



# APOSTILA DO CURSO DE CONSTRUÇÃO DE TELESCÓPIOS



EDER MARTIOLI  
DAS-INPE

# Sobre o Curso

## Objetivos

Este curso é parte das atividades do projeto “Céu Aberto - O Universo Exposto” do SESC-SJC em parceria com a Divisão de Astrofísica (DAS) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Essas atividades celebram o o Ano Internacional da Astronomia (AIA) - 2009. O principal objetivo do curso é oferecer capacitação aos participantes para a montagem, manutenção e manuseio de um telescópio refletor de baixo custo e alto desempenho. No curso são ensinados os procedimentos para elaboração do projeto e construção de um telescópio newtoniano com montagem dobsoniana. Ensina-se também a utilização deste instrumento, para que assim os participantes estejam aptos a utilizar todo o potencial do telescópio. O telescópio proposto no curso poderá ser utilizado tanto em observações astronômicas quanto observações em terra.

## Ementa do Curso

Abaixo segue um resumo do conteúdo ensinado no curso:

1. Histórico da construção de telescópios e do desenvolvimento desses instrumentos.
2. Avaliação e escolha de um telescópio.
3. Componentes ópticos dos telescópios. Tipos de telescópios definidos pela óptica.
4. Montagem e acessórios (filtros, lentes corretivas, prismas, buscadora, etc).

5. Projeto e construção de um telescópio newtoniano com montagem dobsoniana.
6. Testes ópticos para avaliação e manutenção do telescópio.
7. Guia de utilização do telescópio em observações astronômicas.

## **Estrutura do Curso**

### **Público alvo:**

Professores de ensino médio ou fundamental, da rede de ensino, que lecionem nas áreas de ciências, geografia, matemática, física ou química ou qualquer pessoa que se interesse por astronomia amadora.

### **Carga horária:**

4 aulas teóricas de 1h30min.

4 aulas práticas de 1h30min.

total: 12 horas

### **Sugestões de horários:**

- Seg/Qua ou Ter/Qui. Das 19:00 às 22:00 - 2 semanas

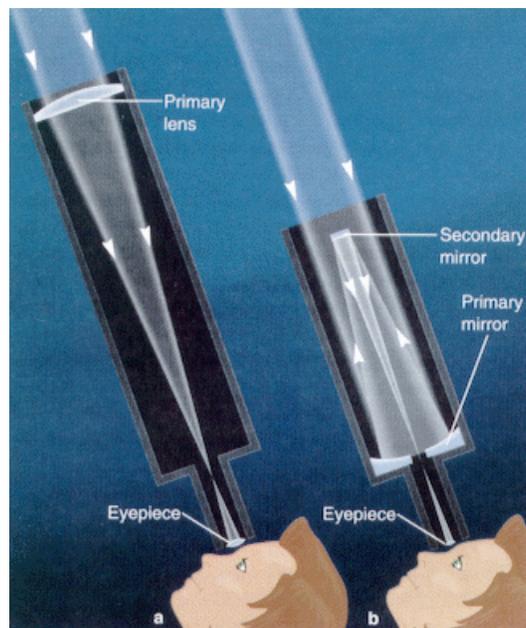
- Seg/Qua/Sex. Das 19:00 às 21:00 - 2 semanas

- Sábados. Das 9:00 às 12:00 - 4 semanas (+ 1 noite para observação)

# Galeria de Exemplos de Telescópios

## Refratores X Refletores

Existem dois tipos de telescópios ópticos: refratores e refletores. Nos refratores, o principal componente é uma lente objetiva curva que refrata os raios de luz até o ponto focal, onde a imagem pode ser ampliada e observada através de uma ocular. Já os refletores utilizam espelhos curvos, que realizam a mesma função da lente objetiva dos refratores, porém, ao invés da luz passar através do vidro, ela é refletida por uma superfície polida e coberta por algum material metálico. O espelho curvo também converge os raios de luz até um ponto focal, onde há a formação de uma imagem que pode ser ampliada e observada pela mesma ocular utilizada nos refratores.



Abaixo segue uma série de imagens com exemplos de telescópios refratores e refletores.

# Telescópios Refratores

Abaixo seguem três exemplos de telescópios refratores.



Luneta de Galileu Galilei utilizada em 1609.



Telescópio Refrator Grubb de 200 mm de diâmetro e 3 m de distância focal. Localiza-se no observatório da USP de São Carlos, SP (CDA-CDCC). É um dos maiores refratores em uso do país.



Telescópio Refrator do Yerkes Observatory - University of Chicago, localizado na Baía de Williams, Winconsin - USA. Criado em 1897 por George Ellery Hale e financiado por Charles T. Yerkes. Possui um diâmetro de 1,02m e distância focal de 19,4 m, e é o maior telescópio refrator em uso.

# Telescópios Refletores

Abaixo seguem algumas imagens mostrando uma série de importantes telescópios refletores utilizados ao longo da história.

## 1. Telescópio de Newton

Réplica do primeiro telescópio refletor construído por Isaac Newton.



## 2. Telescópio de Herschel

Telescópio refletor construído por William Herschel. Ele utilizou este telescópio para descobrir o planeta Urano.



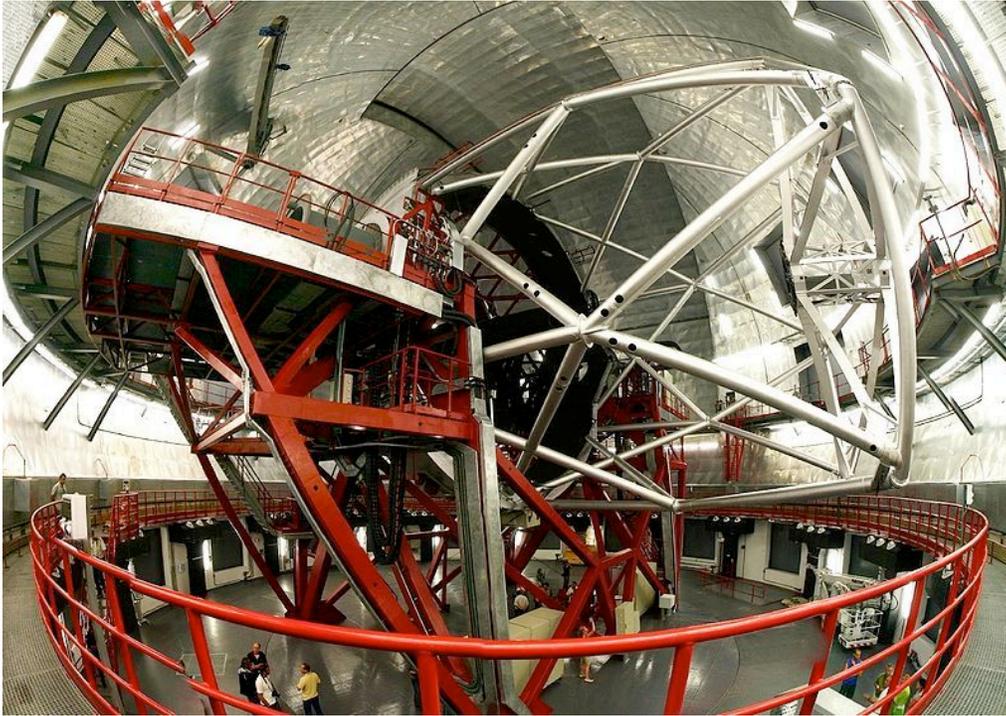
### 3. Observatório Keck

Telescópios de 10 metros de diâmetro do Observatório Keck, no Havaí, EUA. É o interferômetro óptico com os maiores telescópios.



## 4. Gran Observatorio Canarias

Gran Telescópio Canarias de 10,3m de diâmetro, considerado o maior telescópio óptico da atualidade, localizado nas Ilhas Canárias, Espanha.



## 5. VLTI - ESO

Complexo de 4 telescópios de 8 metros e outros 4 de 1,8 metro, formando o maior interferômetro do mundo chamado VLTI do Observatório Europeu do Sul (ESO), localizado no Cerro Paranal, Chile.



## 6. Telescópio Espacial Hubble

Telescópio Espacial Hubble (HST) com um espelho de 2,4 metros de diâmetro.



## 7. Laboratório Nacional de Astrofísica (esquerda) e SOAR (direita)

Telescópio de 1,6 metro de diâmetro do Laboratório Nacional de Astrofísica, localizado na cidade de Brazópolis, sul de Minas Gerais. Este é o maior telescópio em solo brasileiro. Ao lado encontra-se o telescópio SOAR de 4,2 metros de diâmetro localizado em La Serena, nos Andes chilenos. O Brasil é sócio deste instrumento e com ele realiza os principais experimentos de astronomia do país.



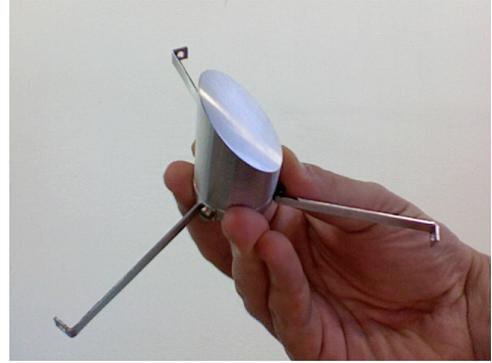
# Elementos de um Telescópio Refletor e seus Acessórios

## Componentes Ópticos

**Espelho primário:** é o principal componente do telescópio refletor e, por isso, é muitas vezes também o mais caro. O espelho primário é um espelho curvo côncavo, podendo ser esférico, parabólico, hiperbólico, etc., dependendo do tipo de óptica adotada. Este formato especial permite que a luz incidente em toda sua superfície seja refletida para um único plano focal. Esse efeito faz com que objetos de fraco brilho, como é o caso dos objetos astronômicos, sejam intensificados. Assim, a função principal desse elemento é a de coletar a maior quantidade possível de luz do objeto que pretendemos observar. Por esse motivo, quanto maior for o tamanho desse espelho, maior será a intensificação e, portanto, o telescópio será mais potente. Além do tamanho, outra característica importante que esse espelho deve possuir é a regularidade da sua superfície refletora. Qualquer defeito nessa superfície pode deformar o padrão da luz que incide no espelho e a imagem resultante também será deformada. Por isso, a qualidade da superfície refletora deve ser uma das principais preocupações quando for construir um telescópio. Um telescópio de qualidade razoável possui uma superfície com irregularidades menores que  $1/4$  do comprimento de onda da luz visível, que mede aproximadamente 0,5 micro-metros.



**Espelho secundário:** é um elemento intermediário utilizado para desviar a luz até a ocular. Normalmente utiliza-se esse espelho na frente do espelho primário, fazendo com que a luz seja desviada da entrada principal do telescópio, permitindo assim que os objetos sejam observados numa posição onde o observador não obstrua a entrada de luz. O telescópio com óptica newtoniana utiliza um espelho secundário plano, porém, outros tipos de óptica utilizam formas variadas para esse espelho. A qualidade da superfície desse espelho deve ser tão boa quanto à do espelho primário, caso contrário, o padrão de luz será deformado e a qualidade da imagem será comprometida, mesmo que o espelho primário seja de qualidade excelente.



**Ocular:** são similares às oculares de um microscópio, ou seja, aquela lente por onde olhamos. Uma ocular constitui-se de um objeto cilíndrico com um jogo de lentes internas. Essas lentes têm a função de projetar uma imagem do objeto em uma forma que nosso olho seja capaz de visualizar. O tamanho dessa imagem projetada pode variar dependendo da ocular utilizada, portanto, para cada tamanho de ocular, obtêm-se um aumento diferente. Por esse motivo, um telescópio normalmente possui várias oculares. A qualidade da ocular também influencia na qualidade final da imagem observada. Uma ocular de má qualidade pode causar, por exemplo, distorções nas bordas da imagem, diferenças de cores, borrões, etc. Utilizar uma ocular de boa qualidade, mas com um aumento não compatível, pode também ser desastroso. Por exemplo, oculares de grande aumento (~6 mm) em telescópios pequenos (~15 cm de diâmetro) não são recomendadas para observação de objetos fracos, como galáxias, nebulosas, etc.



**Lente Barlow:** a lente Barlow 2x, por exemplo, é uma lente auxiliar utilizada junto à ocular para produzir um aumento de duas vezes igual ao aumento que a ocular produziria sozinha. Existem também Barlows de 3x ou mais, porém as mais comuns são de 2x.



**Luneta buscadora:** essa é uma pequena luneta auxiliar de pouco aumento e grande campo, posicionada na estrutura do telescópio e alinhada com a óptica do telescópio. Essa luneta serve para observar a mesma região do céu com um aumento menor, e assim ser possível encontrar objetos mais facilmente, utilizando como referência uma região mais ampla do céu.



**Filtros:** são componentes posicionados no caminho da luz, normalmente no fundo da ocular ou na tampa frontal do telescópio. Os filtros têm a função de bloquear parte da luz. Pode-se, por exemplo, utilizar um filtro neutro para diminuir a intensidade de objetos muito brilhantes. Pode-se também utilizar filtros de cor para destacar determinados objetos que aparecem predominantemente naquela cor. Alguns filtros deixam passar somente uma pequena fração da luz que é emitida por algumas moléculas, tornando assim possível a observação isolada de estruturas de objetos astronômicos constituídos por essas moléculas.



**Prisma zenital:** é um prisma de 45 graus utilizado para refletir a luz em um ângulo de 90 graus e tornar mais cômoda a observação. O prisma torna-se quase que essencial em alguns modelos de telescópios, principalmente para os telescópios com óptica do tipo Cassegrain.



**Focalizador:** é um suporte para a ocular colocado no foco da objetiva. Esse equipamento possui um ajuste estável de distância permitindo que o observador ajuste a distância focal desejada para a ocular. Essa distância varia de acordo com cada ocular, e ainda pode variar para duas pessoas diferentes olhando por uma mesma ocular.



## Tubo

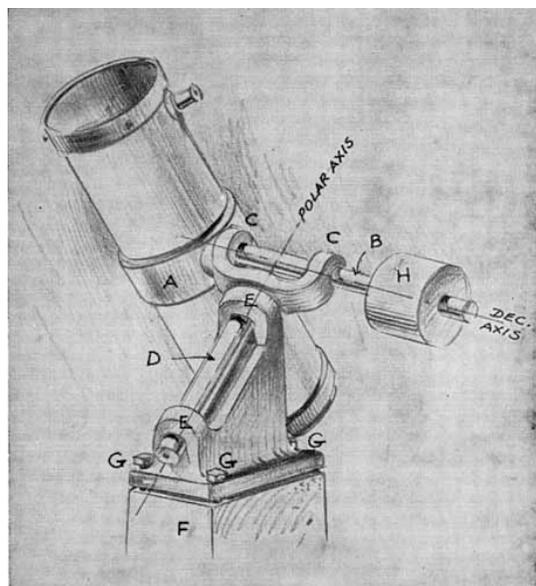
O tubo é um elemento do telescópio que possui algumas funções essenciais mas que não são necessariamente atendidas com um tubo. Isso significa que aquela visão clássica de um telescópio formado por um tubo, não necessariamente precisa ser seguida. O tubo é onde fixamos e alinhamos os componentes ópticos. Existem várias estruturas, inclusive mais simples e práticas que funcionam tão bem, ou até melhor que o tubo. Independente da estrutura utilizada, esta deve suportar os elementos ópticos com rigidez, e mantê-los protegidos e acessíveis para eventuais ajustes. Outra função dessa estrutura é a de proteger contra qualquer iluminação lateral que eventualmente atinja os espelhos e prejudique as observações. O ar dentro dessa estrutura deve estar nas mesmas condições que o ar exterior, por isso essa estrutura deve permitir circulação interna de ar.

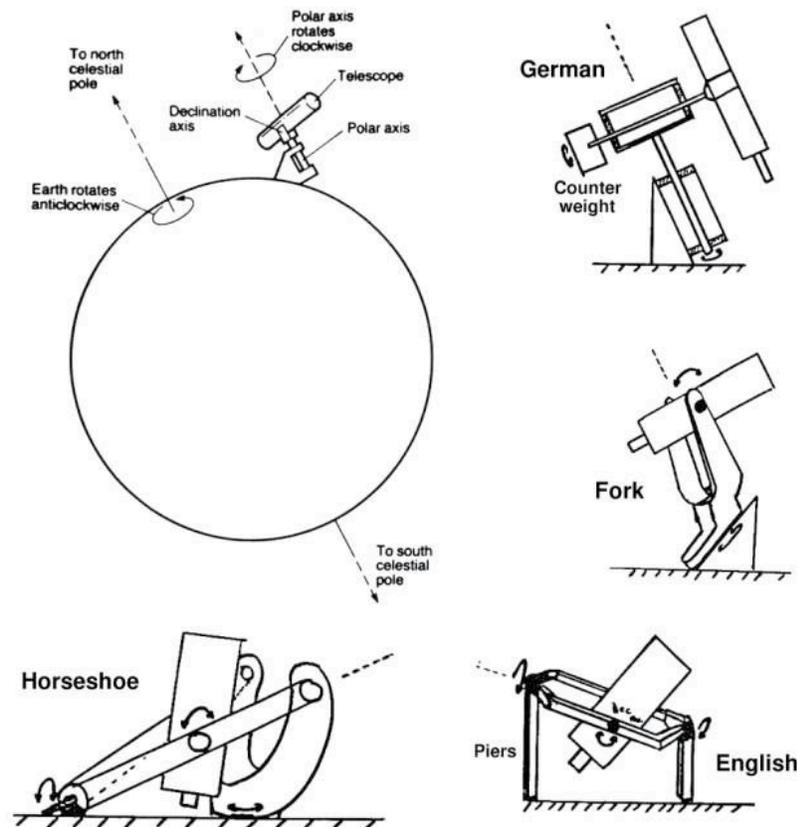


## Montagem

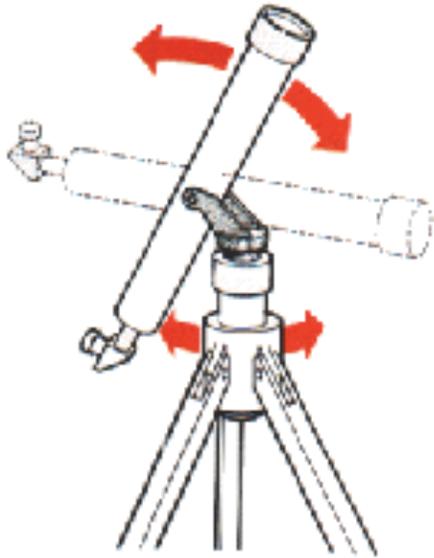
A montagem é a estrutura que suporta o tubo e movimenta-se em determinados eixos para posicionar o telescópio. Em algumas aplicações, a montagem torna-se uma das principais partes do telescópio. Porém, para o caso de um telescópio para fins educacionais e observações amadoras, a montagem não exerce um papel tão importante. Existem dois tipos principais de montagens: equatorial e altazimutal.

**Montagem equatorial:** é alinhada com o eixo da Terra, permitindo assim que se utilize um simples motor para que o telescópio acompanhe o movimento dos astros devido à rotação da Terra. Essa montagem possui dois eixos que movimentam-se sobre as coordenadas celestes equatoriais: ascensão reta e declinação. Esta é uma montagem pouco prática para telescópios móveis, pois cada vez que se posiciona o telescópio, é necessário posicionar os eixos de acordo com a posição geográfica e também de acordo com os pontos cardeais.



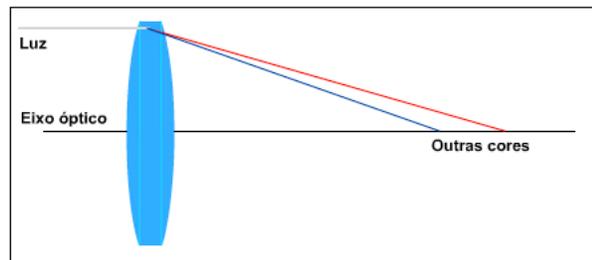
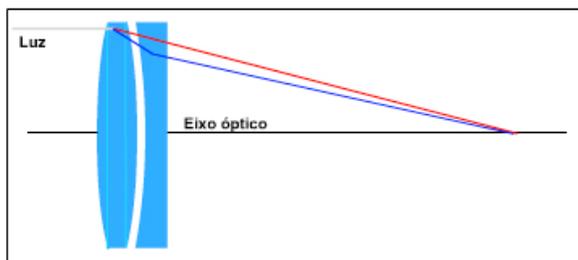
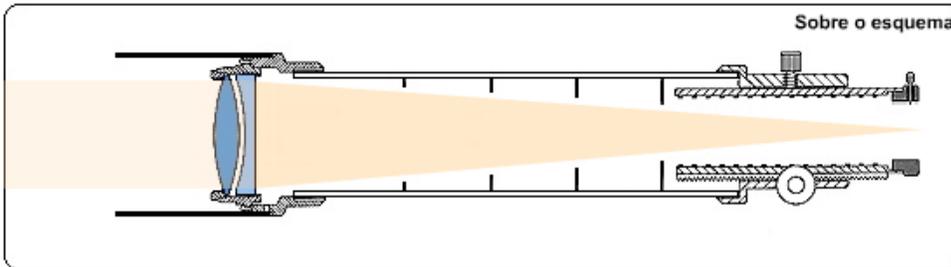


**Montagem altazimutal:** é mais prática e já vem adaptada para cada local, porém não se pode instalar facilmente sistemas de acompanhamento. Essa montagem também possui dois eixos de movimento: altura e azimute. Um dos tipos de montagem altazimutal mais simples de se construir é a chamada montagem Dobsoniana. Neste curso, trabalharemos principalmente com essa montagem.



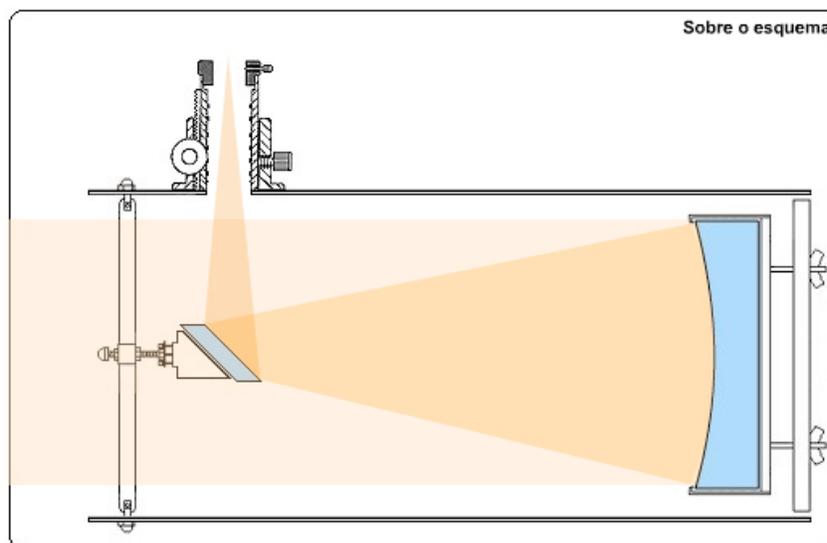
# Tipos de Telescópios Definidos pela Óptica

## 1. Refrator Acromático

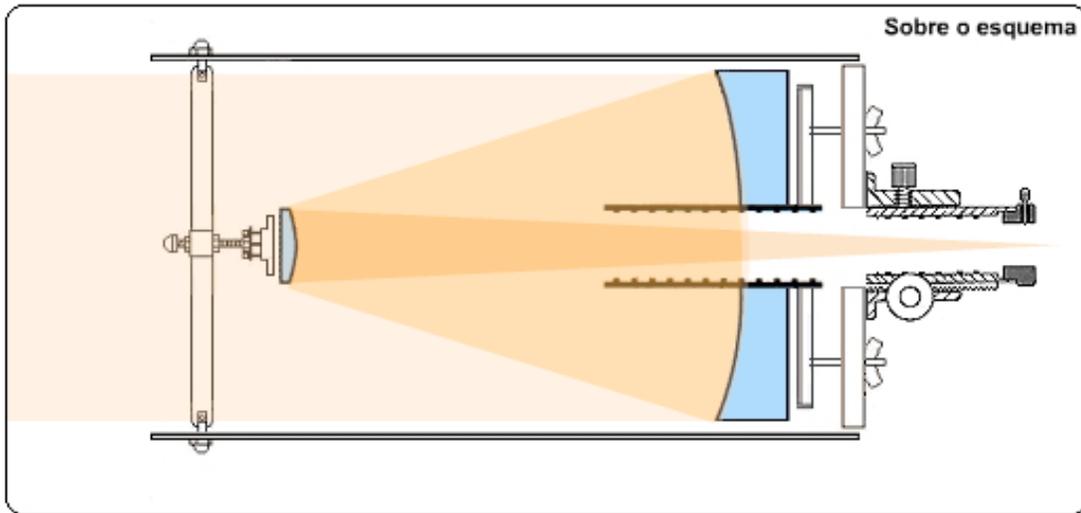


## 2. Refletores

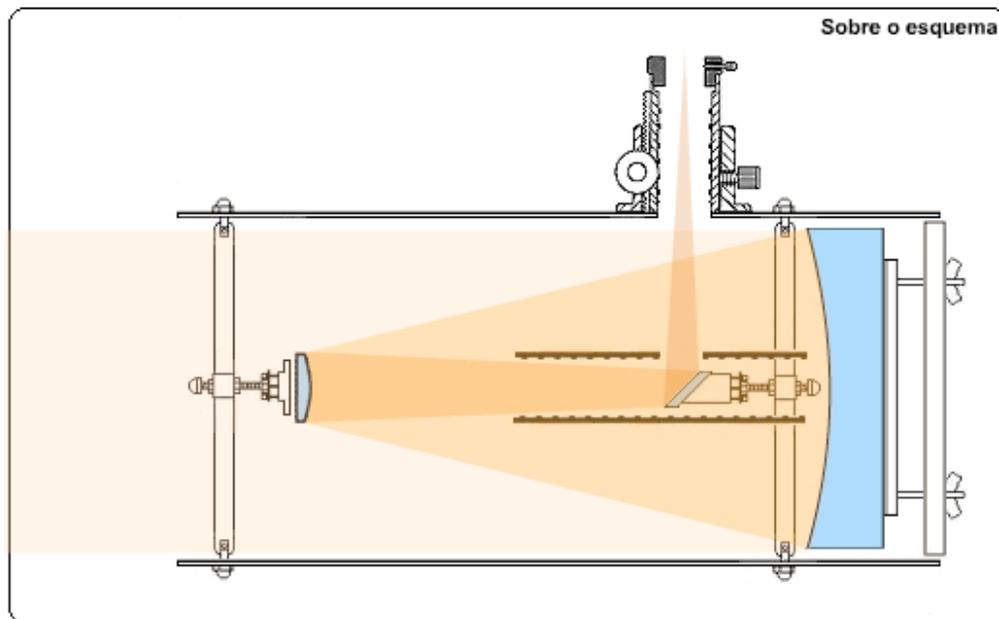
### Newtoniano



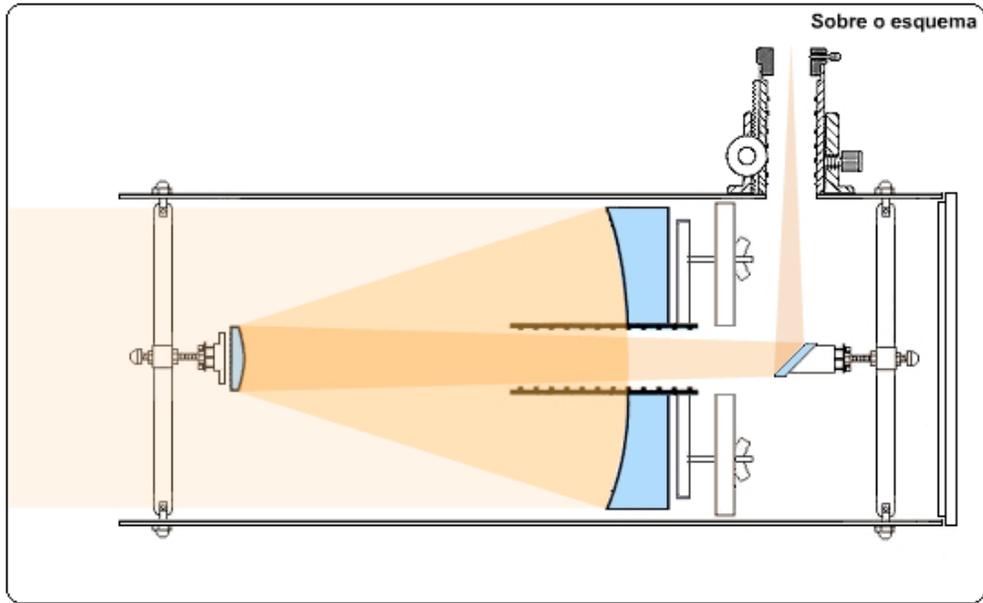
# Cassegrain



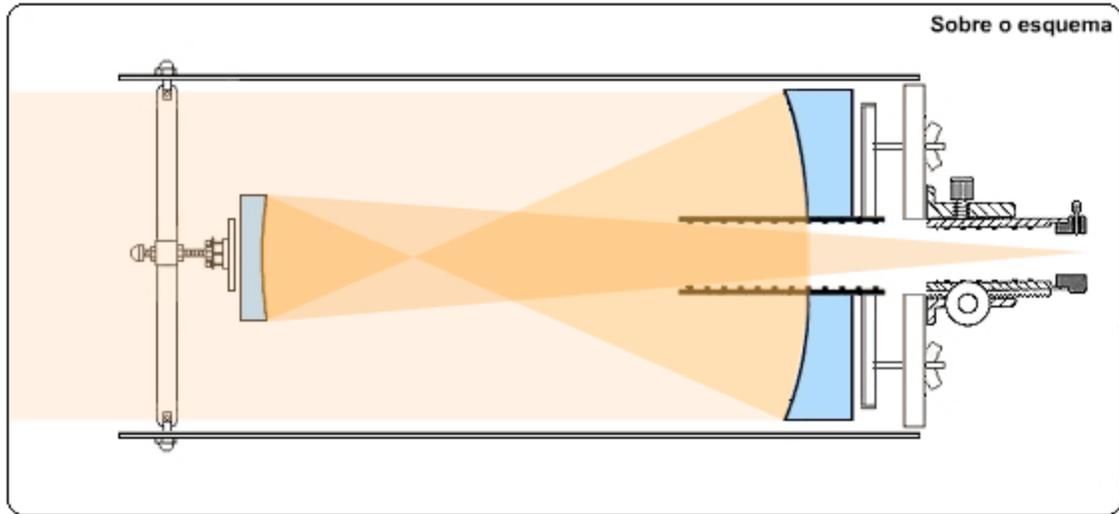
Esquema óptico do telescópio Cassegrain.



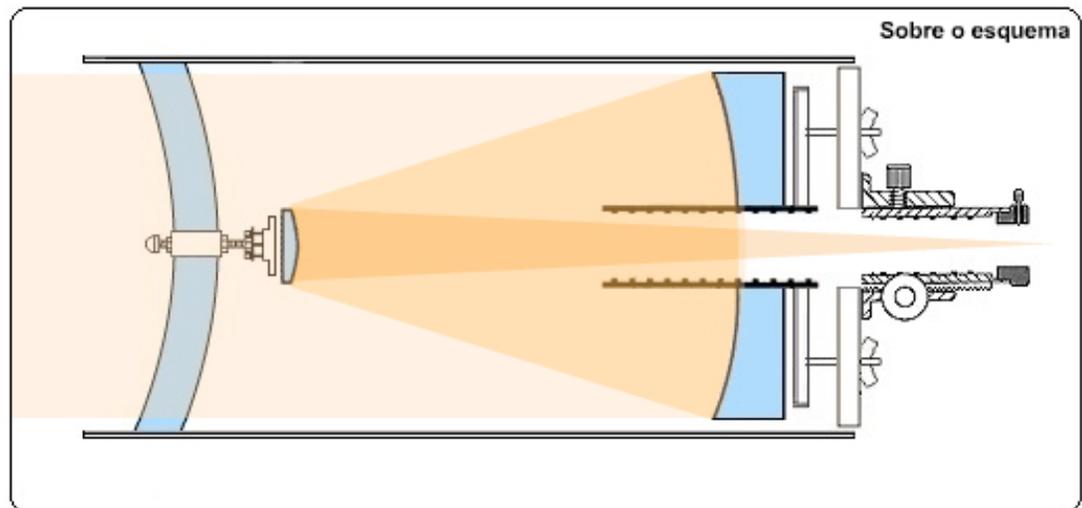
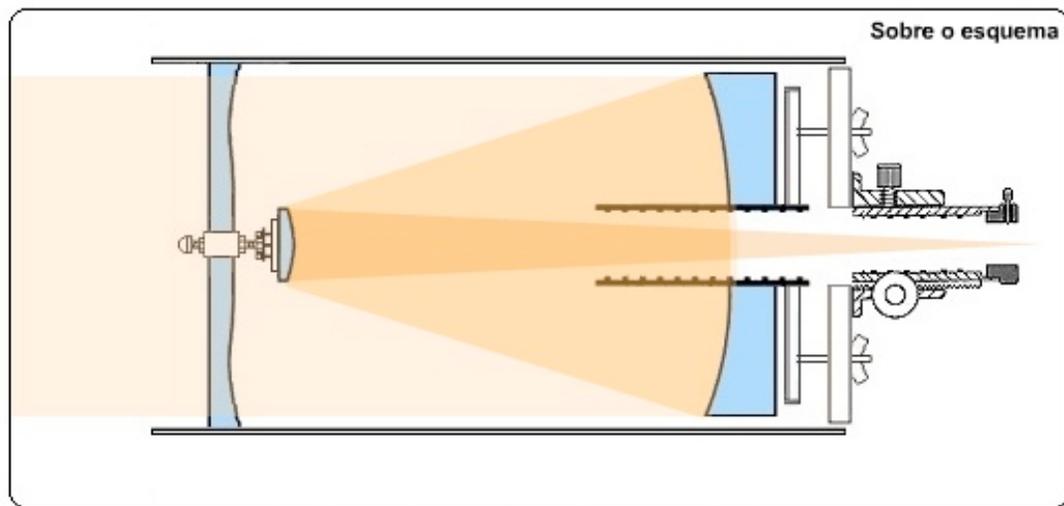
Esquema óptico do telescópio Cassegrain com foco coudé curto.

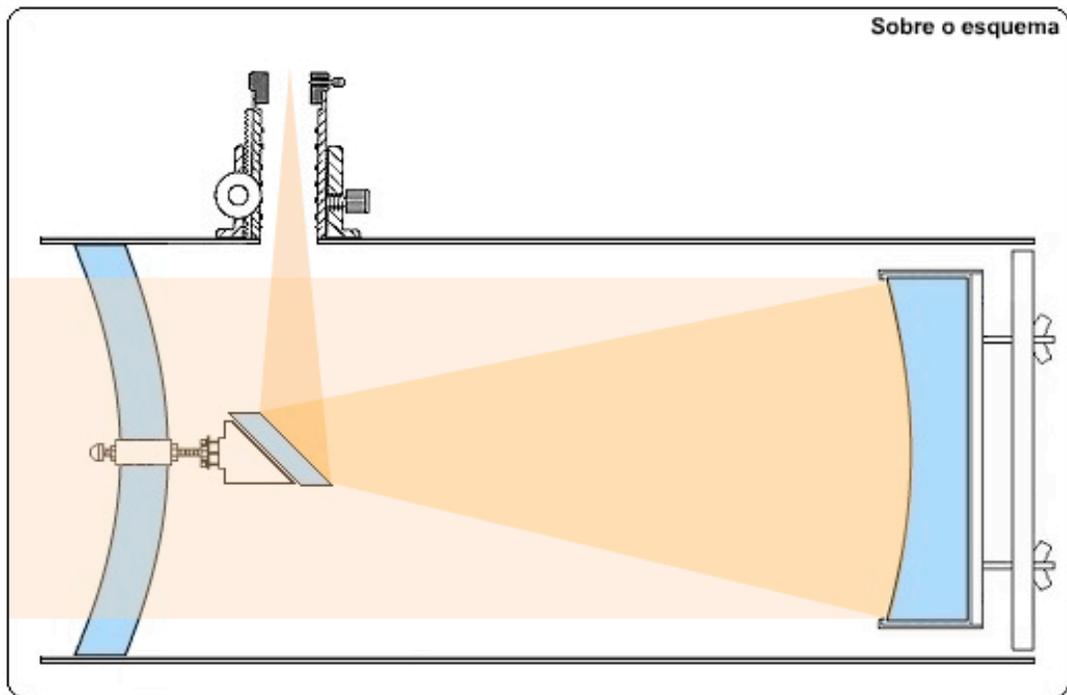


## Gregoriano

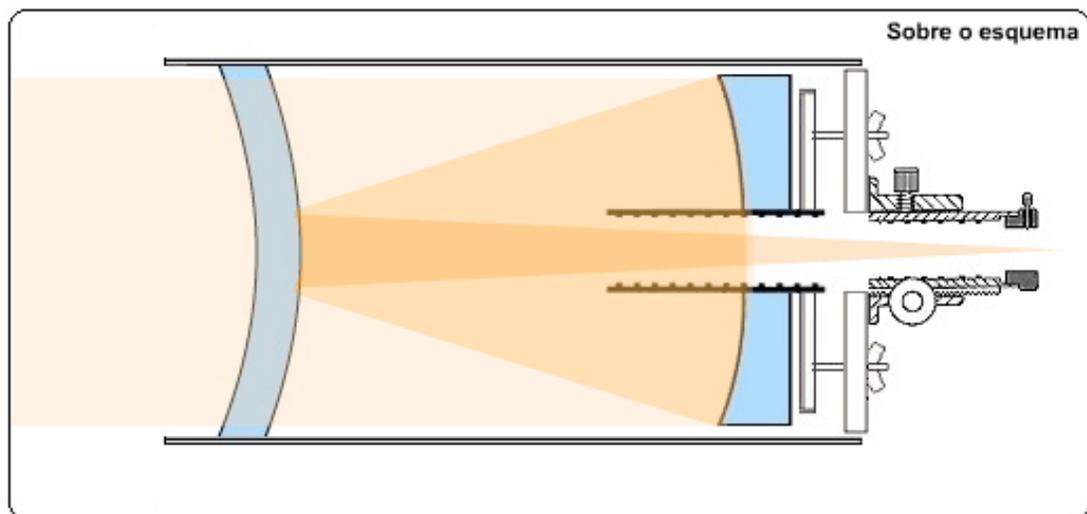


### 3. Catadióptricos

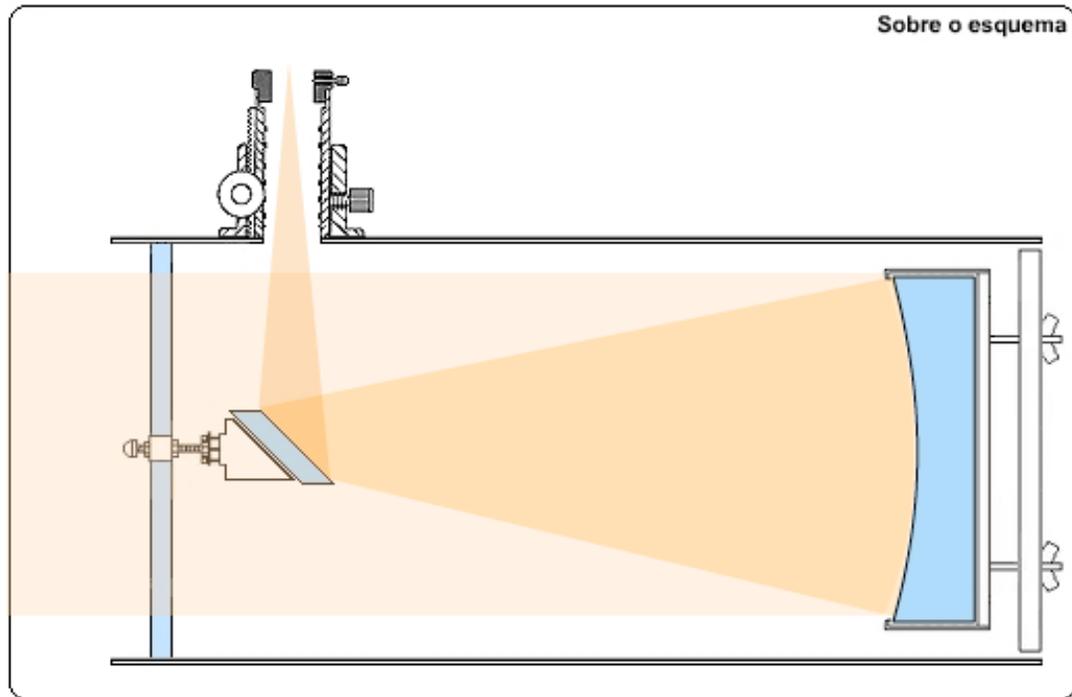




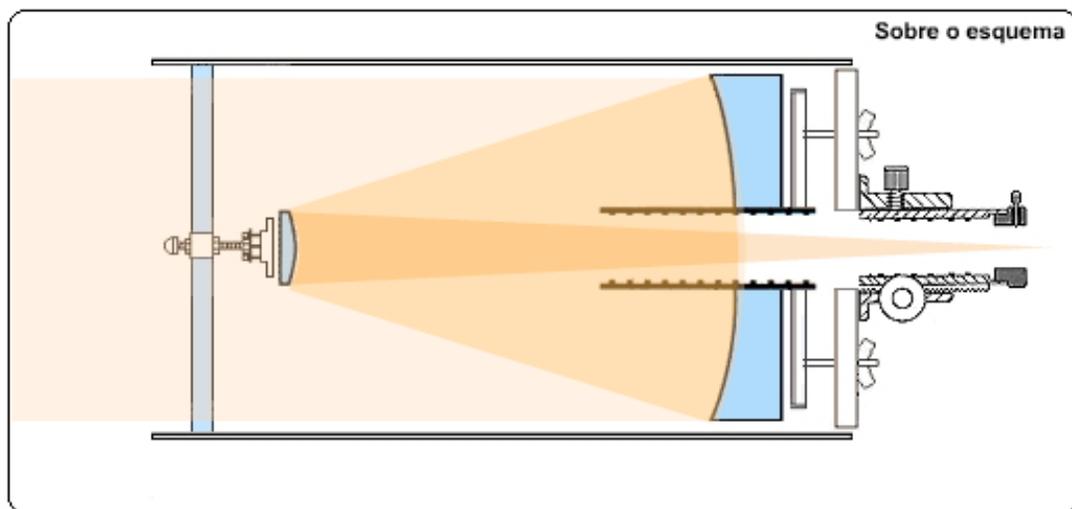
Esquema óptico do telescópio Maksutov-Newtoniano.



Esquema óptico do telescópio Maksutov.

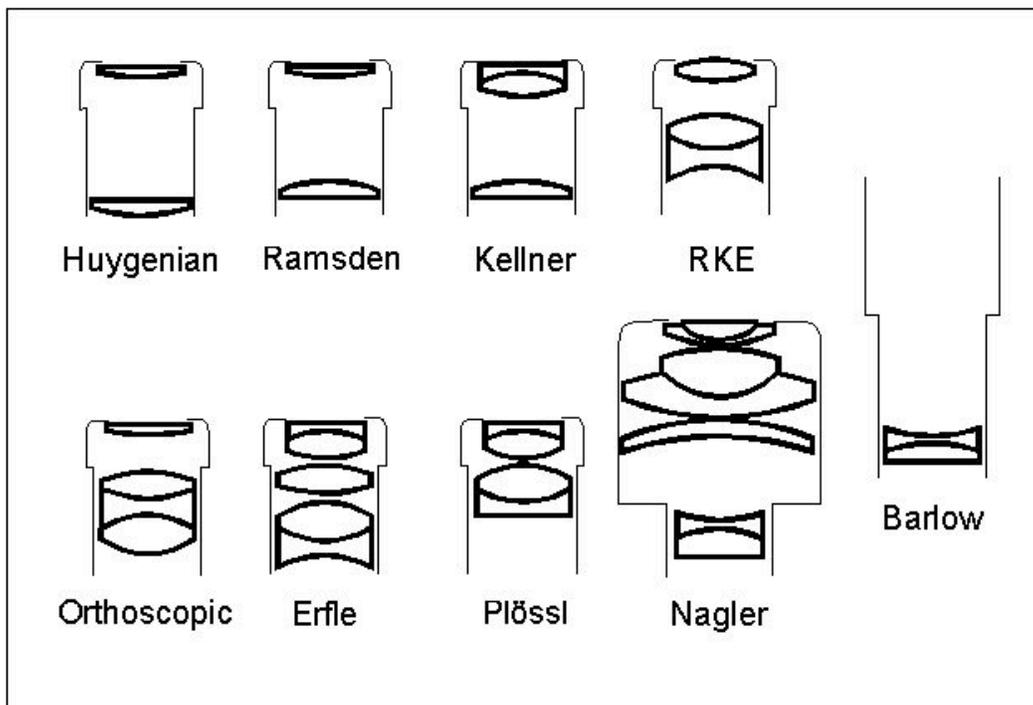


Esquema do telescópio newtoniano com lamina de faces paralelas.



Esquema do telescópio cassegrain com lamina de faces paralelas.

## Tipos de Oculares



### Kellner

Boas imagens com um campo aparente de 45°



### Erfle

Campo visual que varia de 60 a 70° ideal para objetos extensos



### Ortoscópica

Maior correção da aberração cromática e campo de 45°



### Nagler

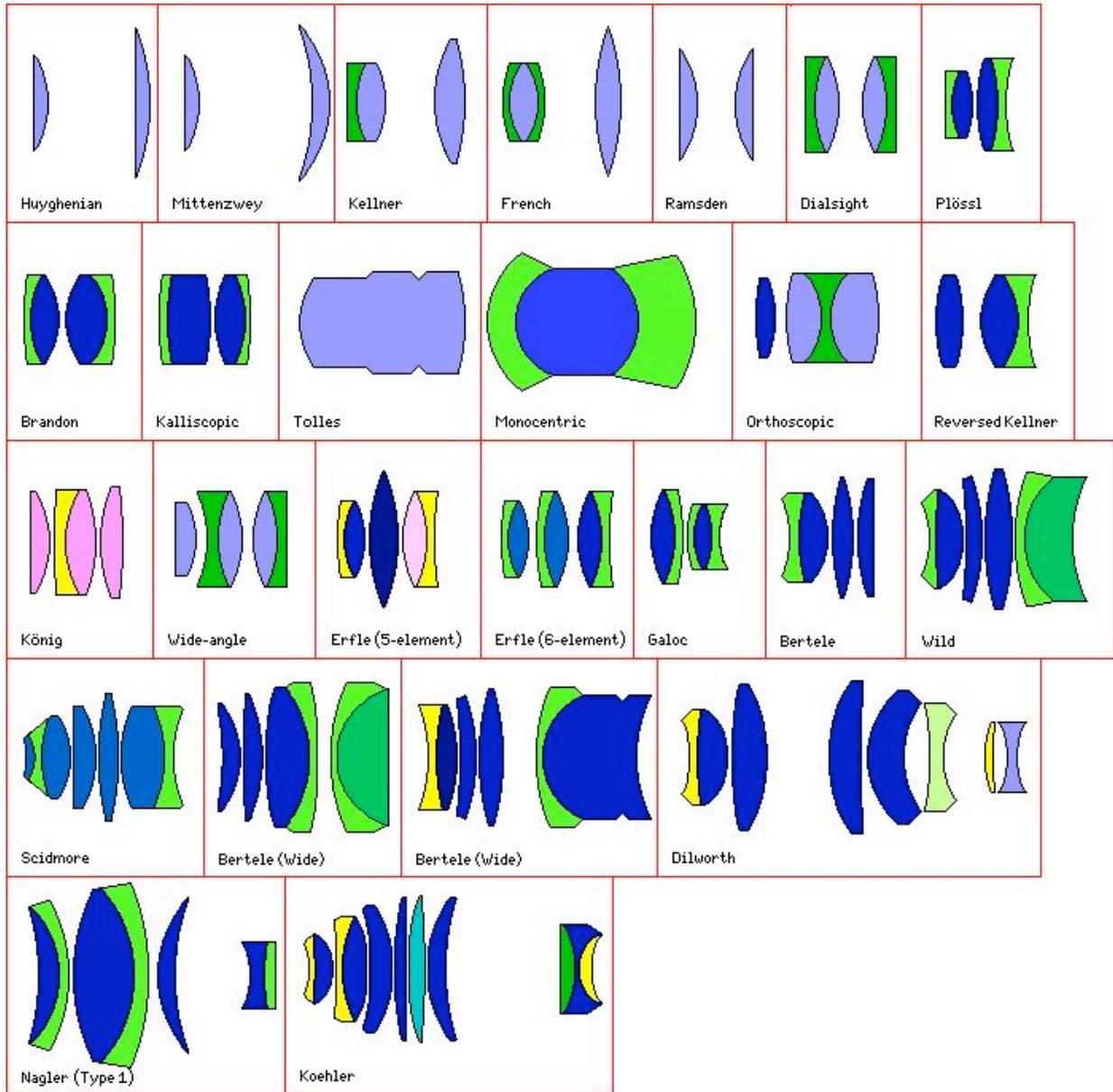
Óptica sofisticada com correção de todas as aberrações e campo de até 85°



### Plössl

Com dois dubletos acromáticos é considerada a mais popular e tem um campo de 50°

# Mais Tipos de Oculares



# Resumo dos Dados Físicos de um Telescópio

Aumento: é a relação entre o tamanho de um objeto observado a olho nu e o seu tamanho quando visto pelo telescópio.

$$A = \frac{F}{f}$$

F = distância focal da objetiva em mm

f = distância focal da ocular em mm

O Aumento Máximo útil determina a maior ampliação que um telescópio pode oferecer sem prejudicar a qualidade das imagens.

$$A_{m\acute{a}x} = 2,5 \times D$$

Poder Separador: é o mesmo que resolução (em segundos de arco) e significa o poder de isolar e tornar visível detalhes sutis.

$$PS = \frac{120}{D}$$

D = diâmetro da objetiva em mm

Magnitude Limite: a magnitude limite indica o menor brilho ( maior valor de magnitude aparente ) que um telescópio pode captar.

D = diâmetro da objetiva em cm

$$M_{\text{lim}} = 7,1 + 5 \log(D)$$

Luminosidade: A luminosidade é quantidade de luz que um telescópio pode captar, e quanto maior o diâmetro da objetiva, mais luminoso será o instrumento. A luminosidade de um telescópio, porém, também depende da distância focal. A razão entre a distância focal e o diâmetro da objetiva fornece uma medida para a luminosidade do instrumento.

A Razão Focal (F/D) é a relação existente entre a distância focal e o diâmetro da objetiva. Quanto menor a razão focal, maior será a luminosidade do telescópio.

$$\text{Razão focal} = F/D$$

Campo Visual: O campo visual representa a área aparente do céu quando observada pelo telescópio.

$$\text{Campo} = \frac{Co}{A}$$

Co = campo da ocular

A = aumento

# Observações Astronômicas

O objetivo deste curso é a construção de um telescópio para fins educacionais. Assim, seguem alguns exemplos de imagens de objetos astronômicos que podem ser observados utilizando um telescópio similar ao telescópio que será construído no curso.

## Lua



## Planeta Saturno



## Planeta Júpiter



## Planeta Marte



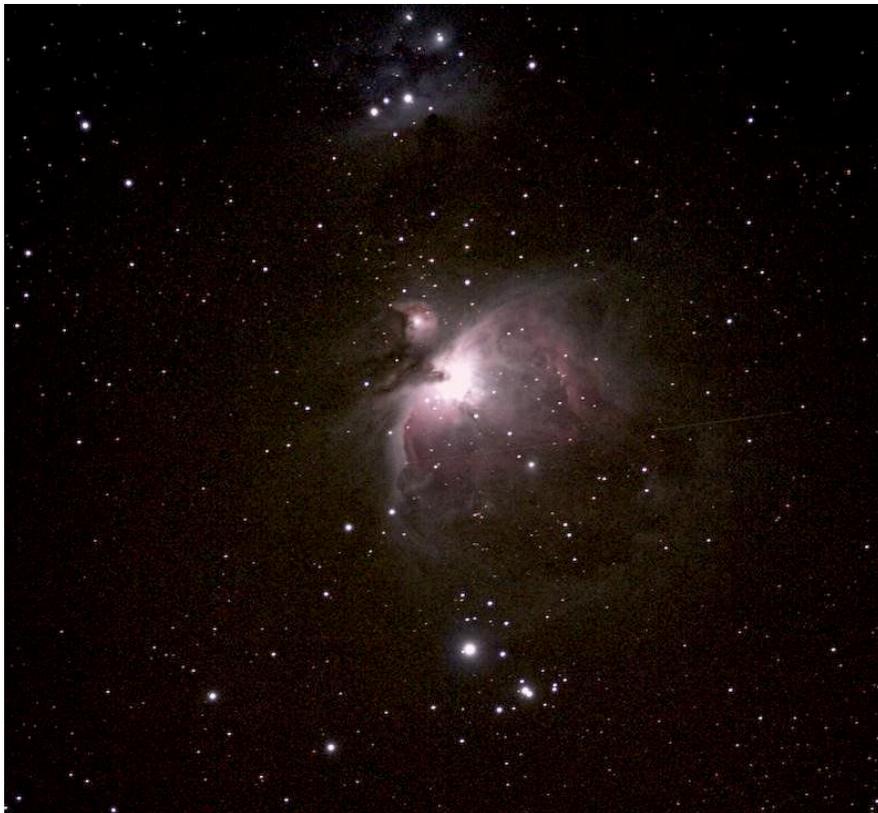
## Cometas



# Aglomerados Estelares



# Nebulosas



# Galáxias

