDIF
C
C   CALCULO DA ABERTURA RELATIVA
C
C   IF(IFA.EQ.1) THEN
C     ABRE=2*RPE/FI
C   ELSE
C     ABRE=.0D+00
C   ENDIF
C
C   CALCULO DA NUMERO DO DIAFRAGMA
C
C   IF(IFA.EQ.1) THEN
C     NUDI=FI/(2*RPE)
C   ELSE
C     NUDI=.0D+00
C   ENDIF
C   RETURN
C   END

```

```

C*****
C
C      CALCULO DA PASSAGEM DOS RAIOS EXTERNOS PARAXIAIS
C
C      SUBROUTINE REPAR
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
      INTRINSIC DTAN,SIGN,DABS
      EXTERNAL CAPAR
      DO 300 I=1,NOI
C
C      FPS(I)=.0D+00
C      FPI(I)=.0D+00
C      ISP(I)=0
C      IIP(I)=0
C
C      CALCULO DO POSSIVEL RAO PRINCIPAL
C
C      IF(ITO.EQ.1) THEN
C        IF(IPE.EQ.1) THEN
C          ACI=AOI(I)/(SPE-DOI)
C          HII=ACI*SPE
C        ELSE
C          ACI=AOI(I)/DOI
C          HII=.0D+00
C        ENDIF
C      ELSE
C        ACI=DTAN(SIGI(I))
C        IF(IPE.EQ.1) THEN
C          HII=ACI*SPE
C        ELSE
C          HII=.0D+00
C        ENDIF
C      ENDIF
C
C      CALCULO DAS ALTURAS DE INTERCEPTACAO DO RAO PRINCIPAL H1(J)
C
C      CALL CAPAR(1,1,1,IVP,VRP,1,INI,HII,ACI,HIF,ACF,H1)
C      IF(VRP.GE.UNID) THEN
C        APS(I)=.0D+00
C        API(I)=.0D+00
C        GOTO 300
C      ENDIF
C
C      CALCULO DA VARIACAO DELTA H SUPERIOR H2(J) ONDE H2(1) E
C      POSITIVO
C
C      IF(ITO.EQ.1) THEN
C        HII=UNID
C        ACI=HII/DOI
C      ELSE
C        HII=UNID+H1(1)
C        ACI=DTAN(SIGI(I))
C      ENDIF
C      CALL CAPAR(1,1,1,IV,VR,1,INI,HII,ACI,HIF,ACF,H2)
C
C      CALCULO DOS FATORES DE PASSAGEM
C
C      DO 200 J=1,INI
C
C        IF(ITO.EQ.1) THEN
C          DH=H2(J)
C        ELSE
C          DH=H2(J)-H1(J)
C        ENDIF
C        FOS= DH/(RI(J)-H1(J))
C        FOI=-DH/(RI(J)+H1(J))
C        IF(FOS.GT.FPS(I)) THEN
C          ISP(I)=J
C          FPS(I)=FOS
C        ENDIF
C        IF(FOI.LT.FPI(I)) THEN

```

```

        IIP(I)=J
        FPI(I)=FOI
    ENDIF
C
200 CONTINUE
C    IF(ISP(I).NE.0.AND.IIP(I).NE.0) THEN
        FPS(I)=UNID/FPS(I)
        FPI(I)=UNID/FPI(I)
        APS(I)=H1(1)+FPS(I)
        API(I)=H1(1)+FPI(I)
        AERP(I)=H1(1)
C
C    CALCULO DOS RAIOS PRINCIPAIS NOS CASOS DE INDEFINICAO
C
        IF((ITO.EQ.1.AND.IPE.EQ.2).OR.(ITO.EQ.2.AND.IPE.EQ.2)) THEN
            AERP(I)=(APS(I)-API(I))/2.0D+00
        ENDIF
C    ELSE
C        ISP(I)=0
C        IIP(I)=0
C    ENDIF
300 CONTINUE
RETURN
END

```

B.5 Programa MERD.FOR

```

$DEBUG
*****
C
C      ARQUIVO:MERD.FOR
C
C      PROGRAMA DE AVALIACAO MERIDIONAL
C
      SUBROUTINE MERD
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
      EXTERNAL MEPR,MESUP,MEINF,HGR,LETECS,GDCO
      EXTERNAL ASTI,DIST,ESFE,EXEC,CRLO,CRTR,CRLA,POSCUR
5      CALL HGR(2)
      WRITE(*,10)
10     FORMAT(///,
1'          PROGRAMA DE AVALIACAO ESPACIAL',///,
1' DETERMINACAO DOS LIMITES DE ENTRADA = F1',///,
1'          ABERRACAO ESFERICA = F2',///,
1'          DISTORCAO = F3',///,
1'          ASTIGMATISMO = F4',///,
1'          ABER. CROMATICA LONGITUDINAL = F5',///,
1'          ABER. CROMATICA TRANSVERSAL = F6',///,
1'          ABER. CROMATICA LATERAL = F7',///,
1'          RETORNO = ESC',///,
1'          OPCAO = ',\')
15     CALL LETECS(IK,JK)
      IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.59) GOTO 100
      IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.60) GOTO 200
      IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.61) GOTO 300
      IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.62) GOTO 400
      IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.63) GOTO 500
      IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.64) GOTO 600
      IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.65) GOTO 700
      IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 1000
      GOTO 15
C
C      DETERMINACAO DOS LIMITES REAIS DE ENTRADA PARA O RAO DE
C      REFERENCIA ( ICOR=1 )
C
100    CALL HGR(2)
      CALL POSCUR(1,10,0)
      WRITE(*,*) ' *** DETERMINACAO DOS LIMITES EM ANDAMENTO *** '
      IERR=0
      IF(ITI.EQ.1) POS=DIF
      IF(ITI.EQ.2.AND.IPS.EQ.1) POS=SPS
      IF(ITI.EQ.2.AND.IPS.EQ.2) POS=.0D+00
      DO 110 I=1,NOI
CALL MEPR(I,*130,IERR)
      IF(DABS(SSP(I)).LE.NULO) THEN
          YIR=QP(I)
      ELSE
          SC=QP(I)/SSP(I)
          YIR=(QP(I)-POS*SSP(I))/CSP(I)
      ENDIF
C      PRINT *,I,AIF(I),YIR
110    CONTINUE
      DO 115 I=1,NOI
CALL MESUP(I,*135,IERR)
C      PRINT *,I,APS(I),YSM(I)
115    CONTINUE
      DO 120 I=1,NOI
CALL MEINF(I,*140,IERR)
C      PRINT *,I,API(I),YIM(I)
120    CONTINUE
      CALL GDCO(1)
C121   CALL LETECS(IK,JK)
C      IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 5
C      GOTO 121
      GOTO 5
130    WRITE(*,131) I
131    FORMAT(' O RAO PRINCIPAL N= ',I3.3,' NAO ATRAVESSA')

```

```

132  CALL LETECS(IK,JK)
      IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 5
      GOTO 132
135  WRITE(*,136)I
136  FORMAT(' A ALTURA SUPERIOR CORRESPONDENTE A N= ',I3.3,' NAO ATRAVE
+SSA')
137  CALL LETECS(IK,JK)
      IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 5
      GOTO 137
140  WRITE(*,141)I
141  FORMAT(' A ALTURA INFERIOR CORRESPONDENTE A N= ',I3.3,' NAO ATRAVE
+SSA')
142  CALL LETECS(IK,JK)
      IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 5
      GOTO 142

C
C  CALCULO DA ABERRACAO ESFERICA
C
200  CALL ESFE
      GOTO 5

C
C  CALCULO DA DISTORCAO
C
300  CALL DIST
      GOTO 5

C
C  CALCULO DO ASTIGMATISMO
C
400  CALL ASTI
      GOTO 5

C
C  CALCULO DA ABERRACAO CROMATICA LONGITUDINAL
C
500  CALL CRLO
      GOTO 5

C
C  CALCULO DA ABERRACAO CROMATICA TRANSVERSAL
C
600  CALL CRTR
      GOTO 5

C
C  CALCULO DA ABERRACAO CROMATICA LATERAL
C
700  CALL CRLA
      GOTO 5

C
1000 RETURN
      END

C*****
C
C SUBROTINA PARA TRACADO DE RAIOS MERIDIONAIS
C   POR KINGSLAKE,R.
C   PARAMETROS INICIAIS PARA UM SISTEMA OPTICO
C
C   ICOR= COR DO RAO
C   QI= PARAMETRO DE INTERCEPTACAO
C   SS= SENO DO RAO
C   CS= CO-SENO DO RAO
C   EI= ESPESSURA DO MEIO(IA-1) para o sistema optico [DABS(DOI)]
C   ZI= FLECHA DA INTERFACE (IA-1) para o sistema optico [.OD+00]
C
C SUBROUTINE SKIN(ICOR,QI,SS,CS,EI,ZI,*,IERR)
C
C $INCLUDE: 'DADOS.FOR'
C
C DO 100, I=1, INI
C
C SE=SS-QI*CU(I)
C
C   IF(DABS(SE).GE.UNID) THEN
C     IF(IERR.EQ.1) WRITE(*,*) I, ' RAO EXTERNO A INTERFACE'
C     GOTO 200

```



```

        ENDIF
C
CE=DSQRT(UNID-SE*SE)
GI=CE+CS
GI=QI/GI
SF=SS*CE-CS*SE
CF=CS*CE+SS*SE
HI=UNID+CF
HI=GI*HI
C
        IF(DABS(HI).GT.RI(I)) THEN
        IF(IERR.EQ.1) WRITE(*,*) I,' INTERCEPTACAO EXTERNA A AREA DA LENTE
        +,
        GOTO 200
        ENDIF

C
VLI=EI-ZI
ZI=GI*SF
VLI=VLI+ZI
VLI=VLI/CS
C
IF(VLI.LT..0D+00) THEN
IF(IERR.EQ.1) WRITE(*,*) I,' SOBREPOSICAO DE INTERFACES'
        GOTO 200
        ENDIF

C
VN=IR(I,ICOR)/IR(I+1,ICOR)
SL=VN*SE
C
        IF(DABS(SL).GE.UNID) THEN
        IF(IERR.EQ.1) WRITE(*,*) I,' REFLEXAO TOTAL'
        GOTO 200
        ENDIF

C
CL=DSQRT(UNID-SL*SL)
SS=SF*CL+CF*SL
CS=CF*CL-SF*SL
C
        EI=E(I)
        QI=CL+CS
        QI=GI*QI-EI*SS
C
100 CONTINUE
C
        RETURN

C
200 RETURN 1
C
END
C*****
C
C SUBROTINA DE TRACADO DE RAIOS MERIDIONAIS POR KINGSLAKE,R.
C     MAIS O CALCULO DO ASTIGMATISMO
C
C     PARAMETROS INICIAIS PARA UM SISTEMA OPTICO
C
C     ICOR= COR DO RAO
C     QI= PARAMETRO DE INTERCEPTACAO
C     SS= SENO DO RAO
C     CS= CO-SENO DO RAO
C     EI= ESPESSURA DO MEIO(IA-1) para o sistema optico [DABS(DOI)]
C     ZI= FLECHA DA INTERFACE (IA-1) para o sistema optico [.0D+00]
C     ITO = TIPO DA NATUREZA DO OBJETO
C           ITO=1 - objeto finito
C           ITO=2 - objeto improprio
C     DX= VARIACAO LONGITUDINAL SAGITAL
C     DS= VARIACAO ANGULAR SAGITAL
C     DQ= VARIACAO DO PARAMETRO DE INTERCEPTACAO
C     DM= VARIACAO ANGULAR MERIDIONAL
C
SUBROUTINE SAST(ICOR,QI,SS,CS,EI,ZI,DX,DS,DQ,DM,*,IERR)

```

```

C
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
C
    IF(ITO.EQ.1) THEN
C
    SE=SS-QI*CU(1)
    CE=DSQRT(UNID-SE*SE)
    GI=CE+CS
    GI=QI/GI
    SF=SS*CE-CS*SE
    VLI=(EI-ZI+GI*SF)/CS
    DX=.0D+00
    DS=-UNID/VLI
    DQ=DX
    DM=DS
C
    ELSE
C
    DX=UNID
    DS=.0D+00
    DQ=UNID
    DM=.0D+00
C
    ENDIF
C
DO 100, I=1, INI
C
SE=SS-QI*CU(I)
C
    IF(DABS(SE).GE.UNID) THEN
        WRITE(*,*) I, ' RAIO EXTERNO A INTERFACE'
        GOTO 200
    ENDIF
C
CE=DSQRT(UNID-SE*SE)
GI=CE+CS
GI=QI/GI
SF=SS*CE-CS*SE
CF=CS*CE+SS*SE
HI=UNID+CF
HI=GI*HI
C
    IF(DABS(HI).GT.RI(I)) THEN
    IF(IERR.EQ.1) WRITE(*,*) I, ' INTERCEPTACAO EXTERNA A AREA DA LENTE
        +,
        GOTO 200
    ENDIF
C
VLI=EI-ZI
ZI=GI*SF
VLI=VLI+ZI
VLI=VLI/CS
C
IF(VLI.LT..0D+00) THEN
IF(IERR.EQ.1) WRITE(*,*) I, ' SOBREPOSICAO DE INTERFACES'
    GOTO 200
ENDIF
C
VN=IR(I, ICOR)/IR(I+1, ICOR)
SL=VN*SE
C
    IF(DABS(SL).GE.UNID) THEN
        IF(IERR.EQ.1) WRITE(*,*) I, ' REFLEXAO TOTAL'
        GOTO 200
    ENDIF
C
CL=DSQRT(UNID-SL*SL)
SS=SF*CL+CF*SL
CS=CF*CL-SF*SL
C
    EI=E(I)

```

```

      QI=CL+CS
      QI=GI*QI-EI*SS
C
      DA=DQ-VLI*DM
      DA=DA/CE
      DF=CU(I)*DA
      DQ=DA*CL
      DM=DM-DF
      DM=DF+VN*DM*CE/CL
      DI=CL-VN*CE
      DX=DX-VLI*DS
      DS=CU(I)*DI*DX+VN*DS
C
100  CONTINUE
C
      RETURN
C
200  RETURN 1
C
END
*****
C
      SUBROTINA PARA DETERMINAR OS COMPONENTES DOS VETORES PARA O RAO
      PRINCIPAL
C
      ITO- TIPO DE OBJETO (1-FINITO 2-IMPROPIO)
      INO- NUMERO DO OBJETO
C
      XE- POSICAO X DE ENTRADA NA PRIMEIRA INTERFACE
      YE- POSICAO Y DE ENTRADA NA PRIMEIRA INTERFACE
C
      QI- PARAMETRO DE INTERCEPTACAO
      SS,CS- SENOS E CO-SENOS DO ANGULO DE INCIDENCIA
C
      QP- PARAMETRO DE INTERCEPTACAO DO RAO PRINCIPAL
      SSP,CSP- SENOS E CO-SENOS DO ANGULO DE EMERGENCIA DO RAO PRINC.
C
      SUBROUTINE MEPR(INO,*,IERR)
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
      INTRINSIC DSIN,DCOS
      EXTERNAL SKIN
C
      IF(ITO.EQ.1) THEN
      TS=(AERP(INO)-AOI(INO))/DOI
      CS=1.0D+00/DSQRT(1.0D+00+TS*TS)
      SS=CS*TS
      QI=AERP(INO)*CS
      EI=-DOI
      ZI=.0D+00
      ELSE
      SS=DSIN(SIGI(INO))
      CS=DCOS(SIGI(INO))
      QI=AERP(INO)*CS
      EI=.0D+00
      ZI=.0D+00
      ENDIF
      CALL SKIN(1,QI,SS,CS,EI,ZI,*100,IERR)
      QP(INO)=QI
      SSP(INO)=SS
      CSP(INO)=CS
      RETURN
100  RETURN 1
      END
*****
C
      DETERMINACAO DA ALTURA SUPERIOR DE INTERCEPTACAO NA PRIMEIRA
      INTERFACE COM PASSAGEM PELO SISTEMA OPTICO
C
      NDI- NUMERO DE INTERACOES
C
      SUBROUTINE MESUP(INO,*,IERR)
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'

```

```

      INTRINSIC DSIN,DCOS
      EXTERNAL SKIN
C
C      INCREMENTO DE VARREDURA
C
      NDI=200
      DE=2.0*RI(1)/NDI
C      YS=RI(1)
      YS=APS(INO)
C
      IF(ITO.EQ.1) THEN
        IC=1
        DO 10 J=1,NDI
          TS=(YS-AOI(INO))/DOI
          CS=1.0D+00/DSQRT(1.0D+00+TS*TS)
          SS=CS*TS
          QI=YS*CS
          EI=-DOI
          ZI=.0D+00
          CALL SKIN(1,QI,SS,CS,EI,ZI,*30,IERR)
          GOTO 70
30      IF(IC.EQ.1) THEN
          IC=0
          DE=-DE
          YS=YS+2*DE
          GOTO 10
        ELSE
          YS=YS+DE
          GOTO 10
        ENDIF
10      CONTINUE
      IF(J.EQ.NDI) RETURN 1
    ELSE
      IC=1
      DO 40 J=1,NDI
        SS=DSIN(SIGI(INO))
        CS=DCOS(SIGI(INO))
        QI=YS*CS
        EI=.0D+00
        ZI=.0D+00
        CALL SKIN(1,QI,SS,CS,EI,ZI,*60,IERR)
        GOTO 70
60      IF(IC.EQ.1) THEN
          IC=0
          DE=-DE
          YS=YS+2*DE
          GOTO 40
        ELSE
          YS=YS+DE
          GOTO 40
        ENDIF
40      CONTINUE
      IF(J.EQ.NDI) RETURN 1
    ENDIF
70      YSM(INO)=YS
RETURN
      END
*****
C
C      DETERMINACAO DA ALTURA INFERIOR DE INTERCEPTACAO NA PRIMEIRA
C      INTERFACE COM PASSAGEM PELO SISTEMA OPTICO
C
C      NDI- NUMERO DE INTERACOES
C
      SUBROUTINE MEINF(INO,*,IERR)
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
      INTRINSIC DSIN,DCOS
      EXTERNAL SKIN
C
C      INCREMENTO DE VARREDURA
C
      NDI=200

```

```

      DE=-2.0*RI(1)/NDI
C      YI=-RI(1)
      YI=API(INO)
C
      IF(ITO.EQ.1) THEN
        IC=1
        YIE(INO)=API(INO)
        DO 10 J=1,NDI
          TS=(YI-AOI(INO))/DOI
          CS=1.0D+00/DSQRT(1.0D+00+TS*TS)
          SS=CS*TS
          QI=YI*CS
          EI=-DOI
          ZI=.0D+00
          CALL SKIN(1,QI,SS,CS,EI,ZI,*30,IERR)
          GOTO 70
30      IF(IC.EQ.1) THEN
          IC=0
          DE=-DE
          YI=YI+2*DE
          GOTO 10
        ELSE
          YI=YI+DE
          GOTO 10
        ENDIF
10      CONTINUE
      IF(J.EQ.NDI) RETURN 1
    ELSE
      IC=1
      DO 40 J=1,NDI
        SS=DSIN(SIGI(INO))
        CS=DCOS(SIGI(INO))
        QI=YI*CS
        EI=.0D+00
        ZI=.0D+00
        CALL SKIN(1,QI,SS,CS,EI,ZI,*60,IERR)
        GOTO 70
60      IF(IC.EQ.1) THEN
          IC=0
          DE=-DE
          YI=YI+2*DE
          GOTO 40
        ELSE
          YI=YI+DE
          GOTO 40
        ENDIF
40      CONTINUE
      IF(J.EQ.NDI) RETURN 1
    ENDIF
70      YIM(INO)=YI
      RETURN
      END

```

```

C
C      SUBROTINA PARA GERAR A AREA DO GRAFICO RESERVADA PARA ABERRACAO ES
C FERICA
C

```

```

      SUBROUTINE GABES(ESCX,ESCY,ICOR,IC,XMIN,VX,YMIN,VY)
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
      EXTERNAL HGR,HPLLOT,POSCUR
      CALL HGR(6)
      CALL POSCUR(1,1,0)
      WRITE(*, '(\\)')
      WRITE(*,10) ESCY,ESCX,ARQUIVO,COM(ICOR)
10      FORMAT(10X, ' ***** ABERRACAO ESFERICA *****',/,
+45X, ' ALTURA',/,45X, ' ESC. Y=',E11.5, '//////////',
+15X, ' ABES.',21X, ' ESC. X= ',E11.5, '//',
+15X, ' SISTEMA = ',A11,8X, 'COR = ',E11.5,/)
      IF(ITO.EQ.1) THEN
        WRITE(*,20)
20      FORMAT(15X, ' OBJETO FINITO.',\\)

```



```

C
C      ELSE
C      QI=HI+DHI
HI=QI
CS=UNID
SS=.0D+00
      EI=.0D+00
      ZI=.0D+00
C
      ENDIF
CALL SKIN(ICOR,QI,SS,CS,EI,ZI,*200,0)
      IF(DABS(SS).LE.NULO) THEN
      ABES=.0D+00
      ELSE
      SC=QI/SS
      IF(ITO.EQ.1) ABES=SC-DIF
      IF(ITO.EQ.2) ABES=SC-FSI
      ENDIF
ESCX=MAX(ESCX,DABS(ABES))
      WRITE(3,40) HI,ABES
40      FORMAT(1X,E12.6,1X,E12.6)
ESCY=HI
IC=IC+1
200      CONTINUE
      ENDFILE 3
XMIN=-ESCX
VX=2.0*ESCX
YMIN=.0D+00
VY=ESCY
      CALL GABES(ESCX,ESCY,ICOR,IC,XMIN,VX,YMIN,VY)
300      CALL LETECS(IK,JK)
      IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 400
      GOTO 300
400 CALL HGR(2)
CLOSE(3,STATUS='KEEP')
      RETURN
      END
C*****
C
C      SUBROTINA PARA GERAR A AREA DO GRAFICO RESERVADA PARA DISTORCAO
C
      SUBROUTINE GDIST(ESCX,ESCY,IC,XMIN,VX,YMIN,VY)
$INCLUDE:'DADOS.FOR'
      EXTERNAL HGR,POSCUR,HPLOT
      CALL HGR(6)
      CALL POSCUR(0,1,0)
      IF(ITO.EQ.1) THEN
      WRITE(*,10) ESCY,ESCX,ARQUIVO,COM(1)
10      FORMAT(21X,' **** DISTORCAO ****',/,
+45X,' ALTURA DO OBJETO',/,45X,' ESC. Y=',E11.5,/////////,
+15X,' DIST. %',19X,' ESC. X=',E11.5,/,
+15X,' SISTEMA = ',A11,8X,' COR = ',E11.5,/,\)
      ELSE
      WRITE(*,20) ESCY*CODPI,ESCX,ARQUIVO,COM(1)
20      FORMAT(30X,' **** DISTORCAO ****',/,
+45X,' ANGULO DO OBJETO',/,45X,' ESC. Y=',E11.5,/////////,
+15X,' DIST. %',19X,' ESC. X=',E11.5,/,
+15X,' SISTEMA = ',A11,8X,' COR = ',E11.5,/,\)
      ENDIF
C
C      IINI=120
C      ITAM=200
C      JINI=65
C      JTAM=116
C
C      DESENHA EIXOX [ IINI , ITAM , JINI ]
C
      DO 100 I=IINI,IINI+ITAM
      CALL HPLOT(I,JINI,1)
100      CONTINUE
C

```

```

C DESENHA EIXOY [ IINI , JINI , JTAM ]
C
I=IINI+ITAM/2
DO 200,J=JINI,JINI+JTAM
CALL HPLOT(I,J,1)
200 CONTINUE
C
C GERACAO DO GRAFICO
C
REWIND 3
C
DO 500,I=1,IC
C
READ(3,40,ERR=500,END=500) DIR,YO
40 FORMAT(1X,E12.6,1X,E12.6)
IPLLOT=IINI+(DIR-XMIN)*ITAM/VX
JPLOT=JINI+(YO-YMIN)*JTAM/VY
CALL HPLOT(IPLLOT,JPLOT,1)
500 CONTINUE
C
RETURN
END
C*****
C
C PROGRAMA PARA CALCULAR A DISTORCAO
C
SUBROUTINE DIST
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
INTRINSIC MAX,DABS,DTAN
EXTERNAL LETECS,SKIN,HGR
C
5 CALL HGR(2)
WRITE(*,10)
10 FORMAT(' ***** TRACADO DE RAIOS MERIDIONAIS ***** ',
+/,
DISTORCAO', ///)
20 WRITE(*,'(A,\)')' NUMERO DE RAIOS Nr= '
READ(*,*,ERR=20) INR
ICOR=1
IC=0
ESCX=.0D+00
OPEN(3,FILE='DIST.DAT')
C
C CONDICAOES INICIAIS EM FUNCAO DO TIPO DE OBJETO
C
IF(ITO.EQ.1) THEN
DYO=AOI(NOI)/INR
YC=-DYO
ELSE
DSIO=SIGI(NOI)/INR
YC=-DSIO
ENDIF
C
C CONDICAOES FINAIS EM FUNCAO DA IMAGEM
C
IF(ITO.EQ.1) POS=DIF
IF(ITO.EQ.2) POS=FSI
DO 200 J=1,INR+1
C
IF(ITO.EQ.1) THEN
YC=YC+DYO
YE=SPE*YC/(SPE-DOI)
TS=(YE-YC)/DOI
CS=1.0D+00/DSQRT(1.0D+00+TS*TS)
SS=CS*TS
QI=YE*CS
EI=-DOI
ZI=.0D+00
ELSE
YC=YC+DSIO
SS=DSIN(YC)
CS=DCOS(YC)
YE=SS*SPE/CS

```



```

        QI=YE*CS
        EI=.0D+00
        ZI=.0D+00
    ENDIF
CALL SKIN(ICOR,QI,SS,CS,EI,ZI,*200,0)
    IC=IC+1
    IF(DABS(SS).LE.NULO) THEN
        YIC=QI
    ELSE
        YIC=(QI-POS*SS)/CS
    ENDIF
    IF(ITO.EQ.1) YI=ATOI*YC
    IF(ITO.EQ.2) YI=DTAN(YC)*(ANIH-FI)
    IF(DABS(YI).LE.NULO) THEN
        DIR=.0D+00
    ELSE
        DIR=(YIC-YI)*100./YI
    ENDIF
    ESCX=MAX(ESCX,DABS(DIR))
    WRITE(3,40) DIR,YC
40    FORMAT(1X,E12.6,1X,E12.6)
    ESCY=YC
200    CONTINUE
    ENDFILE 3
    XMIN=-ESCX
    VX=2.0*ESCX
    YMIN=.0D+00
    VY=ESCY
    CALL GDIST(ESCX,ESCY,IC,XMIN,VX,YMIN,VY)
300    CALL LETECS(IK,JK)
    IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 400
    GOTO 300
400    CALL HGR(2)
    CLOSE(3,STATUS='KEEP')
    RETURN
    END
C*****
C
C    SUBROTINA PARA GERAR A AREA DO GRAFICO RESERVADA PARA O ASTIGMA-
C    TISMO
C
    SUBROUTINE GASTI(ESCY,IC,XMIM,VXM,XMIS,VXS,YMIN,VY)
$INCLUDE:'DADOS.FOR'
    EXTERNAL POSCUR,HGR,HPLLOT
    ESCS=DABS(XMIS)
    ESCM=DABS(XMIM)
    CALL HGR(6)
    CALL POSCUR(1,1,0)
    WRITE(*,')(\)')
    IF(ITO.EQ.1) THEN
    WRITE(*,10) ESCS,ESCM,ESCY,ARQUIVO,COM(1)
10    FORMAT(16X,'**** ASTIGMATISMO SAGITAL E MERIDIONAL ****',/,
+//////////,
+3X,' SAGITAL ',1X,'ESC. X= ',E11.5,
+15X,' MERIDIONAL ',1X,'ESC. X= ',E11.5,//,
+15X,' ALTURA DO OBJETO',10X,' ESC. Y=',E11.5,//,
+15X,' SISTEMA = ',A11,5X,' COR =',E11.5/,,\)
    ELSE
    WRITE(*,20) ESCS,ESCM,ESCY*CODPI,ARQUIVO,COM(1)
20    FORMAT(16X,'**** ASTIGMATISMO SAGITAL E MERIDIONAL ****',/,
+//////////,
+3X,' SAGITAL ',1X,'ESC. X= ',E11.5,
+15X,' MERIDIONAL ',1X,'ESC. X= ',E11.5,//,
+15X,' ANGULO DO OBJETO',10X,' ESC. Y=',E11.5,//,
+15X,' SISTEMA = ',A11,5X,' COR =',E11.5/,,\)
    ENDIF
C
    IINI=400
    ITAM=200
    JINI=65
    JTAM=116
C

```

```

C      DESENHA EIXOX [ IINI , ITAM , JINI ]
C
      DO 100 I=IINI,IINI+ITAM
      CALL HPLOT(I,JINI,1)
100  CONTINUE
C
C      DESENHA EIXOY [ IINI , JINI , JTAM ]
C
      I=IINI+ITAM/2
      DO 200 J=JINI,JINI+JTAM
      CALL HPLOT(I,J,1)
200  CONTINUE
C
      IINI1=30
      ITAM=200
      JINI=65
      JTAM=116
C
C      DESENHA EIXOX [ IINI1 , ITAM , JINI ]
C
      DO 300 I=IINI1,IINI1+ITAM
      CALL HPLOT(I,JINI,1)
300  CONTINUE
C
C      DESENHA EIXOY [ IINI1 , JINI , JTAM ]
C
      I=IINI1+ITAM/2
      DO 400 J=JINI,JINI+JTAM
      CALL HPLOT(I,J,1)
400  CONTINUE
C
C      GERACAO DO GRAFICO
C
      REWIND 3
C
      DO 500,I=1,IC
C
      READ(3,40,ERR=500,END=500) BS,BM,YC
40    FORMAT(1X,E12.6,1X,E12.6,1X,E12.6)
      IPLOT1=IINI1+(BS-XMIS)*ITAM/VXS
      IPLOT=IINI+(BM-XMIM)*ITAM/VXM
      JPLOT=JINI+(YC-YMIN)*JTAM/VY
      CALL HPLOT(IPLOT1,JPLOT,1)
      CALL HPLOT(IPLOT,JPLOT,1)
500  CONTINUE
C
      RETURN
      END
C*****
C
C      PROGRAMA PARA CALCULAR O ASTIGMATISMO
C
      SUBROUTINE ASTI
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
      INTRINSIC MAX,DABS,DSQRT,DTAN
      EXTERNAL LETECS,SAST,HGR,GASTI
C
      5    CALL HGR(2)
      WRITE(*,10)
10    FORMAT(' ***** TRACADO DE RAIOS MERIDIONAIS ***** ',
+/,
+/,
20    WRITE(*,'(A,\)')', ASTIGMATISMO SAGITAL E MERIDIONAL', ///)
      READ(*,*,ERR=20) INR
      ICOR=1
      IC=0
      ESCS=.0D+00
      ESCM=.0D+00
      OPEN(3,FILE='ASTI.DAT')
C
C      CONDICAOES INICIAIS EM FUNCAO DO TIPO DE OBJETO
C
      IF(ITO.EQ.1) THEN

```

```

        DYO=AOI(NOI)/INR
    ELSE
        DSIO=SIGI(NOI)/INR
    ENDIF
    YC=.0D+00-DYO
    YC=.0D+00-DSIO
C
C      CONDICÕES FINAIS EM FUNÇÃO DA IMAGEM
C
    IF(ITI.EQ.1) POS=DIF
    IF(ITI.EQ.2.AND.IPS.EQ.1) POS=SPS
    IF(ITI.EQ.2.AND.IPS.EQ.2) POS=.0D+00
    DO 200 J=1,INR+1
C
    IF(ITO.EQ.1) THEN
        YC=YC+DYO
        YE=SPE*YC/(SPE-DOI)
        TS=(YE-YC)/DOI
        CS=1.0D+00/DSQRT(1.0D+00+TS*TS)
        SS=CS*TS
        QI=YE*CS
        EI=-DOI
        ZI=.0D+00
    ELSE
        YC=YC+DSIO
        SS=DSIN(YC)
        CS=DCOS(YC)
        YE=SS*SPE/CS
        QI=YE*CS
        EI=.0D+00
        ZI=.0D+00
    ENDIF
    CALL SAST(ICOR,QI,SS,CS,EI,ZI,DX,DS,DQ,DM,*200,0)
        DSM=DQ*CS/DM+ZI
        DSS=DX*CS/DS+ZI
        IC=IC+1
        BM=DSM-POS
        BS=DSS-POS
    ESCS=MAX(ESCS,DABS(BS))
    ESCM=MAX(ESCM,DABS(BM))
        WRITE(3,40) BS,BM,YC
    40  FORMAT(1X,E12.6,1X,E12.6,1X,E12.6)
    ESCY=YC
    200  CONTINUE
        ENDFILE 3
    XMIM=-ESCM
    VXM=2.0*ESCM
    XMIS=-ESCS
    VXS=2.0*ESCS
    YMIN=.0D+00
    VY=ESCY
        CALL GASTI(ESCY,IC,XMIM,VXM,XMIS,VXS,YMIN,VY)
    300  CALL LETECS(IK,JK)
        IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 400
        GOTO 300
    400 CALL HGR(2)
    CLOSE(3,STATUS='KEEP')
    RETURN
    END
C*****
C
C      SUBROTINA PARA GERAR A ÁREA DO GRÁFICO RESERVADA PARA ABERRAÇÃO
C      CROMÁTICA TRANSVERSAL
C
        SUBROUTINE GCRTR(ESCX,ESCY,IC,XMIN,VX,YMIN,VY)
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
        EXTERNAL POSCUR,HGR,HPLT
        CALL HGR(6)
    CALL POSCUR(1,1,0)
    WRITE(*,'(\)')
    WRITE(*,10) ESCY,ESCX,ARQUIVO,COM(2),COM(3)
    10  FORMAT(10X,' ***** ABERRAÇÃO CROMÁTICA TRANSVERSAL *****',/,

```

```

+45X,' ALTURA',/,45X,' ESC. Y=',E11.5,//////////,
+15X,' CROM.',21X,' ESC. X= ',E11.5,/,
+15X,' SISTEMA = ',A11,8X,' COR2 = ',E11.5,/,
+45X,' COR3 = ',E11.5,/)
  IF(ITO.EQ.1) THEN
    WRITE(*,20)
20  FORMAT(15X,' OBJETO FINITO.',\ )
  ELSE
    WRITE(*,30)
30  FORMAT(15X,' OBJETO IMPROPIO',\ )
  ENDIF
C
IINI=120
ITAM=200
JINI=65
JTAM=116
C
C  DESENHA EIXOX [ IINI , ITAM , JINI ]
C
  DO 100 I=IINI,IINI+ITAM
    CALL HPLOT(I,JINI,1)
100  CONTINUE
C
C  DESENHA EIXOY [ IINI , JINI , JTAM ]
C
  I=IINI+ITAM/2
  DO 200 J=JINI,JINI+JTAM
    CALL HPLOT(I,J,1)
200  CONTINUE
C
C  GERACAO DO GRAFICO
C
  REWIND 3
C
DO 500,I=1,IC
C
READ(3,40,ERR=500,END=500) HI,ABES
40  FORMAT(1X,E12.6,1X,E12.6)
IPLOT=IINI+(ABES-XMIN)*ITAM/VX
JPLOT=JINI+(HI-YMIN)*JTAM/VY
CALL HPLOT(IPLOT,JPLOT,1)
500 CONTINUE
C
RETURN
END

C*****
C
C  PROGRAMA PARA CALCULAR A ABERRACAO CROMATICA LATERAL
C
  SUBROUTINE CRTR
$INCLUDE:'DADOS.FOR'
  INTRINSIC MAX,DABS,DTAN,DSQRT
  EXTERNAL HGR,LETECS,GCRTR
C
5  CALL HGR(2)
  WRITE(*,10)
10  FORMAT(' ***** TRACADO DE RAIOS MERIDIONAIS ***** ',
+/,
ABERRACAO CROMATICA TRANSVERSAL',//')
20 WRITE(*,'(A,\)')' NUMERO DE RAIOS Nr= '
  READ(*,*,ERR=20) INR
  IF(ITO.EQ.1.AND.ITI.EQ.1) POS=DIF
  IF(ITO.EQ.2.AND.ITI.EQ.1) POS=FSI
  IF(ITI.EQ.2.AND.IPS.EQ.1) POS=SPS
  IF(ITI.EQ.2.AND.IPS.EQ.2) POS=.0D+00
C
C  AJUSTE DOS COMPRIMENTOS DE ONDA
C
  IF(COM(2).GT.COM(3)) THEN
    ICOR2=3
    ICOR3=2
  ELSE

```

```

        ICOR2=2
        ICOR3=3
    ENDIF
    DHI=YSM(1)/INR
HI=-DHI
    IC=0
    ESCX=.0D+00
    OPEN(3,FILE='CRTR.DAT')
DO 200,J=1,INR+1
    HI=HI+DHI
    IF(ITO.EQ.1) THEN
C
        TS=HI/DOI
        CS=1.0D+00/DSQRT(1.0D+00+TS*TS)
        SS=CS*TS
        QI=YE*CS
        EI=-DOI
        ZI=.0D+00
C
        ELSE
C
        QI=HI
        CS=UNID
        SS=.0D+00
        EI=.0D+00
        ZI=.0D+00
C
        ENDIF
    CALL SKIN(ICOR2,QI,SS,CS,EI,ZI,*200,0)
    IF(DABS(SS).LE.NULO) THEN
        YI2=QI
    ELSE
        SC=QI/SS
        YI2=(QI-POS*SS)/CS
    ENDIF
    IF(ITO.EQ.1) THEN
C
        YE=HI
        TS=YE/DOI
        CS=1.0D+00/DSQRT(1.0D+00+TS*TS)
        SS=CS*TS
        QI=YE*CS
        EI=-DOI
        ZI=.0D+00
C
        ELSE
C
        QI=HI
        CS=UNID
        SS=.0D+00
        EI=.0D+00
        ZI=.0D+00
C
        ENDIF
    CALL SKIN(ICOR3,QI,SS,CS,EI,ZI,*200,0)
    IF(DABS(SS).LE.NULO) THEN
        YI3=QI
    ELSE
        SC=QI/SS
        YI3=(QI-POS*SS)/CS
    ENDIF
    IC=IC+1
    DLA=YI2-YI3
    ESCX=MAX(ESCX,DABS(DLA))
    WRITE(3,40) HI,DLA
40    FORMAT(1X,E12.6,1X,E12.6)
    ESCY=HI
    IC=IC+1
    HI=HI+DQI
    QI=HI
200    CONTINUE
    ENDFILE 3

```

```

XMIN=-ESCX
VX=2.0*ESCX
YMIN=.0D+00
VY=ESCX
    CALL GCRTR(ESCX,ESCY,IC,XMIN,VX,YMIN,VY)
300  CALL LETECS(IK,JK)
    IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 400
    GOTO 300
400  CALL HGR(2)
CLOSE(3,STATUS='KEEP')
    RETURN
    END
C*****
C
C    SUBROTINA PARA GERAR A AREA DO GRAFICO RESERVADA PARA ABERRACAO
C    CROMATICA LONGITUDINAL
C
C    SUBROUTINE GCRLO(ESCX,ESCY,IC,XMIN,VX,YMIN,VY,CRI)
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
EXTERNAL HGR,HPLLOT,POSCUR
    CALL HGR(6)
CALL POSCUR(1,1,0)
WRITE(*, '(\\)')
WRITE(*,10) ESCY,ESCX,ARQUIVO,COM(2),COM(3),CRI
10  FORMAT(10X,' **** ABERRACAO CROMATICA LONGITUDINAL ****',/,
+45X,' ALTURA',/,45X,' ESC. Y=',E11.5,//////////,
+15X,' CROM.',21X,' ESC. X= ',E11.5,/,
+15X,' SISTEMA = ',A11,8X,' COR2 = ',E11.5,/,
+45X,' COR3 = ',E11.5,/,
+45X,' CR(H=0) = ',E11.5,/)
    IF(ITO.EQ.1) THEN
        WRITE(*,20)
20  FORMAT(15X,' OBJETO FINITO.',\\)
        ELSE
        WRITE(*,30)
30  FORMAT(15X,' OBJETO IMPROPIO',\\)
        ENDIF
C
IINI=120
ITAM=200
JINI=65
JTAM=116
C
C    DESENHA EIXOX [ IINI , ITAM , JINI ]
C
    DO 100 I=IINI,IINI+ITAM
        CALL HPLLOT(I,JINI,1)
100  CONTINUE
C
C    DESENHA EIXOY [ IINI , JINI , JTAM ]
C
I=IINI+ITAM/2
    DO 200 J=JINI,JINI+JTAM
        CALL HPLLOT(I,J,1)
200  CONTINUE
C
C    GERACAO DO GRAFICO
C
    REWIND 3
C
DO 500, I=1, IC
C
READ(3,40,ERR=500,END=500) HI,ABES
40  FORMAT(1X,E12.6,1X,E12.6)
IPLOT=IINI+(ABES-XMIN)*ITAM/VX
JPLOT=JINI+(HI-YMIN)*JTAM/VY
CALL HPLLOT(IPLOT,JPLOT,1)
500  CONTINUE
C
RETURN
END
C*****

```



```

        IF(DABS(SS).LE.NULO) GOTO 200
        SC3=QI/SS
        IC=IC+1
        IF(IC.EQ.1) THEN
            CRI=SC2-SC3
            CRL=.0D+00
        ELSE
            CRL=(SC2-SC3)-CRI
        ENDIF
    ESCX=MAX(ESCX,DABS(CRL))
    WRITE(3,40) HI,CRL
40    FORMAT(1X,E12.6,1X,E12.6)
    ESCY=HI
    IC=IC+1
200    CONTINUE
    ENDFILE 3
    XMIN=-ESCX
    VX=2.0*ESCX
    YMIN=.0D+00
    VY=ESCY
    CALL GCRLO(ESCX,ESCY,IC,XMIN,VX,YMIN,VY,CRI)
300    CALL LETECS(IK,JK)
        IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 400
        GOTO 300
400    CALL HGR(2)
    CLOSE(3,STATUS='KEEP')
    RETURN
    END
C*****
C
C    SUBROTINA PARA GERAR A AREA DO GRAFICO RESERVADA PARA A ABERRACAO
C    CROMATICA LATERAL
C
        SUBROUTINE GCRLA(ESCX,ESCY,IC,XMIN,VX,YMIN,VY)
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
        EXTERNAL HGR,POSCUR,HPLLOT
        CALL HGR(6)
    CALL POSCUR(0,1,0)
        IF(ITO.EQ.1) THEN
    WRITE(*,10) ESCY,ESCX,ARQUIVO,COM(2),COM(3)
10    FORMAT(21X,' **** ABERRACAO CROMATICA LATERAL ****',/,
+45X,' ALTURA DO OBJETO',/,45X,' ESC. Y=',E11.5,/////////,
+15X,' CRLA. ',19X,' ESC. X= ',E11.5,/,
+15X,' SISTEMA = ',A11,8X,' COR2 = ',E11.5,/,
+45X,' COR3 = ',E11.5,/)
        ELSE
    WRITE(*,20) ESCY*CODPI,ESCX,ARQUIVO,COM(1),COM(3)
20    FORMAT(21X,' **** ABERRACAO CROMATICA LATERAL ****',/,
+45X,' ANGULO DO OBJETO',/,45X,' ESC. Y=',E11.5,/////////,
+15X,' CRLA. ',19X,' ESC. X= ',E11.5,/,
+15X,' SISTEMA = ',A11,8X,' COR2 = ',E11.5,/,
+45X,' COR3 = ',E11.5,/)
        ENDIF
C
    IINI=120
    ITAM=200
    JINI=65
    JTAM=116
C
C    DESENHA EIXOX [ IINI , ITAM , JINI ]
C
        DO 100 I=IINI,IINI+ITAM
            CALL HPLLOT(I,JINI,1)
100    CONTINUE
C
C    DESENHA EIXOY [ IINI , JINI , JTAM ]
C
    I=IINI+ITAM/2
        DO 200 J=JINI,JINI+JTAM
            CALL HPLLOT(I,J,1)
200    CONTINUE
C

```



```

C GERACAO DO GRAFICO
C
C      REWIND 3
C
DO 500, I=1, IC
C
READ(3, 40, ERR=500, END=500) CLA, YO
40   FORMAT(1X, E12.6, 1X, E12.6)
IPLOT=IINI+(CLA-XMIN)*ITAM/VX
JPLOT=JINI+(YO-YMIN)*JTAM/VY
CALL HPLOT(IPLOT, JPLOT, 1)
500 CONTINUE
C
RETURN
END
C*****
C
C      PROGRAMA PARA CALCULAR A ABERACAO CROMATICA LATERAL
C
C      SUBROUTINE CRLA
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
      INTRINSIC MAX, DABS, DTAN
      EXTERNAL LETECS, SKIN, HGR, GCRLA
C
5      CALL HGR(2)
      WRITE(*, 10)
10     FORMAT(, 10)
      +/,
      ***** TRACADO DE RAIOS MERIDIONAIS ***** ',
      ABERRACAO CROMATICA LATERAL ', ///)
20 WRITE(*, '(A,\)')', NUMERO DE RAIOS Nr= '
READ(*, *, ERR=20) INR
C
C      AJUSTE DOS COMPRIMENTOS DE ONDA
C
      IF(COM(2).GT.COM(3)) THEN
        ICOR2=3
        ICOR3=2
      ELSE
        ICOR2=2
        ICOR3=3
      ENDIF
      IC=0
ESCX=.0D+00
      OPEN(3, FILE='CRLA.DAT')
C
C      CONDICAOES INICIAIS EM FUNCAO DO TIPO DE OBJETO
C
      IF(ITO.EQ.1) THEN
        DYO=AOI(NOI)/INR
        YC=-DYO
      ELSE
        DSIO=SIGI(NOI)/INR
        YC=-DSIO
      ENDIF
C
C      CONDICAOES FINAIS EM FUNCAO DA IMAGEM
C
      IF(ITO.EQ.1) POS=DIF
      IF(ITO.EQ.2) POS=FSI
      DO 200 J=1, INR+1
C
      IF(ITO.EQ.1) THEN
        YC=YC+DYO
        YE=SPE*YC/(SPE-DOI)
        TS=(YE-YC)/DOI
        CSA=1.0D+00/DSQRT(1.0D+00+TS*TS)
        SSA=CSA*TS
        QIA=YE*CSA
        EIA=-DOI
        ZIA=.0D+00
      ELSE
        YC=YC+DSIO
        SSA=DSIN(YC)

```

```

        CSA=DCOS(YC)
        YE=SSA*SPE/CSA
        QIA=YE*CSA
        EIA=.0D+00
        ZIA=.0D+00
    ENDIF
C
        QI=QIA
        SS=SSA
        CS=CSA
        EI=EIA
        ZI=ZIA
    CALL SKIN(ICOR2,QI,SS,CS,EI,ZI,*200,0)
    IF(DABS(SS).LE.NULO) THEN
        YI2=QI
    ELSE
        YI2=(QI-POS*SS)/CS
    ENDIF
C
        QI=QIA
        SS=SSA
        CS=CSA
        EI=EIA
        ZI=ZIA
    CALL SKIN(ICOR3,QI,SS,CS,EI,ZI,*200,0)
    IF(DABS(SS).LE.NULO) THEN
        YI3=QI
    ELSE
        YI3=(QI-POS*SS)/CS
    ENDIF
    CLA=YI2-YI3
C
        IC=IC+1
    ESCX=MAX(ESCX,DABS(CLA))
    WRITE(3,40) CLA,YC
40      FORMAT(1X,E12.6,1X,E12.6)
    ESCY=YC
200    CONTINUE
    ENDFILE 3
    XMIN=-ESCX
    VX=2.0*ESCX
    YMIN=.0D+00
    VY=ESCY
    CALL GCRLA(ESCX,ESCY,IC,XMIN,VX,YMIN,VY)
300    CALL LETECS(IK,JK)
    IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 400
    GOTO 300
400    CALL HGR(2)
    CLOSE(3,STATUS='KEEP')
    RETURN
    END

```

B.6 Programa ESPA.FOR

\$DEBUG

```

*****
C
C      ARQUIVO:ESPA.FOR
C
C      PROGRAMA DE AVALIACAO ESPACIAL
C
      SUBROUTINE ESPA
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
      EXTERNAL ESPR,ESSUP,ESINF,ESLAT,HGR,LETECS,GDCO
      EXTERNAL ABTR,SPOT,EXEC,DEFO,POSCUR
5      CALL HGR(2)
      WRITE(*,10)
10     FORMAT(///,
1'          PROGRAMA DE AVALIACAO ESPACIAL',///,
1' DETERMINACAO DOS LIMITES DE ENTRADA = F1',///,
1' DETERMINACAO DAS DESFOCALIZACOES = F2',///,
1' ABERRACOES TRANSVERSAIS = F3',///,
1'          DIAGRAMA DO SPOT = F4',///,
1'          RETORNO = ESC',///,
1'          OPCA0 = ',\')
15     CALL LETECS(IK,JK)
      IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.59) GOTO 100
      IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.60) GOTO 200
      IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.61) GOTO 300
      IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.62) GOTO 400
      IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 1000
      GOTO 5
C
C      DETERMINACAO DOS LIMITES REAIS DE ENTRADA PARA O RAO DE
C      REFERENCIA ( ICOR=1 )
C
100    CALL HGR(2)
      CALL POSCUR(1,10,0)
      WRITE(*,*)' *** DETERMINACAO DOS LIMITES EM ANDAMENTO ***'
      IERR=0
      DO 110 I=1,NOI
      CALL ESPR(I,*130,1)
      IF(ITI.EQ.1) POS=DIF
      IF(ITI.EQ.2.AND.IPS.EQ.1) POS=SPS
      IF(ITI.EQ.2.AND.IPS.EQ.2) POS=.0D+00
      VLR=POS-QZP(I)
      XIR=QXP(I)+VLR*SXP(I)/SZP(I)
      YIR=QYP(I)+VLR*SYIP(I)/SZP(I)
110    CONTINUE
      DO 115 I=1,NOI
      CALL ESSUP(I,*135,IERR)
115    CONTINUE
      DO 120 I=1,NOI
      CALL ESINF(I,*140,IERR)
120    CONTINUE
      DO 125 I=1,NOI
      CALL ESLAT(I,*145,IERR)
125    CONTINUE
      CALL GDCO(1)
      GOTO 5
130    WRITE(*,131) I
131    FORMAT(' O RAO PRINCIPAL N= ',I3.3,' NAO ATRAVESSA')
132    CALL LETECS(IK,JK)
      IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 110
      GOTO 132
135    WRITE(*,136) I
136    FORMAT(' A ALTURA SUPERIOR CORRESPONDENTE A N= ',I3.3,' NAO ATRAVE
+SSA')
137    CALL LETECS(IK,JK)
      IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 115
      GOTO 137
140    WRITE(*,141) I
141    FORMAT(' A ALTURA INFERIOR CORRESPONDENTE A N= ',I3.3,' NAO ATRAVE
+SSA')

```

```

142 CALL LETECS(IK,JK)
   IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 120
   GOTO 142
145 WRITE(*,146)I
146 FORMAT(' A ENTRADA LATERAL CORRESPONDENTE A N= ',I3.3,' NAO ATRAVE
+SSA')
147 CALL LETECS(IK,JK)
   IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 5
   GOTO 147

C
C   CALCULO DAS DESFOCALIZACOES
C
200 CALL DEFO
   GOTO 5

C
C   CALCULO DAS ABERRACOES TRANSVERSAIS
C
300 CALL ABTR
   GOTO 5

C
C   DIAGRAMA SPOT
C
400 CALL SPOT
   GOTO 5
1000 RETURN
   END

*****
C
C   ARQUIVO: STRE.FOR
C
C SUBROTINA PARA TRACADO DE RAIOS NO ESPACO
C
C   ICOR= NUMERO DA COR SELECIONADA
C   QX,QY,QZ- COORDENADAS DE ENTRADA DO RAO E COORDENADA FINAL DE
C             INTERCEPRACAO
C   SX,SY,SZ- VENSOR DE ORIENTACAO DO RAO INCIDENTE E DO RAO DE
C             EMERGENCIA FINAL DO SISTEMA OPTICO
C   IERR=1 - MOSTRA NA TELA O TIPO DE ERRO
C
C   SUBROUTINE STREO(ICOR,QX,QY,QZ,SX,SY,SZ,*,IERR)
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
   PARAMETER(EX=.0D+00,EY=.0D+00,EZ=.1D+01)
   INTRINSIC DSQRT
DO 100 I=1,INI

   VKS=VKX(I)*SX+VKY(I)*SY+VKZ(I)*SZ
   VQS=QX*SX+QY*SY+QZ*SZ
   VQ2=QX*QX+QY*QY+QZ*QZ
   VQK=QX*VKX(I)+QY*VKY(I)+QZ*VKZ(I)

   COE1=VKS-CU(I)*VQS
   COE2=CU(I)*VQ2-2.0D+00*VQK

   VNS2=COE1*COE1-CU(I)*COE2
   IF(VNS2.LE..0D+00) THEN
     IF(IERR.EQ.1) THEN
       WRITE(*,*)I,' SEM INTERCEPTACAO'
       GOTO 200
     ENDIF
     GOTO 200
   ENDIF
   VNS=DSQRT(VNS2)

   VL=COE2/(COE1+VNS)
   IF(I.NE.1.AND.VL.LT..0D+00) THEN
     IF(IERR.EQ.1) THEN
       WRITE(*,*)I,' SOBREPOSICAO DE INTERFACES'
       GOTO 200
     ENDIF
   ENDIF
   GOTO 200
ENDIF

```

```

        PX=QX+VL*SX
        PY=QY+VL*SY
        PZ=QZ+VL*SZ

        IF(PX*PX+PY*PY.GT.RI(I)*RI(I)) THEN
            IF(IERR.EQ.1) THEN
                WRITE(*,*)I,' INTERCEPTACAO EXTERNA AO DIAMETRO LENTE'
            GOTO 200
            ENDIF
        ENDIF

        VN=IR(I,ICOR)/IR(I+1,ICOR)
        VN2=VN*VN

        COE3=VN2*(1.0D+00-VNS2)
        IF(COE3.GT.1.0D+00) THEN
            IF(IERR.EQ.1) THEN
                WRITE(*,*)I,' REFLEXAO TOTAL'
            GOTO 200
        ENDIF

        GOTO 200
    ENDIF

    COE3=DSQRT(1.0D+00-COE3)
    COE3=COE3-VN*VNS

    SX=VN*SX+COE3*VNX
    SY=VN*SY+COE3*VNY
    SZ=VN*SZ+COE3*VNZ

    IF(I.EQ.INI) THEN
        QX=PX
        QY=PY
        QZ=PZ
    ELSE
        QX=PX-E(I)*EX
        QY=PY-E(I)*EY
        QZ=PZ-E(I)*EZ
    ENDIF

    100 CONTINUE
    RETURN
    200 RETURN 1
    END
*****
C
C      SUBROTINA PARA DETERMINAR OS COMPONENTES DOS VETORES PARA O RAO
C      PRINCIPAL
C
C      ITO- TIPO DE OBJETO (1-FINITO 2-IMPROPIO)
C      INO- NUMERO DO OBJETO
C
C      XE- POSICAO X DE ENTRADA NA PRIMEIRA INTERFACE
C      YE- POSICAO Y DE ENTRADA NA PRIMEIRA INTERFACE
C
C      SX,SY,SZ- COMPONENTES DO VESOR ASSOCIADO AO RAO
C      QX,QY,QZ- COMPONENTES DO PONTO DE INTERCEPTACAO
C
C      SXP,SYP,SZP- COMPONENTES DO VESOR ASSOCIADO AO RAO PRINCIPAL
C      QXP,QYP,QZP- COMPONENTES DO PONTO DE INTERCEPTACAO ASSOCIADO
C                  AO RAO PRINCIPAL
C
C      SUBROUTINE ESPR(INO,*,IERR)
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
    INTRINSIC DSIN,DCOS
    EXTERNAL STREO
C
    IF(ITO.EQ.1) THEN
        YX=.0D+00

```

```

        YY=AOI(INO)
        YZ=.0D+00
        DX=.0D+00
        DY=.0D+00
        DZ=DOI
    QX=.0D+00
        QY=AERP(INO)
    QZ=.0D+00
        SX=QX-DX-YX
        SY=QY-DY-YY
        SZ=QZ-DZ-YZ
        BV=SX*SX+SY*SY+SZ*SZ
        BV=DSQRT(BV)
    SX=SX/BV
    SY=SY/BV
        SZ=SZ/BV
    ELSE
        QX=.0D+00
        QY=AERP(INO)
        QZ=.0D+00
        SX=.0D+00
        SY=-DSIN(SIGI(INO))
        SZ=DCOS(SIGI(INO))
    ENDIF
CALL STREO(1,QX,QY,QZ,SX,SY,SZ,*100,IERR)
        QXP(INO)=QX
        QYP(INO)=QY
        QZP(INO)=QZ
        SXP(INO)=SX
        SYP(INO)=SY
        SZP(INO)=SZ
    RETURN
100  RETURN1
    END
*****
C
C   DETERMINACAO DA ALTURA SUPERIOR DE INTERCEPTACAO NA PRIMEIRA
C   INTERFACE COM PASSAGEM PELO SISTEMA OPTICO
C
C   NDI- NUMERO DE INTERACOES
C
C   SUBROUTINE ESSUP(INO,*,IERR)
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
    INTRINSIC DSIN,DCOS
    EXTERNAL STREO
C
C   INCREMENTO DE VARREDURA
C
    NDI=200
    DE=2.0*RI(1)/NDI
C   YS=RI(1)
    YS=APS(INO)
C
    IF(ITO.EQ.1) THEN
        IC=1
        DO 10 J=1,NDI
            YX=.0D+00
            YY=AOI(INO)
            YZ=.0D+00
            DX=.0D+00
            DY=.0D+00
            DZ=DOI
        QX=.0D+00
            QY=YS
        QZ=.0D+00
            SX=QX-DX-YX
            SY=QY-DY-YY
            SZ=QZ-DZ-YZ
            BV=SX*SX+SY*SY+SZ*SZ
            BV=DSQRT(BV)
        SX=SX/BV
        SY=SY/BV

```

```

      SZ=SZ/BV
      CALL STREO(1,QX,QY,QZ,SX,SY,SZ,*30,IERR)
      GOTO 70
30    IF(IC.EQ.1) THEN
      IC=0
      DE=-DE
      YS=YS+2*DE
      GOTO 10
    ELSE
      YS=YS+DE
      GOTO 10
    ENDIF
10    CONTINUE
    IF(J.EQ.NDI) RETURN 1
    ELSE
      IC=1
      DO 40 J=1,NDI
      QX=.0D+00
      QY=YS
      QZ=.0D+00
      SX=.0D+00
      SY=-DSIN(SIGI(INO))
      SZ=DCOS(SIGI(INO))
      CALL STREO(1,QX,QY,QZ,SX,SY,SZ,*60,IERR)
      GOTO 70
60    IF(IC.EQ.1) THEN
      IC=0
      DE=-DE
      YS=YS+2*DE
      GOTO 40
    ELSE
      YS=YS+DE
      GOTO 40
    ENDIF
40    CONTINUE
    IF(J.EQ.NDI) RETURN 1
    ENDIF
70    YSE(INO)=YS
RETURN
      END
*****
C
C   DETERMINACAO DA ALTURA INFERIOR DE INTERCEPTACAO NA PRIMEIRA
C   INTERFACE COM PASSAGEM PELO SISTEMA OPTICO
C
C   NDI- NUMERO DE INTERACOES
C
      SUBROUTINE ESINF(INO,*,IERR)
$INCLUDE:'DADOS.FOR'
      INTRINSIC DSIN,DCOS
      EXTERNAL STREO
C
C   INCREMENTO DE VARREDURA
C
      NDI=200
      DE=-2.0*RI(1)/NDI
C      YI=-RI(1)
      YI=API(INO)
C
      IF(ITO.EQ.1) THEN
      IC=1
      YIE(INO)=API(INO)
      DO 10 J=1,NDI
      YX=.0D+00
      YY=AOI(INO)
      YZ=.0D+00
      DX=.0D+00
      DY=.0D+00
      DZ=DOI
      QX=.0D+00
      QY=YI
      QZ=.0D+00

```

```

        SX=QX-DX-YX
        SY=QY-DY-YY
        SZ=QZ-DZ-YZ
        BV=SX*SX+SY*SY+SZ*SZ
        BV=DSQRT(BV)
    SX=SX/BV
    SY=SY/BV
    SZ=SZ/BV
    CALL STREO(1,QX,QY,QZ,SX,SY,SZ,*30,IERR)
    GOTO 70
30      IF(IC.EQ.1) THEN
        IC=0
        DE=-DE
        YI=YI+2*DE
        GOTO 10
      ELSE
        YI=YI+DE
        GOTO 10
      ENDIF
10      CONTINUE
        IF(J.EQ.NDI) RETURN 1
      ELSE
        IC=1
        DO 40 J=1,NDI
          QX=.0D+00
          QY=YI
          QZ=.0D+00
          SX=.0D+00
          SY=-DSIN(SIGI(INO))
          SZ=DCOS(SIGI(INO))
        CALL STREO(1,QX,QY,QZ,SX,SY,SZ,*60,IERR)
        GOTO 70
60      IF(IC.EQ.1) THEN
          IC=0
          DE=-DE
          YI=YI+2*DE
          GOTO 40
        ELSE
          YI=YI+DE
          GOTO 40
        ENDIF
40      CONTINUE
          IF(J.EQ.NDI) RETURN 1
        ENDIF
70      YIE(INO)=YI
        RETURN
      END
*****
C
C   DETERMINACAO DA INTERCEPTACAO LATERAL MAXIMA AO LONGO DA ALTURA
C   DO RAO PRINCIPAL A PRIMEIRA INTERFACE DO SISTEMA OPTICO
C
C   NDI- NUMERO DE INTERACOES
C
C   SUBROUTINE ESLAT(INO,*,IERR)
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
      INTRINSIC DSIN,DCOS,MIN,DABS
      EXTERNAL STREO
C
C   INCREMENTO DE VARREDURA
C
      NDI=100
      XL=RI(1)
      DE=RI(1)/NDI
C
      IF(ITO.EQ.1) THEN
        IC=1
        DO 10 J=1,NDI
          YX=.0D+00
          YY=AOI(INO)
          YZ=.0D+00
          DX=.0D+00

```



```

        DY=.0D+00
        DZ=DOI
QX=XL
        QY=AERP(INO)
QZ=.0D+00
        SX=QX-DX-YX
        SY=QY-DY-YY
        SZ=QZ-DZ-YZ
        BV=SX*SX+SY*SY+SZ*SZ
        BV=DSQRT(BV)
SX=SX/BV
SY=SY/BV
SZ=SZ/BV
CALL STREO(1,QX,QY,QZ,SX,SY,SZ,*30,IERR)
        GOTO 70
30      IF(IC.EQ.1) THEN
        IC=0
        DE=-DE
        XL=XL+2*DE
        GOTO 10
        ELSE
        XL=XL+DE
        GOTO 10
        ENDIF
10      CONTINUE
        IF(J.EQ.NDI) RETURN 1
        ELSE
        IC=1
        DO 40 J=1,NDI
        QX=XL
        QY=AERP(INO)
        QZ=.0D+00
        SX=.0D+00
        SY=DSIN(SIGI(INO))
        SZ=DCOS(SIGI(INO))
        CALL STREO(1,QX,QY,QZ,SX,SY,SZ,*60,IERR)
        GOTO 70
60      IF(IC.EQ.1) THEN
        IC=0
        DE=-DE
        XL=XL+2*DE
        GOTO 40
        ELSE
        XL=XL+DE
        GOTO 40
        ENDIF
40      CONTINUE
        IF(J.EQ.NDI) RETURN 1
        ENDIF
70      IF(INO.NE.1) THEN
        XLE(INO)=XL
        ELSE
        YSE(1)=XL
        YIE(1)=-XL
        XLE(1)=XL
        ENDIF
        RETURN
        END

```

```

*****
C
C   PROGRAMA PARA DETERMINAR A DESFOCALIZACAO EM RELACAO AS IMAGENS
C   SAGITAL E MERIDIONAL ATRAVES DO TRACADO MERIDIONAL PARA O ASTIGMA
C   TISMO
C
C   SUBROUTINE DEFO
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
        INTRINSIC MAX,DABS,DSQRT,DTAN
        EXTERNAL HGR,GDCO,POSCUR,SAST
C
        CALL HGR(2)
        CALL POSCUR(1,10,0)

```

```

WRITE(*,10)
10  FORMAT(10X,'***** CALCULANDO AS DESFOCALIZACOES *****')
C
C  CONDICAOES FINAIS EM FUNCAO DA IMAGEM
C
IF(ITI.EQ.1) POS=DIF
IF(ITI.EQ.2.AND.IPS.EQ.1) POS=SPS
IF(ITI.EQ.2.AND.IPS.EQ.2) POS=.0D+00
DO 200 J=1,NOI
C
IF(ITO.EQ.1) THEN
YE=SPE*AOI(J)/(SPE-DOI)
TS=(YE-AOI(J))/DOI
CS=1.0D+00/DSQRT(1.0D+00+TS*TS)
SS=CS*TS
QI=YE*CS
EI=-DOI
ZI=.0D+00
ELSE
SS=DSIN(SIGI(J))
CS=DCOS(SIGI(J))
YE=SS*SPE/CS
QI=YE*CS
EI=.0D+00
ZI=.0D+00
ENDIF
CALL SAST(1,QI,SS,CS,EI,ZI,DX,DS,DQ,DM,*200,0)
DEME(J)=DQ*CS/DM+ZI-POS
DESA(J)=DX*CS/DS+ZI-POS
200 CONTINUE
CALL GDCO(1)
RETURN
END
C*****
C
C  ABERRACOES ESFERICAS TRANSVERSAIS
C
C  REPRESENTACAO DA VARIACAO DAS ABERRACOES ESFERICAS MERIDIONAIS E
C  SAGITAIS
C
SUBROUTINE ABTR
$INCLUDE:'DADOS.FOR'
CHARACTER ARQIMP*11
EXTERNAL LETECS,TABEME,GABEME,HGR
INTRINSIC MAX,DABS,DSIN,DCOS,DSQRT,INT
C
C  ESCOLHA DO OBJETO, COMPRIMENTO DE ONDA E NUMERO DE RAIOS PARA
C  GERAR O GRAFICO
C
5  CALL HGR(2)
WRITE(*,10)
10  FORMAT(1X,'***** VARIACAO DA ABERRACAO ESFERICA *****',
+/,)
15  WRITE(*,20)
20  FORMAT(1X,'QUAL O OBJETO PARA AVALIACAO? INO= ',\ )
READ(*,'(I3.3)',ERR=15) INO
IF(INO.EQ. 1) ARQIMP='ABTRO1.DAT'
IF(INO.EQ. 2) ARQIMP='ABTRO2.DAT'
IF(INO.EQ. 3) ARQIMP='ABTRO3.DAT'
IF(INO.EQ. 4) ARQIMP='ABTRO4.DAT'
IF(INO.EQ. 5) ARQIMP='ABTRO5.DAT'
IF(INO.EQ. 6) ARQIMP='ABTRO6.DAT'
IF(INO.EQ. 7) ARQIMP='ABTRO7.DAT'
IF(INO.EQ. 8) ARQIMP='ABTRO8.DAT'
IF(INO.EQ. 9) ARQIMP='ABTRO9.DAT'
IF(INO.EQ.10) ARQIMP='ABTR10.DAT'
25  WRITE(*,30)
30  FORMAT(1X,'QUAL O NUMERO DE RAIOS? Nr.= ',\ )
READ(*,'(I3.3)',ERR=25) INR
VNR=INR/2.0
INR=2*INT(VNR)
35  WRITE(*,40)

```

```

40 FORMAT(1X,'QUAL O COMPRIMENTO DE ONDA? ICOR= ',\ )
   READ(*,'(I3.3)',ERR=15) ICOR
C
C CALCULO DO RAO PRINCIPAL DE ACORDO COM O COMPRIMENTO DE ONDA DE
C REFERENCIA
C
      IF(ITO.EQ.1) THEN
        YX=.0D+00
        YY=AOI(INO)
        YZ=.0D+00
        DX=.0D+00
        DY=.0D+00
        DZ=DOI
        QX=.0D+00
        QY=AERP(INO)
        QZ=.0D+00
        SX=QX-DX-YX
        SY=QY-DY-YY
        SZ=QZ-DZ-YZ
        BV=SX*SX+SY*SY+SZ*SZ
        BV=DSQRT(BV)
        SX=SX/BV
        SY=SY/BV
        SZ=SZ/BV
      ELSE
        QX=.0D+00
        QY=AERP(INO)
        QZ=.0D+00
        SX=.0D+00
        SY=-DSIN(SIGI(INO))
        SZ=DCOS(SIGI(INO))
      ENDIF
CALL STREO(ICOR,QX,QY,QZ,SX,SY,SZ,*1000,0)
      QXR=QX
      QYR=QY
      QZR=QZ
      SXR=SX
      SYR=SY
      SZR=SZ
      IF(ITI.EQ.1) POS=DIF
      IF(ITI.EQ.2.AND.IPS.EQ.1) POS=SPS
      IF(ITI.EQ.2.AND.IPS.EQ.2) POS=.0D+00
      VLR=POS-QZ
      XIR=QX+VLR*SXR/SZR
      YIR=QY+VLR*SYR/SZR
C
C   CALCULO DA VARIACAO DA ABERRACAO ESFERICA MERIDIONAL E SAGITAL
C
C   DSY=VARIACAO DA TANGENTE NA DIRECAO MERIDIONAL
C   DYM=VARIACAO DA ABERRACAO NA DIRECAO MERIDIONAL
C   DSX=VARIACAO DA TANGENTE NA DIRECAO SAGITAL
C   DXS=VARIACAO DA ABERRACAO NA DIRECAO SAGITAL
C
C   CALCULO DOS INCREMENTOS NA DIRECAO MERIDIONAL E SAGITAL
C
      DYE=(YSE(INO)-YIE(INO))/INR
      DXE=2.0*XLE(INO)/INR
C
C   CONDICAOES INICIAIS DE INTERCEPTACAO
C
      YEM=YIE(INO)
      XES=-XLE(INO)
      IC=0
      XMAX=-1.0D+10
      OPEN(2,FILE='ABTR.AUX')
      REWIND 2
DO 50,I=1,INR+1
C
C   VARIACAO MERIDIONAL
C
      IF(ITO.EQ.1) THEN
        YX=.0D+00

```

```

        YY=AOI(INO)
        YZ=.0D+00
        DX=.0D+00
        DY=.0D+00
        DZ=DOI
    QX=.0D+00
        QY=YEM
    QZ=.0D+00
        SX=QX-DX-YX
        SY=QY-DY-YY
        SZ=QZ-DZ-YZ
        BV=SX*SX+SY*SY+SZ*SZ
        BV=DSQRT(BV)
    SX=SX/BV
    SY=SY/BV
        SZ=SZ/BV
    ELSE
        QX=.0D+00
        QY=YEM
        QZ=.0D+00
        SX=.0D+00
        SY=-DSIN(SIGI(INO))
        SZ=DCOS(SIGI(INO))
    ENDIF
CALL STREO(ICOR,QX,QY,QZ,SX,SY,SZ,*50,0)
    VLM=POS-QZ
    DYMI=QY+VLM*SY/SZ-YIR
    DSYI=SY/SZ-SYR/SZR
C
C     CALCULO DA VARIACAO SAGITAL
C
    IF(ITO.EQ.1) THEN
        YX=.0D+00
        YY=AOI(INO)
        YZ=.0D+00
        DX=.0D+00
        DY=.0D+00
        DZ=DOI
    QX=XES
        QY=AERP(INO)
    QZ=.0D+00
        SX=QX-DX-YX
        SY=QY-DY-YY
        SZ=QZ-DZ-YZ
        BV=SX*SX+SY*SY+SZ*SZ
        BV=DSQRT(BV)
    SX=SX/BV
    SY=SY/BV
        SZ=SZ/BV
    ELSE
        QX=XES
        QY=AERP(INO)
        QZ=.0D+00
        SX=.0D+00
        SY=-DSIN(SIGI(INO))
        SZ=DCOS(SIGI(INO))
    ENDIF
CALL STREO(ICOR,QX,QY,QZ,SX,SY,SZ,*50,0)
    VLS=POS-QZ
    DXSI=QX+VLS*SX/SZ-XIR
    DSXI=SX/SZ-SXR/SZR
    WRITE(2,49) DSYI,DYMI,DSXI,DXSI
49  FORMAT(1X,E12.6,1X,E12.6,1X,E12.6,1X,E12.6)
    XMAX=MAX(XMAX,DABS(DSX),DABS(DSYI))
    IC=IC+1
    YEM=YEM+DYE
    XES=XES+DXE
50  CONTINUE
    ENDFILE 2
    CLOSE(2,STATUS='KEEP')
C
C     DESFOCALISACAO DA VARIACAO DA ABERRACAO ESFERICA MERIDIONAL

```

```

C
60 CALL HGR(2)
   WRITE(*,65)
65   FORMAT(15X,' **VARIACAO DA ABERRACAO ESFERICA TRANSVERSAL **',//)
   WRITE(*,70) DESA(INO),DEME(INO)
70   FORMAT('   DESFOCALIZACAO SAGITAL; DESA= ',E12.6,/,
+         '   DESFOCALIZACAO MERIDIONAL; DEME= ',E12.6,/)
   WRITE(*,'(A)') '   DESFOCALIZACAO DESF = '
   READ(*,*,ERR=60) DESF

C
C   ABERTURA DO ARQUIVO PARA GERAR GRAFICO POR OUTRO UTILITARIO
C
90   OPEN(2,FILE='ABTR.AUX')
   OPEN(3,FILE=ARQIMP)
   REWIND 3
   YMAX=-1.0D+10
   DO 120 I=1,IC
   READ(2,49) DSY,DYM,DSX,DXS
   DYM=DYM+DESF*DSY
   DXS=DXS+DESF*DSX
   WRITE(3,49) DSY,DYM,DSX,DXS
   YMAX=MAX(YMAX,DABS(DXS),DABS(DYM))
120  CONTINUE
   ENDFILE 2
   CLOSE(2,STATUS='KEEP')
   ENDFILE 3
   CLOSE(3,STATUS='KEEP')
400  WRITE(*,410) XMAX
410  FORMAT(' ESCALA DO EIXO X:  ESCX= ',E12.5)
   WRITE(*,420)
420  FORMAT(' NOVA ESCALA:  ESCX= ',\ )
   READ(*,'(E12.5)',ERR=500) ESCX
   IF(DABS(ESCX).GT.NULO) THEN
     XIMAX=ESCX
   ELSE
     XIMAX=XMAX
   ENDIF
500  WRITE(*,510) YMAX
510  FORMAT(' ESCALA DO EIXO Y:  ESCY= ',E12.5)
   WRITE(*,520)
520  FORMAT(' NOVA ESCALA:  ESCY= ',\ )
   READ(*,'(E12.5)',ERR=500) ESCY
   IF(DABS(ESCY).GT.NULO) THEN
     YIMAX=ESCY
   ELSE
     YIMAX=YMAX
   ENDIF
   ESCX=XIMAX
   ESCY=YIMAX
   VX=2.0*XIMAX
   VY=2.0*YIMAX
   XMIN=-XIMAX
   YMIN=-YIMAX
   COR=COM(ICOR)
   VLD=POS+DESF-QZR
   YD=QYR+VLD*SYR/SZR
CALL TABEME(COR,ESCX,ESCY,DESF,YIR,YD,POS,INO)
CALL GABEME(XMIN,VX,YMIN,VY,IC,ARQIMP)
121  CALL LETECS(IK,JK)
   IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 130
   GOTO 121

C
C   MENU DE OPCOES
C
130  CALL HGR(2)
   WRITE(*,140)
140  FORMAT('   **VARIACAO DA ABERRACAO ESFERICA TRANSVERSAL**',///,
1      '   NOVO OBJETO = F1',/,
1      '   MUDANCA DO COMPRIMENTO DE ONDA = F2',/,
1      '   DESFOCALIZACAO = F3',/,
1      '   RETORNO = ESC',/,
1      '   OPCAO = ',\ )

```

```

150  CALL LETECS(IK,JK)
      IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.59) GOTO 5
      IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.60) THEN
      CALL HGR(2)
      WRITE(*,10)
      GOTO 35
      ENDIF
      IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.61) GOTO 60
      IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 2000
      GOTO 150
1000  WRITE(*,*)' *** O RAO PRINCIPAL NAO FOI ENCONTRADO! ***'
1001  CALL LETECS(IK,JK)
      IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.27) GOTO 130
      GOTO 1001
2000  CALL GDCO(1)
      RETURN
      END
*****
C
C      DADOS DO GRAFICO DA VARIACAO DA ABERRACAO ESFERICA TRANSVERSAL
C
SUBROUTINE TABEME(COR,ESCX,ESCY,DESF,YI,YD,POS,INO)
$INCLUDE:'DADOS.FOR'
      EXTERNAL HGR,POSCUR,EIXO
CALL HGR(6)
C
WRITE(*,10) COR
10  FORMAT(
      1 21X,'DELTA X E Y',//,
      1 58X,'--* VAR. DA ABERR. *--',/,
      1 58X,'          ESFERICA ',/,
      1 58X,'          TRANSVERSAL ',/,
      1 53X,'DELTA SX E SY',///,
      1 53X,'- SAGITAL',/,
      1 53X,'- MERIDIONAL',/,
      1 56X,' COR = ',E11.5)
C
      CALL POSCUR(0,12,0)
      WRITE(*,30) ESCX,ESCY,DESF,YI,YD,POS,INO,ARQUIVO
30  FORMAT(
      1 2X,'ESC. X = ',E11.5,5X,'ESX. Y = ',E11.5,9X,'DESF = ',E11.5,/,
      1 10X,'IMAGEM',//,
      1 10X,'  YI= ',E11.5,29X,'  YD= ',E11.5,/,
      1 10X,'POS = ',E11.5,/,
      1 10X,'OBJETO N= ',I3.3,5X,'SISTEMA : ',A11,\)
      CALL EIXO(3,400,107,80)
      RETURN
      END
C*****
C
C      PLOTAGEM DO GRAFICO NA AREA RESERVADA PELA SUBROTINA TABEME
C      SISTEMA DE COORDENADAS NA TELA
C      IINI=3
C      ITAM=400
C      JINI=107
C      JTAM=80
C      XMIN= VALOR MINIMO NO EIXO X
C      VX= DIFERENCA (XMAX-XMIN)
C      YMIN= VALOR MINIMO DO EIXO Y
C      VY= DIFERENCA (YMAX-YMIN)
C
SUBROUTINE GABEME(XMIN,VX,YMIN,VY,INV,ARQIMP)
$INCLUDE:'DADOS.FOR'
      CHARACTER ARQIMP*11
      INTRINSIC INT
      EXTERNAL HPLLOT
      OPEN(3,FILE=ARQIMP)
      REWIND 3
      J=0
      DO 20 I=1,INV
      READ(3,10,ERR=20,END=20) XVET1,YVET1,XVET2,YVET2
10  FORMAT(1X,E12.6,1X,E12.6,1X,E12.6,1X,E12.6)

```

```

C
C      PLOTA A ABERRACAO MERIDIONAL
C
      IPLOT=3+INT((XVET1-XMIN)*400/VX)
      JPLOT=107+INT((YVET1-YMIN)*80/VY)
      IF((IPLOT.GE.3.AND.IPLOT.LE.403).AND.
+(JPLOT.GE.107.AND.JPLOT.LE.187)) CALL HPLOT(IPLOT,JPLOT,1)
C
C      PLOTA A ABERRACAO SAGITAL
C
      IP=3+INT((XVET2-XMIN)*400/VX)
      JP=107+INT((YVET2-YMIN)*80/VY)
      IF((IP.GE. 3.AND.IP.LE.403).AND.
+ (JP.GE.107.AND.JP.LE.187)) THEN
      IPS=IP
      JPS=JP
      CALL HPLOT(IPS,JPS,1)
      J=J+1
C
C      MARCA A ABERRACAO SAGITAL
C
      IF(J.EQ.1) THEN
      CALL HPLOT(IPS-1,JPS-1,1)
      CALL HPLOT(IPS-1,JPS,1)
      CALL HPLOT(IPS-1,JPS+1,1)
      CALL HPLOT(IPS+1,JPS-1,1)
      CALL HPLOT(IPS+1,JPS,1)
      CALL HPLOT(IPS+1,JPS+1,1)
      CALL HPLOT(IPS-1,JPS,1)
      CALL HPLOT(IPS+1,JPS,1)
      IPS=410
      JPS=124
      CALL HPLOT(IPS,JPS,1)
      CALL HPLOT(IPS-1,JPS-1,1)
      CALL HPLOT(IPS-1,JPS,1)
      CALL HPLOT(IPS-1,JPS+1,1)
      CALL HPLOT(IPS+1,JPS-1,1)
      CALL HPLOT(IPS+1,JPS,1)
      CALL HPLOT(IPS+1,JPS+1,1)
      CALL HPLOT(IPS-1,JPS,1)
      CALL HPLOT(IPS+1,JPS,1)
      ENDIF
      ENDIF
20    CONTINUE
C
C      MARCA A ABERRACAO SAGITAL
C
      CALL HPLOT(IPS-1,JPS-1,1)
      CALL HPLOT(IPS-1,JPS,1)
      CALL HPLOT(IPS-1,JPS+1,1)
      CALL HPLOT(IPS+1,JPS-1,1)
      CALL HPLOT(IPS+1,JPS,1)
      CALL HPLOT(IPS+1,JPS+1,1)
      CALL HPLOT(IPS-1,JPS,1)
      CALL HPLOT(IPS+1,JPS,1)
C
      ENDFILE 3
      CLOSE(3,STATUS='KEEP')
      RETURN
      END
C*****
C
C      SUBROTINA PARA GERAR OS EIXOS COORDENADOS
C
C      - INTERVALO PARA O EIXO IX (0,639)
C      - INTERVALO PARA O EIXO IY (0,199)
C
C      PARAMETROS: IINI=ORIGEM DO EIXO IX
C                  ITAM=TAMANHO DO EIXO IX
C                  JINI=ORIGEM DO EIXO IY
C                  JTAM=TAMANHO DO EIXO IY
C

```

```

SUBROUTINE EIXO(IINI,ITAM,JINI,JTAM)
IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
IFIN=IINI+ITAM
JFIN=JINI+JTAM
IC=IINI+ITAM/2
JC=JINI+JTAM/2
C
C   TRACA A LINHA DA ORDENADA
C
DO 10 I=IINI,IFIN
CALL HPLOT(I,JC,1)
10 CONTINUE
C
C   TRACA A LINHA DA ABSCISSA
C
DO 20 J=JINI,JFIN
CALL HPLOT(IC,J,1)
20 CONTINUE
RETURN
END

C*****
C
C   TRACADO DE RAIOS ESPACIAIS PARA GERAR O DIAGRAMA SPOT
C
C   INR- NUMERO DE RAIOS DA MATRIZ INRxINR
SUBROUTINE SPOT
$INCLUDE:'DADOS.FOR'
CHARACTER ARQIMP*11
EXTERNAL HGR,STREO
C
5 CALL HGR(2)
WRITE(*,10)
10 FORMAT(' *** CONSTRUCAO DO DIAGRAMA SPOT ***',/)
15 WRITE(*,20)
20 FORMAT(1X,'QUAL O OBJETO PARA AVALIACAO? INO= ',\ )
READ(*,'(I3.3)',ERR=15) INO
IF(INO.EQ. 1) ARQIMP='SPOT01.DAT'
IF(INO.EQ. 2) ARQIMP='SPOT02.DAT'
IF(INO.EQ. 3) ARQIMP='SPOT03.DAT'
IF(INO.EQ. 4) ARQIMP='SPOT04.DAT'
IF(INO.EQ. 5) ARQIMP='SPOT05.DAT'
IF(INO.EQ. 6) ARQIMP='SPOT06.DAT'
IF(INO.EQ. 7) ARQIMP='SPOT07.DAT'
IF(INO.EQ. 8) ARQIMP='SPOT08.DAT'
IF(INO.EQ. 9) ARQIMP='SPOT09.DAT'
IF(INO.EQ.10) ARQIMP='SPOT10.DAT'
25 WRITE(*,'(A\)',) ' NUMERO DE RAIOS (<30) = '
READ(*,*,ERR=25) INR
INR=INR/2
INR=2*INR
30 WRITE(*,'(A\)',) ' COMP. DE ONDA ICOR= '
READ(*,*,ERR=30) ICOR
C
C   CALCULO DOS PARAMETROS DE ENTRADA NA PRIMEIRA INTERFACE
C
DYE=(YSE(INO)-YIE(INO))/INR
DXE=2*XLE(INO)/INR
C
OPEN(4,FILE='SPOT.AUX')
C
IC=0
XE=-XLE(INO)-DXE
DO 50 I=1,INR+1
XE=XE+DXE
YE=YIE(INO)-DYE
DO 40 J=1,INR
YE=YE+DYE
IF(ITO.EQ.1) THEN
YX=.0D+00
YY=AOI(INO)
YZ=.0D+00

```



```

        DX=.0D+00
        DY=.0D+00
        DZ=DQI
        QX=XE
        QY=YE
    QZ=.0D+00
        SX=QX-DX-YX
        SY=QY-DY-YY
        SZ=QZ-DZ-YZ
        BV=SX*SX+SY*SY+SZ*SZ
        BV=DSQRT(BV)
    SX=SX/BV
    SY=SY/BV
        SZ=SZ/BV
    ELSE
        QX=XE
        QY=YE
        QZ=.0D+00
        SX=.0D+00
        SY=-DSIN(SIGI(INO))
        SZ=DCOS(SIGI(INO))
    ENDIF
    CALL STREO(ICOR,QX,QY,QZ,SX,SY,SZ,*40,0)
    WRITE(4,*) QX,QY,QZ,SX,SY,SZ
    IC=IC+1
40    CONTINUE
50    CONTINUE
    ENDFILE 4
    CLOSE(4,STATUS='KEEP')
    IF(IC.EQ.0) GOTO 200
    IF(ITI.EQ.1) POS=DIF
    IF(ITI.EQ.2.AND.IPS.EQ.1) POS=SPS
    IF(ITI.EQ.2.AND.IPS.EQ.2) POS=.0D+00
C
60    CALL HGR(2)
        WRITE(*,65)
65    FORMAT(15X,' **** DIAGRAMA DO SPOT ****',/)
        WRITE(*,66) DESA(INO),DEME(INO)
66    FORMAT('      DESFOCALIZACAO SAGITAL; DESA= ',E12.5,/,
+        '      DESFOCALIZACAO MERIDIONAL; DEME= ',E12.5,/,
        WRITE(*,'(A\)' ) '      DESFOCALIZACAO DESF = ',
        READ(*,*,ERR=60) DESF
C
C    CALCULO DO SPOT NO PLANO DA IMAGEM
C
70    VL=(POS-QZP(INO)+DESF)/SZP(INO)
        XI=QXP(INO)+VL*SXP(INO)
        YI=QYP(INO)+VL*SYP(INO)
        ESC=-1.D+10
        OPEN(4,FILE='SPOT.AUX')
        OPEN(5,FILE=ARQIMP)
        DO 80 I=1,IC
            READ(4,*,END=80,ERR=80) QX,QY,QZ,SX,SY,SZ
            VL=(POS+DESF-QZ)/SZ
            XVET=QX+VL*SX-XI
            YVET=QY+VL*SY-YI
            ESC=MAX(ESC,DABS(YVET),DABS(XVET))
            WRITE(5,75) XVET,YVET
75    FORMAT(1X,E12.5,1X,E12.5)
80    CONTINUE
        CLOSE(4,STATUS='KEEP')
        ENDFILE 5
        CLOSE(5,STATUS='KEEP')
400    WRITE(*,410) ESC
410    FORMAT(' ESCALA DO SPOT:  ESC= ',E12.5)
        WRITE(*,420)
420    FORMAT(' NOVA ESCALA:  ESC= ',\ )
        READ(*,'(E12.5)',ERR=400) ESC
        VX=2.0*ESC
        VY=VX
        XMIN=-ESC
        YMIN=-ESC

```

```

SIST='TESTE'
CALL TSPOT(INO,ICOR,DESF,ESC,XI,YI,ZI)
CALL GSPOT(XMIN,VX,YMIN,VY,IC,ARQIMP)
421 CALL LETECS(IK,JK)
    IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 90
    GOTO 421
90  CALL HGR(2)
WRITE(*,100)
100  FORMAT( ,          ***** GRAFICO DO DIAGRAMA SPOT *****',//,
1      ,          NOVO OBJETO = F1',//,
1      ,          MUDANCA DO COMPRIMENTO DE ONDA = F2',//,
1      ,          DESFOCALIZACAO = F3',//,
1      ,          RETORNO = ESC',///,
1      ,          OPCA0 = ',\')
110  CALL LETECS(IK,JK)
    IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.59) GOTO 5
    IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.60) THEN
        CALL HGR(2)
        WRITE(*,10)
        GOTO 30
    ENDIF
    IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.61) GOTO 60
    IF(IK.EQ.27.AND.JK.EQ.01) GOTO 300
    GOTO 110
200  WRITE(*,*)' ***** NENHUM RAIO ATRAVESSOU O SISTEMA OPTICO *****'
201  CALL LETECS(IK,JK)
    IF(IK.EQ.00.AND.JK.EQ.27) GOTO 300
    GOTO 201
300  RETURN
END
C*****
C
C   GERA TELA PARA GRAFICO DO SPOT RESERVADO AREA PARA O GRAFICO
C   E TAMBEM IMPRIME NA TELA OS PARAMETROS NECESSRIOS DE INFORMACAO
C
C
SUBROUTINE TSPOT(INO,ICOR,DESF,ESC,XI,YI,ZI)
$INCLUDE: 'DADOS.FOR'
    EXTERNAL POSCUR,HGR,HPL0T
    CALL HGR(6)
    CALL POSCUR(42,0,0)
    WRITE(*,5)
5    FORMAT('      ----* S P O T *----')
    CALL POSCUR(0,3,0)
    IF(ITO.EQ.1) THEN
        XO=.0D+00
        YO=AOI(INO)
        ZO=DOI
        WRITE(*,10) XO,YO,ZO
10   FORMAT(43X,'      OBJETO :',/,42X,
1       ,      X = ',E11.5,/,42X,
1       ,      Y = ',E11.5,/,42X,
1       ,      Z = ',E11.5)
        ELSE
            WRITE(*,15) SIGI(INO)*CODPI
15   FORMAT(43X,'      OBJETO :',/,42X,
1       ,      'ANG. INI.= ',E11.5,'graus')
        ENDIF
        CALL POSCUR (42,10,0)
        IF(ITI.EQ.1) THEN
            WRITE(*,20) XI,YI,ZI,DESF
20   FORMAT(43X,'      IMAGEM :',/,42X,
1       ,      X = ',E11.5,/,42X,
1       ,      Y = ',E11.5,/,42X,
1       ,      Z = ',E11.5,/,42X,
1       ,      DESF = ',E11.5)
        ELSE
            WRITE(*,25) XI,YI,ZI,DESF,SIGF(INO)*CODPI
25   FORMAT(43X,'      IMAGEM :',/,42X,
1       ,      X = ',E11.5,/,42X,
1       ,      Y = ',E11.5,/,42X,
1       ,      Z = ',E11.5,/,42X,

```

```

1      ' DESF = ',E11.5,/,42X,
1      'ANG. FIN.= ',E11.5,'graus')
      ENDIF
      CALL POSCUR(0,17,0)
      WRITE(*,30) ESC,COM(ICOR),INO,ARQUIVO
30     FORMAT(23X,'= ',E11.5,/,17X,
1       ' COR = ',E11.5,' NUM. DO OBJETO:',I3.3,/,42X,
1       ' SISTEMA : ',A11)
      DO 50,I=0,9
CALL HPLLOT(I,130,1)
      CALL HPLLOT(I+10,65,1)
      CALL HPLLOT(I+10,195,1)
      CALL HPLLOT(I+300,65,1)
      CALL HPLLOT(I+300,195,1)
      CALL HPLLOT(I+311,130,1)
50    CONTINUE
      DO 60,J=0,4
CALL HPLLOT(160,J+60,1)
      CALL HPLLOT(10,J+65,1)
      CALL HPLLOT(310,J+65,1)
      CALL HPLLOT(10,J+191,1)
      CALL HPLLOT(310,J+191,1)
      CALL HPLLOT(160,J+195,1)
60    CONTINUE
      DO 70,I=10,160
      CALL HPLLOT(I,52,1)
70    CONTINUE
      DO 80,J=50,54
      CALL HPLLOT(10,J,1)
      CALL HPLLOT(160,J,1)
80    CONTINUE
      RETURN
END
C*****
C
C      PLOTAGEM DO GRAFICO NA AREA RESERVADA PELA SUBROTINA SPOT
C      SISTEMA DE COORDENADAS NA TELA
C      IINI=10
C      ITAM=300
C      JINI=65
C      JTAM=130
C      IC= NUMERO DE PONTOS
C      XMIN= VALOR MINIMO NO EIXO X
C      VX= DIFERENCA (XMAX-XMIN)
C      YMIN= VALOR MINIMO DO EIXO Y
C      VY= DIFERENCA (YMAX-YMIN)
C
      SUBROUTINE GSPOT(XMIN,VX,YMIN,VY,IC,ARQIMP)
IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
      CHARACTER ARQIMP*11
      INTRINSIC INT
      EXTERNAL HPLLOT
      OPEN(5,FILE=ARQIMP)
      DO 10 I=1,IC
      READ(5,5,ERR=10,END=10) XVET,YVET
5      FORMAT(1X,E12.5,1X,E12.5)
      IPLOT=10+INT((XVET-XMIN)*300/VX)
      JPLOT=65+INT((YVET-YMIN)*130/VY)
      IF((IPLOT.GE.10.AND.IPLOT.LE.310).AND.
+      (JPLOT.GE.65.AND.JPLOT.LE.195)) CALL HPLLOT(IPLOT,JPLOT,1)
10     CONTINUE
      CLOSE(5,STATUS='KEEP')
      RETURN
      END

```

B.7 Programa MONI.ASM

```
;
; ARQUIVO MONI.ASM
;
; MODULO EM ASSEMBLER PARA ROTINAS DE VIDEO
;
; CONSTANTES :
VIDEO EQU 10H ;INT. PARA FUNCOES DE VIDEO
SEG_VIDEO EQU 0B800H ;SEGTO. DA MEMORIA DO VIDEO
SEG_BIOS EQU 0F00H ;SEGTO. DO BIOS
TABCAR EQU 0FA6EH ;TABELA DE CARAC. DO BIOS
FRENTE EQU 00001111B ;COR DE FRENTE
FUNDO EQU 1 ;COR DE FUNDO
NORMAL EQU 17H
REVERSO EQU 71H
INTENSO EQU 1FH
;
; DEFINICAO DAS VARIAVEIS
;
DATA SEGMENT PUBLIC'DATA'
MEMAUX DW ?
MEM1 DB ?
MEM2 DB ?
MEM3 DB ?
PAG_VID DB ? ;PAGINA ATIVA DO VIDEO
INBORX DW ?
INBORY DW ?
FBORX DW ?
FBORY DW ?
DHX DB ?
DLY DB ?
LET DB ?
DATA ENDS
;
; DEFINICAO DA PILHA
;
STACK SEGMENT STACK
STACK ENDS
DGROUP GROUP DATA
;
; ROTINAS EM ASSEMBLER
;
CODE SEGMENT'CODE'
ASSUME CS:CODE,DS:DGROUP,SS:DGROUP
;
;
PUBLIC HGR
HGR PROC FAR
PUSH BP
MOV BP,SP
LES BX,DWORD PTR[BP+6]
MOV AX,ES:[BX]
INT VIDEO
POP BP
RET 4
HGR ENDP
;
;
PUBLIC HPLT
HPLT PROC FAR
PUSH BP
MOV BP,SP
LES BX,DWORD PTR [BP+10]
MOV DX,ES:[BX]
MOV CX,199
SUB CX,DX
MOV DX,CX
LES BX,DWORD PTR [BP+14]
MOV CX,ES:[BX]
```

```

LES BX,DWORD PTR [BP+6]
MOV AX,ES:[BX]
MOV AH,0CH
INT VIDEO
POP BP
RET 12
HPLLOT ENDP
;
;
PUBLIC POSCUR
POSCUR PROC FAR
PUSH BP
MOV BP,SP
LES BX,DWORD PTR[BP+6]
MOV CX,ES:[BX]
LES BX,DWORD PTR[BP+10]
MOV AX,ES:[BX]
MOV DH,AL
LES BX,DWORD PTR[BP+14]
MOV AX,ES:[BX]
MOV DL,AL
MOV BH,CL
MOV AH,2
INT VIDEO
POP BP
RET 12
POSCUR ENDP
;
;
PUBLIC LEGEND
LEGEND PROC FAR
PUSH BP
MOV BP,SP
LES BX,DWORD PTR [BP+18]
MOV AX,ES:[BX]
LES BX,DWORD PTR [BP+14]
MOV CX,ES:[BX]
LES BX,DWORD PTR [BP+10]
MOV DX,ES:[BX]
LES BX,DWORD PTR [BP+6]
MOV BX,ES:[BX]
MOV BH,DL
MOV AH,9
INT VIDEO
POP BP
RET 16
LEGEND ENDP
;
;
PUBLIC SELPAG
SELPAG PROC FAR
PUSH BP
MOV BP,SP
LES BX,DWORD PTR [BP+6]
MOV AX,ES:[BX]
MOV AH,5
INT VIDEO
POP BP
RET 4
SELPAG ENDP
;
;
PUBLIC LIMTEL
LIMTEL PROC FAR
PUSH BP
MOV BP,SP
LES BX,DWORD PTR [BP+22]
MOV CX,ES:[BX]
LES BX,DWORD PTR [BP+18]
MOV AX,ES:[BX]
MOV CH,AL

```

```

LES BX,DWORD PTR [BP+14]
MOV DX,ES:[BX]
LES BX,DWORD PTR [BP+10]
MOV AX,ES:[BX]
MOV DH,AL
LES BX,DWORD PTR [BP+6]
MOV AX,ES:[BX]
MOV BH,AL
MOV AX,0600H
INT VIDEO
POP BP
RET 20
LIMTEL ENDP
;
;

```

```

PUBLIC STATVI
STATVI PROC FAR
MOV AH,OFH
INT VIDEO
MOV CH,0
MOV CL,BH
MOV AH,0
PUSH BP
MOV BP,SP
LES BX,DWORD PTR [BP+6]
MOV ES:[BX],CX
LES BX,DWORD PTR [BP+10]
MOV ES:[BX],AX
POP BP
RET 8
STATVI ENDP
;
;

```

```

PUBLIC LECUR
LECUR PROC FAR
PUSH BP
MOV BP,SP
LES BX,DWORD PTR [BP+6]
MOV AX,ES:[BX]
MOV BH,AL
MOV AH,3
INT VIDEO
MOV BP,SP
LES BX,DWORD PTR [BP+10]
MOV AH,0
MOV AL,DH
MOV ES:[BX],AX
MOV DH,0
LES BX,DWORD PTR [BP+14]
MOV ES:[BX],DX
POP BP
RET 12
LECUR ENDP
;
;

```

```

PUBLIC LECAR
LECAR PROC FAR
PUSH BP
MOV BP,SP
LES BX,DWORD PTR [BP+6]
MOV AX,ES:[BX]
MOV BH,AL
MOV AH,8
INT VIDEO
MOV BP,SP
LES BX,DWORD PTR [BP+10]
MOV AH,0
MOV ES:[BX],AX
POP BP
RET 8
LECAR ENDP
;
;

```

```

PUBLIC ESCTTY
ESCTTY PROC FAR
PUSH BP
MOV BP,SP
LES BX,DWORD PTR [BP+10]
MOV AX,ES:[BX]
LES BX,DWORD PTR [BP+6]
MOV CX,ES:[BX]
MOV BH,CL
MOV AH,14
INT VIDEO
POP BP
RET 8
ESCTTY ENDP

```

```

;
;
PUBLIC MOSTST
MOSTST PROC FAR
PUSH BP
MOV BP,SP
LES BX,DWORD PTR [BP+6]
MOV CX,ES:[BX]
MOV MEM3,CL
LES BX,DWORD PTR [BP+10]
MOV AX,ES:[BX]
MOV MEM1,AL
LES BX,DWORD PTR [BP+14]
MOV AX,ES:[BX]
MOV MEM2,AL
LES BX,DWORD PTR [BP+18]
VOLTA1:
PUSH BX
MOV AX,ES:[BX]
MOV AH,09H
MOV BH,MEM2
MOV BL,MEM1
MOV CX,1
INT VIDEO
MOV AH,3
MOV BH,MEM2
INT VIDEO
CMP DL,79
JNZ SEILA
MOV DL,0
INC DH
JMP JASEI
SEILA:
INC DL
JASEI:
MOV BH,MEM2
MOV AH,2
INT VIDEO
POP BX
INC BX
DEC MEM3
CMP MEM3,0
JNZ VOLTA1
POP BP
RET 16
MOSTST ENDP

```

```

;
;
PUBLIC SELCOR
SELCOR PROC FAR
PUSH BP
MOV BP,SP
LES BX,DWORD PTR [BP+6]
MOV BX,ES:[BX]
MOV AH,11
MOV BH,0
INT VIDEO
POP BP

```

```

RET 4
SELCOR ENDP
;
;
PUBLIC LECORP
LECORP PROC FAR
PUSH BP
MOV BP,SP
LES BX,DWORD PTR [BP+10]
MOV DX,ES:[BX]
MOV CX,199
SUB CX,DX
MOV DX,CX
LES BX,DWORD PTR [BP+14]
MOV CX,ES:[BX]
MOV AH,13
PUSH BP
INT VIDEO
POP BP
LES BX,DWORD PTR [BP+6]
MOV AH,0
MOV ES:[BX],AX
POP BP
RET 12
LECORP ENDP
;
;
PUBLIC RODA
RODA PROC FAR
PUSH BP
MOV BP,SP
LES BX,DWORD PTR [BP+26]
MOV AL,ES:[BX]
LES BX,DWORD PTR [BP+22]
MOV CH,ES:[BX]
LES BX,DWORD PTR [BP+18]
MOV CL,ES:[BX]
LES BX,DWORD PTR [BP+14]
MOV DH,ES:[BX]
LES BX,DWORD PTR [BP+10]
MOV DL,ES:[BX]
LES BX,DWORD PTR [BP+6]
MOV BH,ES:[BX]
MOV AH,6
PUSH BP
INT VIDEO
POP BP
POP BP
RET 24
RODA ENDP
;
;
CODE ENDS
END

```


B.8 Programa TECL.ASM

```
;
;      ARQUIVO TECL.ASM
;
;  MODULO EM ASSEMBLER PARA ROTINAS DE TECLADO
;
;  CONSTANTES :
TECLADO EQU 16H
;
;  DEFINICAO DAS VARIAVEIS
;
DATA SEGMENT PUBLIC 'DATA'
MEMAUX DW ?
DATA ENDS
;
;  DEFINICAO DA PILHA
;
STACK SEGMENT STACK
STACK ENDS
DGROUP GROUP DATA
;
;  ROTINAS EM ASSEMBLER
;
CODE SEGMENT 'CODE'
ASSUME CS:CODE,DS:DGROUP,SS:DGROUP
;
;
PUBLIC LETECS
LETECS PROC FAR
PUSH BP
MOV BP,SP
MOV AH,0
INT TECLADO
MOV BP,SP
LES BX,DWORD PTR [BP+6]
MOV CL,AL
MOV AL,AH
MOV AH,0
MOV ES:[BX],AX
LES BX,DWORD PTR [BP+10]
MOV AL,CL
MOV ES:[BX],AX
POP BP
RET     8
LETECS ENDP
;
;
PUBLIC TESTEC
TESTEC PROC FAR
PUSH BP
MOV BP,SP
MOV AH,1
INT TECLADO
JNZ LYU1
LES BX,DWORD PTR [BP+6]
MOV CX,0
MOV ES:[BX],CX
JMP LUI2
LYU1:
MOV AH,0
INT TECLADO
LES BX,DWORD PTR [BP+10]
MOV CX,AX
MOV AL,AH
MOV AH,0
MOV ES:[BX],AX
LES BX,DWORD PTR [BP+14]
MOV CH,0
MOV AX,CX
```

```
MOV ES:[BX],AX
LES BX,DWORD PTR [BP+6]
MOV CX,10
MOV ES:[BX],CX
LUI2:
POP BP
RET 12
TESTEC ENDP
;
;
CODE ENDS
END
```

Bibliografia

- [1] Begunov, B.N. , et al. , *Teoría de Sistemas Opticos*, traducción T. V. Lozhakova, Moscú, Editorial "Mir", 1976.
- [2] Fischer, R.E. (editor) , *Proc. Optical System Design, Analysis, and Production for Advanced Technology Systems*, Innsbruck, Austria, (S.P.I.E.) Vol.655, 1986.
- [3] Haferkorn, H. , *Bewertung optischer Systeme*, Berlin, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1986, (Physikalische Monographien).
- [4] Haferkorn, H. , *Optik - Physikalisch-technische Grundlagen und Anwendungen*, Berlin, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1980.
- [5] Haferkorn, H. ; Tautz, V. , *Strahl- und Wellenflächendurchrechnung an dezentrierten optischen Systemen*, Wiss. Z. TH. Ilmenau 25 (1979) Heft 3.
- [6] Herzberger, M. , *Modern Geometrical Optics*, New York, Editions Interscience Publishers, 1980.
- [7] Hopkins, R.E., et al., *Military Standardization Handbooks - Optical Design*, Washington, Department of Defense USA, 5 october 1962, MIL-HDBK-141.
- [8] Kingslake, R. , *Lens Design Fundamentals*, New York, Academic Press, Inc. , 1978.
- [9] Naussbaum, A., et al., *Contemporary Optics for Scientists and Engineers*, New Jersey, Editors Prentice-Hall Inc. , 1976. (Solid State Physical Electronics Series)
- [10] O'Shea, D.C. , *Elements of Modern Optical Design*, Georgia, A Wiley-Interscience Publication, 1985.
- [11] Prado, L.C. , *Ótica Geométrica*, São Paulo, Departamento de Publicações da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1a. Edição - Segunda Tiragem, 1953.
- [12] Welford, W.T. , *Aberrations of the Symmetrical Optical System*, London, Academic Press Inc. Ltd. , 1974.

Disquete – I) Documentação do Programa de Avaliação
de Sistemas Ópticos .

Disquete – II) Programa de Avaliação de Sistemas Ópti-
cos — MEPA.EXE .