

## **G<sub>1</sub> - ESPECTROMETRO ÓPTICO DE APLICAÇÃO DIDÁTICA**

MAMMANA, Alaíde Pellegrini; MAMMANA, Carlos Ignacio Zarnitti & TATSCH, Peter Jurgen - Faculdade de Engenharia de Campinas - UNICAMP

Desenvolveu-se um espectrômetro Óptico de projeto e construção bastante simples, o qual opera tanto com prismas como com rede de difração. O instrumento foi construído na oficina da Faculdade de Engenharia de Campinas, da UNICAMP e seu projeto teve como objetivo a simplicidade de construção, exigindo apenas o emprego de torno mecânico em sua fabricação. À exceção da rede de difração, o instrumento foi todo ele construído com material nacional e emprega lentes que compõem o brinquedo denominado "Poliopticon", marca DFV.

Consiste de uma base pesada que lhe oferece excelente estabilidade, à qual se prendem um colimador e uma luneta giratórios em torno de um eixo. Ambos, luneta e colimador, podem ser focalizados facilmente por sistema de rosca. Empregam uma ocular e duas objetivas acromáticas de distância focal 155,2mm.

Pode ser operado com fendas fixadas bem como com fenda ajustável.

A base do instrumento foi projetada de forma a permitir o uso de escala linear graduada em milímetros, portanto de fácil confecção e principalmente de fácil leitura. Cada milímetro da escala corresponde a um grau, enquanto que um vernier permite a leitura de 1/10 de grau.

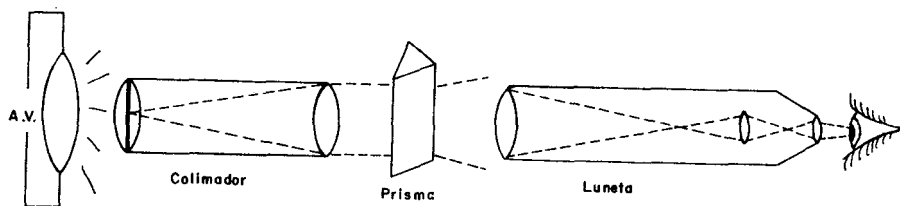
Apresenta múltiplas aplicações, tanto em laboratórios didáticos de Física Básica como de Física Moderna. Tais como: medida de índices de refração, observação e medida de raias espectrais com emprego de rede ou de prisma, determinação da constante de Rydeberg etc.

A emissão **espectral** atômica é fenômeno **importantíssi-**mo a ser investigado experimentalmente nos cursos de graduação de **Física** e de Engenharia Elétrica e Eletrônica. Não dispondo no mercado local de equipamento adequado a este tipo de **observação**, desenvolvemos um **espectrômetro** didático de baixo custo e de simples confecção, a ser utilizado nos laboratórios de ensino da Faculdade de Engenharia da Unicamp.

O espectrômetro, construído nas oficinas da Faculdade de Engenharia, permite a observação e a medida das **linhas** espectrais tanto por refração seletiva em prismas como por **difração** em rede. Além da **análise** do espectro luminoso, este instrumento pode ser empregado na determinação do ângulo de abertura, dos ângulos de desvio **mínimo** do prisma, e ainda do índice de **refração** do material do prisma em função do comprimento de onda da luz.

### **DESCRIÇÃO DO INSTRUMENTO**

Seu princípio de funcionamento baseia-se na coleção e **colimação** da radiação luminosa emitida pela fonte em estudo, na **difração** ou dispersão destes raios através de uma rede ou de um prisma, na **focalização** destes raios por uma luneta, para finalmente serem detetados pelo olho do observador. Na figura 1 ilustramos esquematicamente seu **funcio-**mento.



*Fig. 1 Diagrama esquemático que ilustra o princípio de funcionamento do espectrômetro.*

A função do colimador é tornar paralelo o feixe policromático proveniente da fonte de luz. Este feixe, ao sofrer dispersão no prisma ou difração na rede, se separa em tantos feixes monocromáticos quantos forem os comprimentos de onda presentes na radiação da fonte. Estes feixes monocromáticos divergem entre si. Quando focalizados pela luneta, cada um deles formará uma imagem da fenda ou linha do espectro. A separação entre estas linhas, definida pela relação de dispersão  $d\theta/d\lambda$ , é função do material do prisma ou do espaçamento entre sulcos da rede de difração.

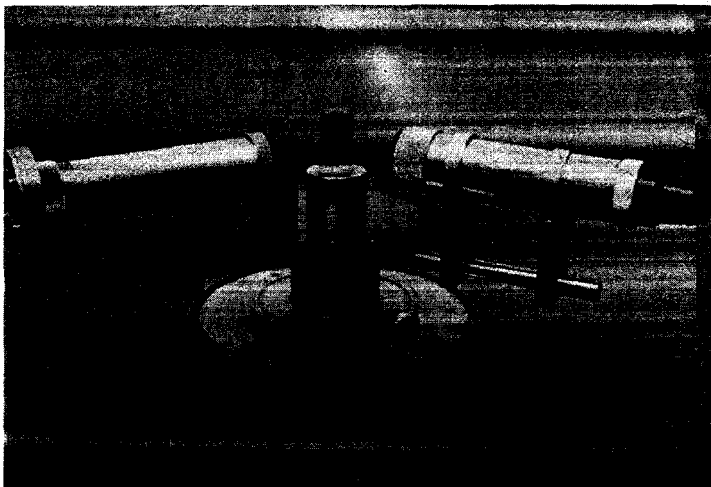
Nas figuras 2 e 3 mostramos fotografias do espectrômetro montado com o prisma e com a rede respectivamente. O instrumento consta das três partes fundamentais que denominamos *corpo principal*, *colimador* e *luneta de observação*. A figura 4 se constitui uma planta geral detalhada do mesmo.

O *corpo principal* engloba a base de sustentação do instrumento, o sistema giratório da luneta, o suporte do colimador e a mesa do prisma ou da rede. Ambas as mesas do prisma e da rede são facilmente removíveis, instalando-se uma ou outra conforme se pretenda utilizar o aparelho com prisma ou com rede. Tanto a mesa como o suporte do colimador e o sistema giratório da luneta são dotados de movimentos de rotação independentes.

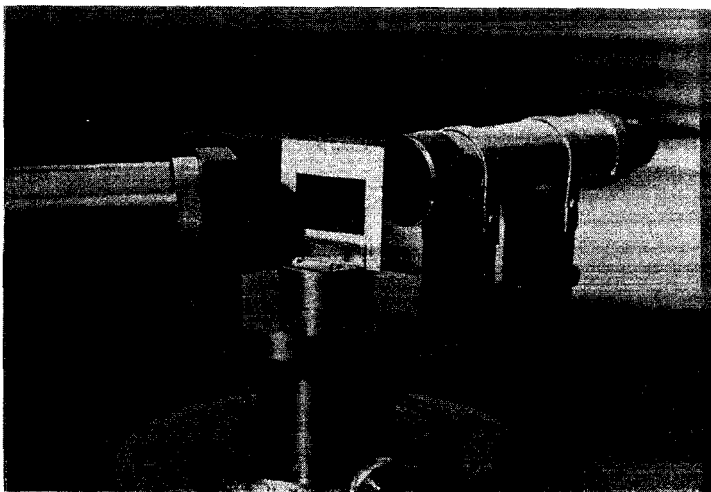
A base de sustentação do instrumento é constituída por uma flange de ferro de diâmetro  $\phi 200\text{mm}$ , assentada sobre três pés que se apoiam na bancada do laboratório. Na figura 5 está um desenho detalhado desta flange, onde se pode observar um sulco onde se ajusta o ponteiro indicador da escala. Nesta flange, de diâmetro  $\phi 20\text{mm}$ , o qual se encontra representado na figura 6.

Acima da flange de sustentação se sobrepõe o sistema giratório da luneta, representado na figura 6. Este é constituído pela flange da escala, de ferro, e cujo diâmetro é  $\phi 114,59\text{mm}$ , flange esta que se fixa a uma bucha de bronze de diâmetro externo  $\phi 60\text{mm}$ . Nesta bucha fixa-se ainda a haste cilíndrica de sustentação da luneta. O sistema flange da escala, bucha, haste e luneta gira solidário. O posicio-

namento angular da luneta é obtido com um ajuste fino e contínuo de **rotação**. O sistema de ajuste fino se constitui num **pequeno** eixo cilíndrico horizontal com uma cabeça **re-**cartilhada que atua por atrito de um anel de borracha sobre a flange da escala, que é solidária à luneta.



*Figura 2. Fotografia do espectrômetro óptico na sua montagem com prisma.*



*Figura 3. Fotografia do espectrômetro Óptico na sua montagem com rede de difração.*

Acima da bucha do sistema giratório da luneta, encontra-se o suporte do colimador constituído pela flange da base da mesa, de aço 1020, cujo diâmetro é  $\phi 115\text{mm}$  (fig.7). Esta flange encontra-se fixada ao eixo principal do instrumento e nela se fixa o colimador através de um suporte prismático. O sistema colimador, flange e eixo principal giram solidários. Uma vez encontrada a posição angular da luneta, pode-se fixar o sistema giratório em relação à base de sustentação, apertando-se o parafuso sobre a flange da escala. Esta flange tem o diâmetro de 114,59mm exatamente para que sobre sua borda se justaponha uma escala linear de 360 mm, dividida em milímetros, com a qual se mede a posição angular da luneta. Como a cada milímetro corresponde um grau, a posição angular da luneta poderá ser facilmente determinada dentro de décimo de grau, desde que para tanto se instale um nônio no instrumento. Este nônio deve ser instalado na extremidade do ponteiro indicador descrito anteriormente. Sendo um dos objetivos do projeto a simplicidade de construção do instrumento, procurou-se evitar escalas circulares, preferindo-se as lineares que podem ser mais facilmente construídas numa simples mesa de desenho ou então mais precisamente num coordenatógrafo.

Na extremidade superior do eixo principal apoia-se a mesa do prisma ou da rede, conforme se pode observar na figura 7. Esta mesa pode girar independentemente do eixo principal desde que se afrouxe o parafuso de fixação da mesa.

O *colimador* consta de um tubo cilíndrico de alumínio contendo numa das extremidades uma fenda fixa e na outra uma objetiva acromática de distância focal 155,2mm do conjunto Poliopticon, fabricado pela DFV. O projeto foi feito de forma a permitir variação tanto da distância entre a fenda e a lente, ou seja, do comprimento do colimador, como da posição de todo o conjunto de colimação em relação à rede ou ao prisma, de modo a se obter a melhor imagem da fenda no processo de focalização. Estes três ajustes são conseguidos através de três roscas finas que deslocam respec-

tivamente o adaptador da fenda, a lente e o sistema de colimação, todo ele, em relação ao corpo principal do instrumento.

A fenda fixa foi construída com lâminas de barbear e montada num suporte que se adapta à extremidade do colimador. Pode-se trabalhar assim com um conjunto de fendas de diferentes larguras, facilmente intercambiáveis por simples encaixe. O instrumento pode operar, preferencialmente, com um sistema de fenda ajustável, o qual se encontra em desenvolvimento na oficina mecânica da Faculdade de Engenharia da UNICAMP. O suporte da lente, por sua vez, foi construído com duas roscas finas, uma das quais é responsável pela adaptação do colimador ao corpo principal do instrumento enquanto que a outra acopla o suporte da lente ao tubo cilíndrico.

A *luneta* é constituída por um tubo cilíndrico ao qual se adaptam um sistema ocular e uma objetiva *acromática* de distância focal 155,2mm. A ocular emprega duas lentes convergentes de distância focal 41,8mm. Tanto as oculares como a objetiva são parte do conjunto de *óptica Poliopticon* da DFV, estando montadas em seus suportes originais. O sistema ocular é, por sua vez, montado no redutor para oculares e no tubo rosqueado para oculares que acompanham o conjunto *Poliopticon*. Este tipo de ocular permite a introdução de dois fios cruzados ou de uma *gratícula* que possibilite uma melhor centralização da imagem. No processo de *focalização* vários ajustes de posição são possíveis através de roscas finas. Pode-se variar a distância entre a lente de olho e a lente de campo da ocular, bem como a distância entre o sistema ocular e a lente objetiva, ou as demais distâncias relativas.

O instrumento dispõe ainda de uma cobertura que se adapta à flange do colimador, blindando-o da radiação externa.

#### **LISTA DO MATERIAL NECESSÁRIO**

Esta lista encontra-se junto à planta geral detalhada do espectrômetro Óptico, figura 4.

#### **EQUIPAMENTO DE OFICINA NECESSÁRIO**

Torno de oficina de 1,5m entre pontas  
Furadeira

## INFORMAÇÕES RELATIVAS A CONSTRUÇÃO

1. A objetiva do colimador foi a única lente despojada de seu suporte original, de forma a simplificar o acoplamento do colimador ao corpo original.
2. O diâmetro do tubo de alumínio empregado na construção da luneta e do colimador não é crítico. Foi escolhido dentro da disponibilidade de comércio local, devendo apenas ser maior que o diâmetro da objetiva de forma a que se possa acoplar o colimador ao corpo principal, por rosqueamento.
3. Os tubos de alumínio devem ser anodizados em preto internamente de forma a tornar menos importante a parcela de luz refletida nas paredes do colimador e da luneta. O mesmo tratamento deve ser dado à mesa do prisma e da rede que também são de alumínio. O suporte do colimador, por ser de ferro, pode ser niquelado em preto.
4. No nosso instrumento empregamos prismas de  $60^\circ$  fabricados no FUNBEC, de acrílico, os quais foram colados à mesa suporte. Pode-se no entanto construir um prendedor de mola que fixe o prisma permitindo trocá-lo mais facilmente quando necessário.
5. As lentes podem obviamente ser substituídas por outras de melhor qualidade, adaptando-se facilmente o projeto às dimensões das mesmas.
6. As redes de difração constituem-se no único acessório que deve ser procurado no comércio internacional.
7. As medidas especificadas na lista do material necessário não são críticas, podendo ser substituídas por valores aproximados por excesso, em função da disponibilidade no mercado. Aqueles valores são os menores possíveis para a posterior usinagem das peças, visando ao menor desperdício de material.

Este trabalho só pode ser executado graças a dedicada e eficiente colaboração do Sr. Rutênio Gadelha de Meneses, Chefe da oficina mecânica da Faculdade de Engenharia da UNICAMP. A ele nosso reconhecimento e gratidão, tanto pela ajuda prestada durante o projeto e desenvolvimento do mesmo, como pela sua arte na sua confecção.

## LEGENDA DA FIGURA I

41	Cabeça giratória	1	Aluminio	$\phi$ 1" x 7/8"
40	Arruela da base do ajuste	1	Aço 1020	$\phi$ 9/16" x 1/16"
39	Porca da base do ajuste	1	Latão	$\phi$ 1/2" x 1/4"
38	Eixo hor.do ajuste fino	1	Aço 304	$\phi$ 1/2" x 1/4"
37	Anel giratório	1	Borracha	$\phi$ 1/4" x 3/8 x 1/16
36	Porca de fix.do eixo	1	Aço 1020	$\phi$ 1 1/4" x 1/2"
35	Arruela de fix.do eixo	1	Aço 1020	$\phi$ 1 1/4" x 1/4"
34	Pé	3	PVC	$\phi$ 1/2" x 2 3/4"
33	Suporte do pé	3	Aço 1020	$\phi$ 1/4" x 3"
32	Flange da base de sustent.	1	Aço 1020	$\phi$ 8 1/2" x 1/2"
31	Paraf.de fix. do ponteiro	1	Latão	$\phi$ 5/16" x 1/2"
30	Ponteiro indicador d.escala	1	Aço 1020	2 1/2" x 1/2" x 1/2"
29	Suporte do nônio	1	Acrílico	1/2" x 1/2" x 1/16"
28	Flange da escala	1	Aço 1020	$\phi$ 4 3/4" x 1/2"
27	Paraf. d.fix.d.base a bucha	4	Aço 1045	$\phi$ 1/8" x 3/4"
26	Sistema ocular	1	Poliopticon	DFV
25	Adap.d. sistema ocular	1	Aluminio	$\phi$ 1 3/4" x 3/4"
24	Haste cilíndrica d.sup.d.Luneta	1	Latão	$\phi$ 1/2" x 6 5/16"
23	Paraf.d.fix.d.sup.da Luneta	2	Aço 1045	$\phi$ 1/8" x 3/4"
22	Garra de fix.da Luneta	2	Aluminio	9 3/4" x 1" x 1/2" x 3/64"
21	Suporte da Luneta	2	Aço 1020	5 1/2" x 1 3/8 x 1/2"
20	Adapt.da objetiva d.Luneta	1	Alumínio	$\phi$ 1 3/4" x 7/8"
19	Objetiva da Luneta	1	Poliopticon	DFV
18	Base do ajuste	1	Latão	$\phi$ 1/2" x 2"
17	Parafuso d.fix.da escala	1	Aço 1020	$\phi$ 5/8" x 7/8"
16	Flange base da mesa	1	Aço 1020	$\phi$ 4 5/8" x 1/2"
15	Bucha giratória	1	Bronze	M 2 1/2" x 2 1/2"
14	Eixo principal	1	Aço 304	$\phi$ 7/8" x 4"
13	Porca de fix. da mesa	1	Bronze	$\phi$ 7/8" x 1/2"
12	Mesa do prisma	1	Aluminio	$\phi$ 1 5/8" x 1 1/4"
11	Par.d.fix.d.mesa d.prisma e rede	1	Latão	$\phi$ 5/16" x 3/4"
10	Arruela da mesa	1	Bronze	$\phi$ 2" x 3/16"
9	Objetiva do colimador	1	Poliopticon	OFV
8	Suporte prismático d.colim.	1	Aço 1020	2 1/2" x 5/8" x 1 3/4"
7	Suporte d.ajuste d.colimador	1	Aluminio,	$\phi$ 1 3/4" x 7/8"
6	Paraf. d.sup.d.fix.d.colimador	2	Aço 1045	$\phi$ 1/8" x 3/4"
5	Tube do Colimador	1	Aluminio	$\phi$ 1 1/2" x 1 3/8"
4	Arruela de encosto da fenda	1	Aluminio	$\phi$ 1 3/4" x 5/8"
3	Suporte da fenda	1	Aluminio	$\phi$ 2 1/2" x 2 1/4"
2	Tampa de fixação da fenda	1	Aluminio	$\phi$ 2 1/2" x 1/4"
1	Paraf.de fixação da tampa	4	Aço 1020	$\phi$ 1/8" x 1/4"

Nº

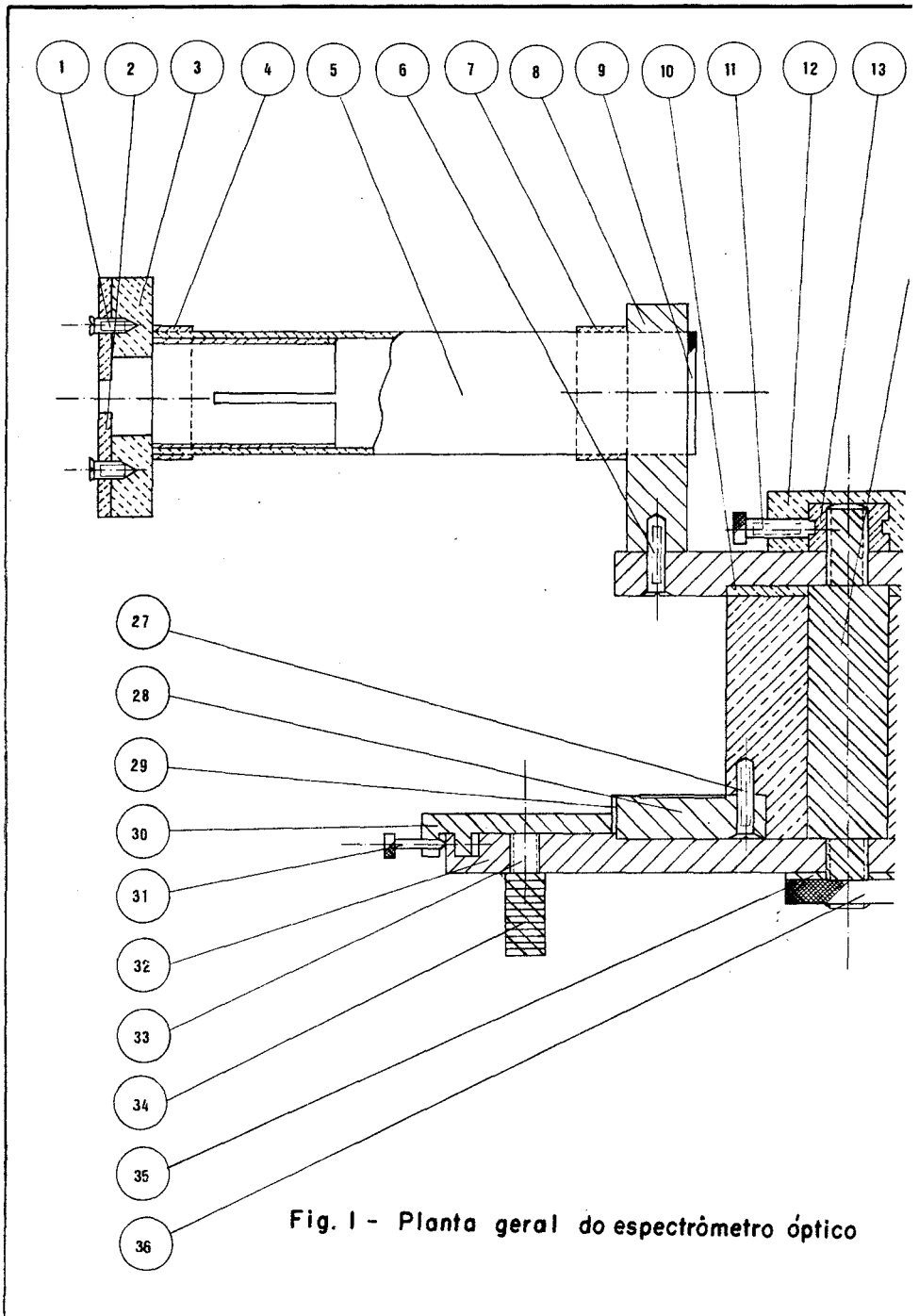
NOME

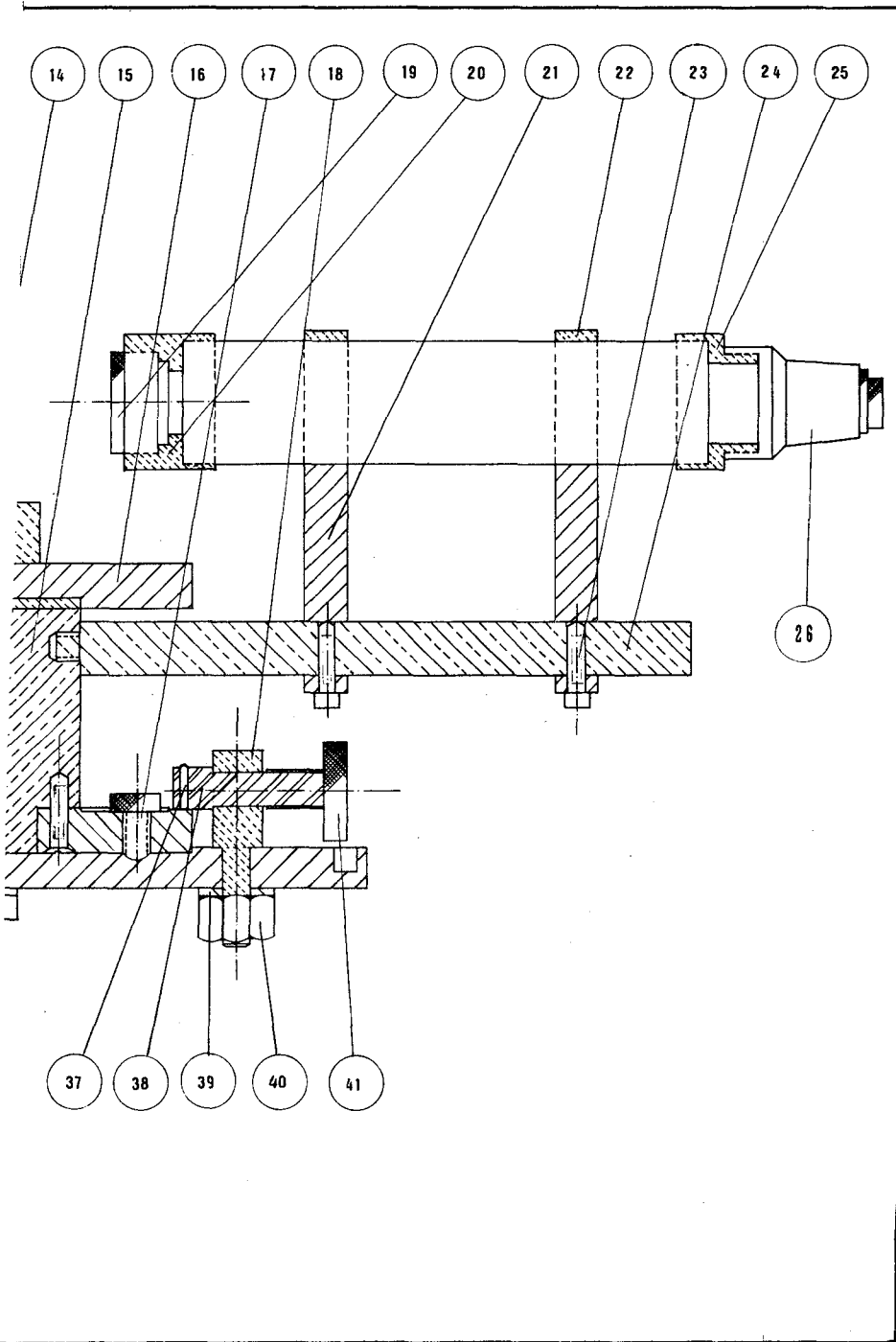
Qua.

Material

Med.Bruta







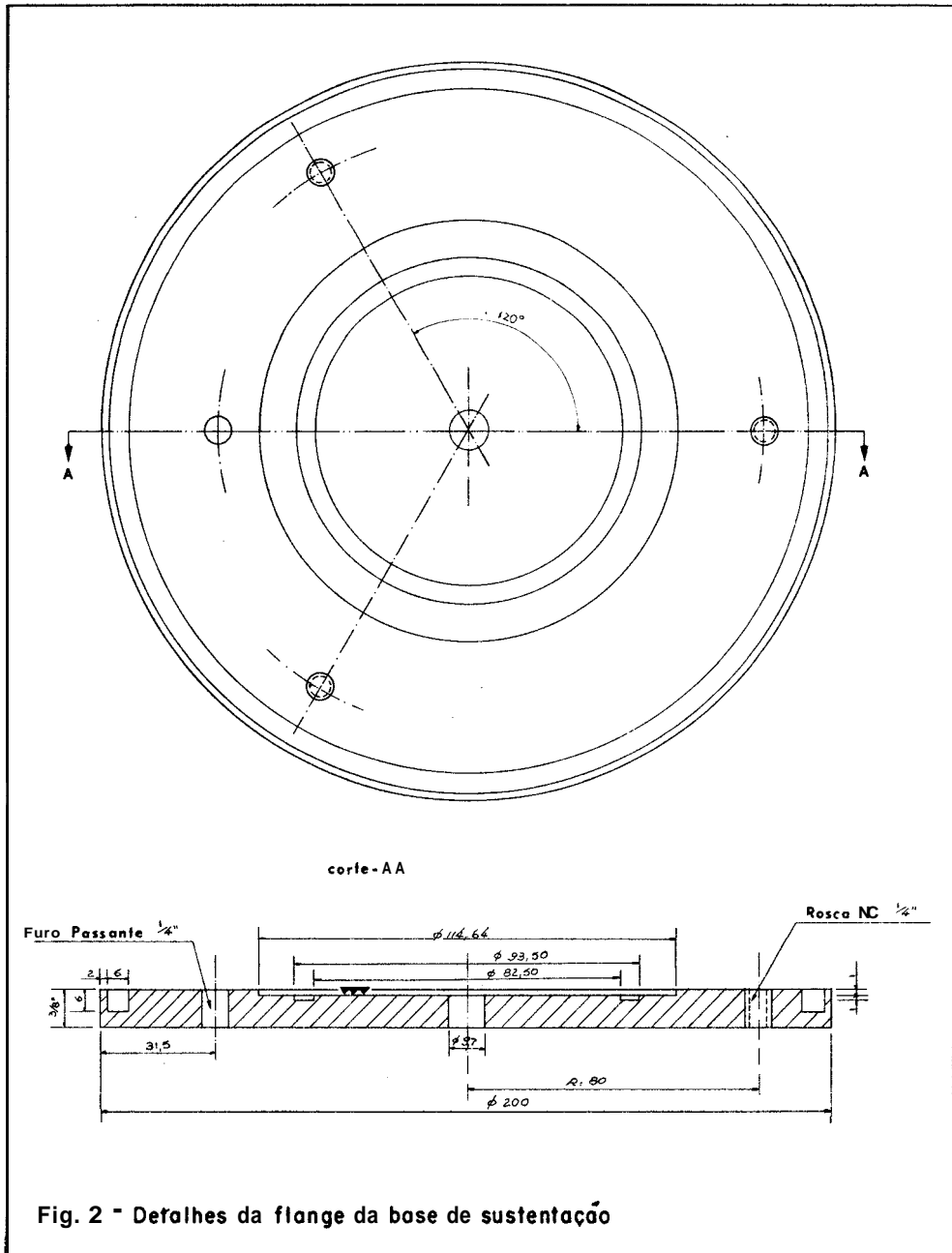


Fig. 2 - Detalhes da flange da base de sustentação



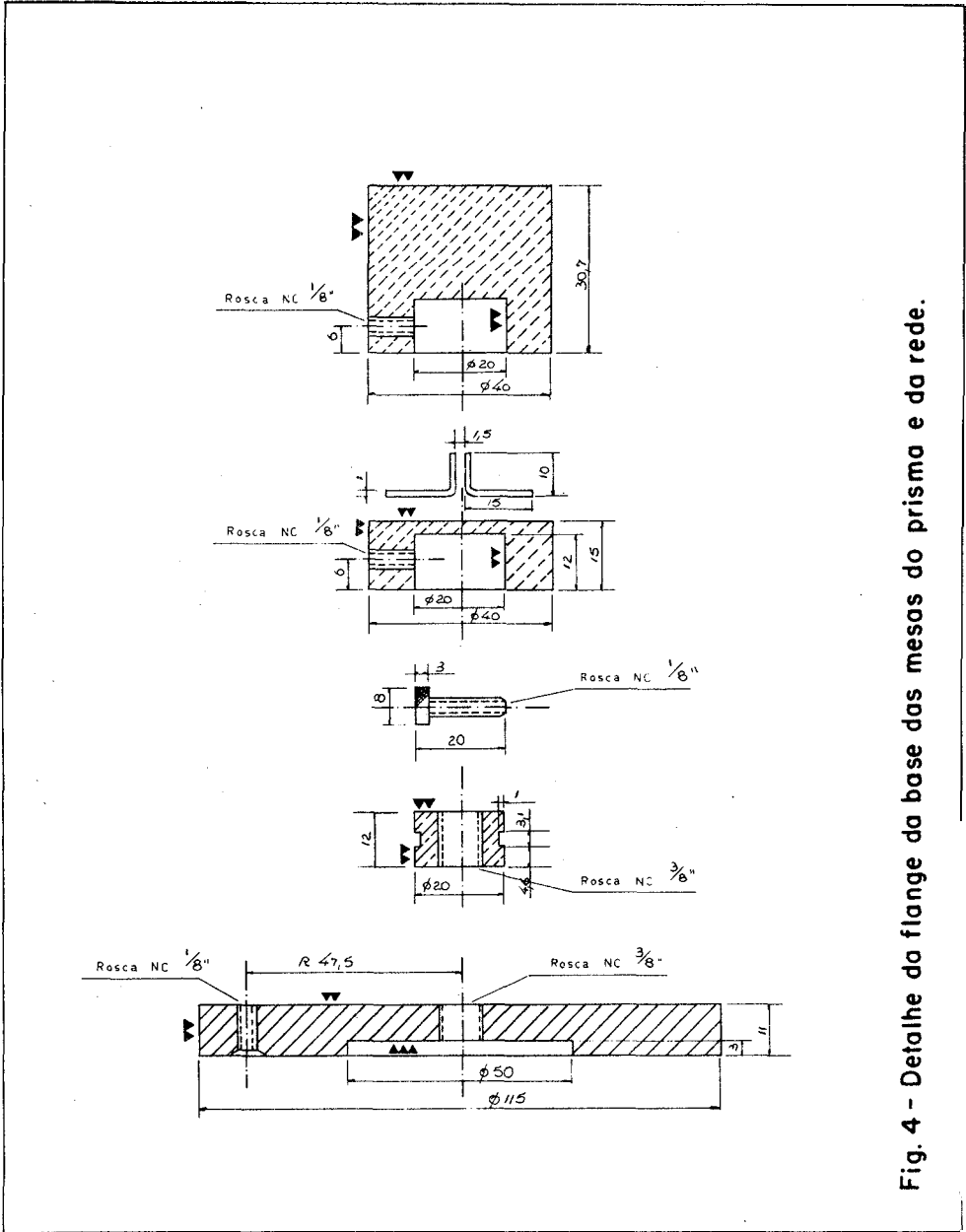


Fig. 4 - Detalhe da flange da base das mesas do prisma e da rede.