

# Espelhos esféricos

# Superfícies parabólicas



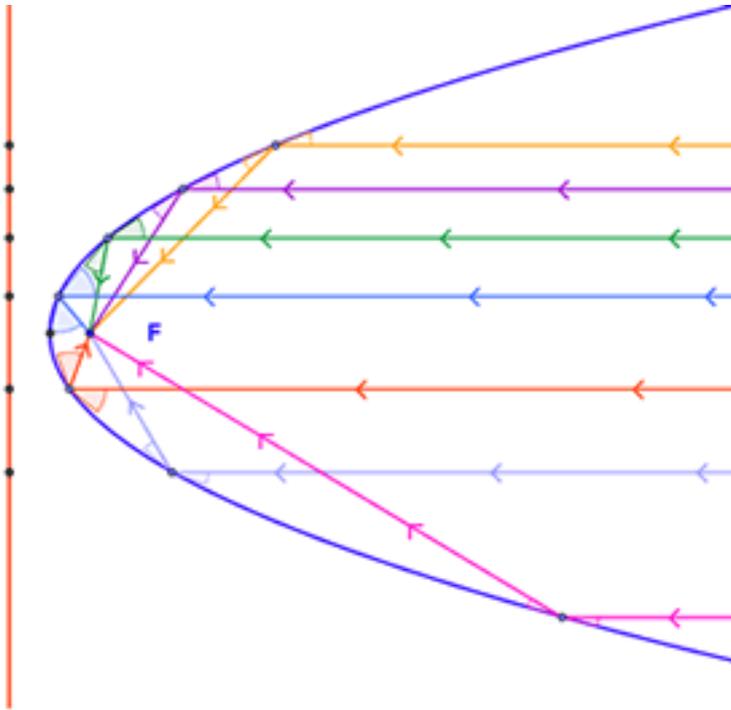
antenas parabólicas para  
ondas de rádio e TV

Radio telescópio



ESPELHOS ESFÉRICOS

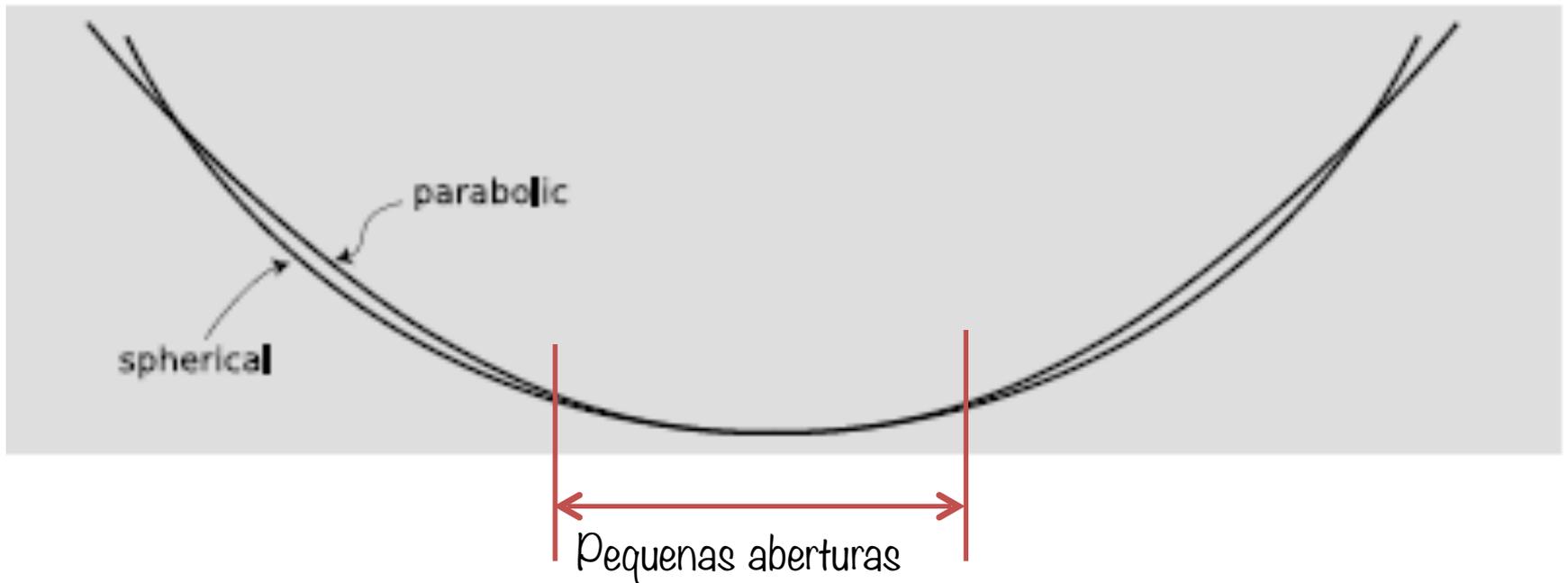
# Superfícies parabólicas



Espelho Parabólico

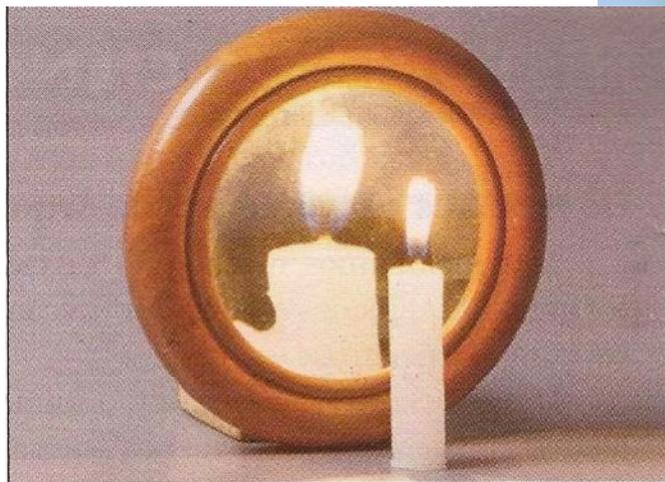
Os raios de luz que incidem no espelho paralelo ao eixo óptico convergem para o ponto focal,  $F$

# Aproximação paraxial



A superfície esférica é uma boa aproximação de uma superfície parabólica se a abertura da esfera é pequena.

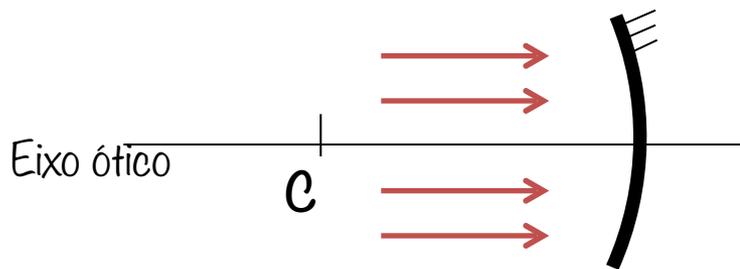
ESPELHOS ESFÉRICOS



ESPELHOS ESFÉRICOS

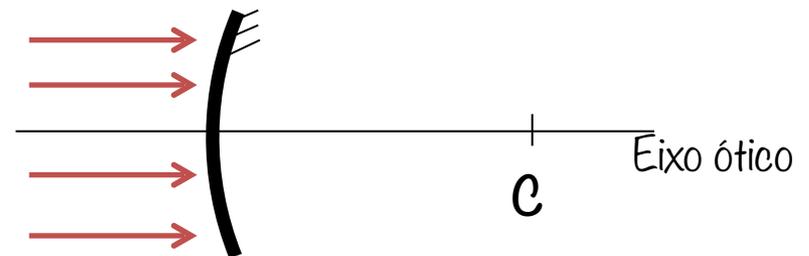
# Espelhos Esféricos

## Espelho côncavo



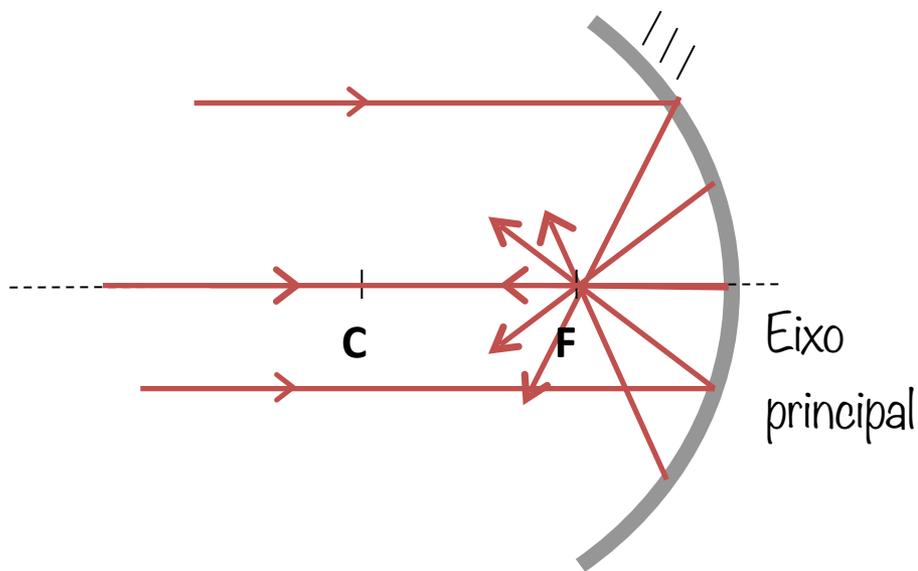
Raios incidentes do  
mesmo lado de  $C$

## Espelho convexo



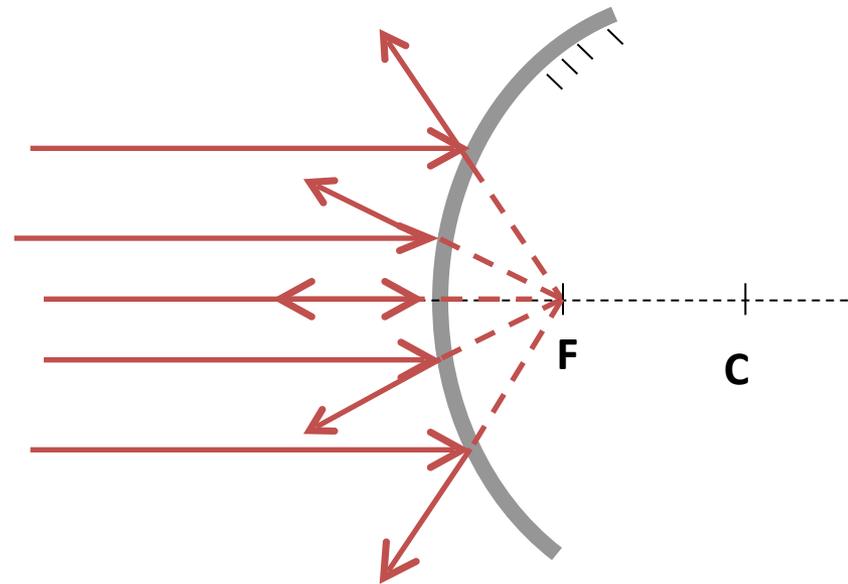
Raios incidentes do  
lado oposto de  $C$

# Convenção de sinais



Convergente ou côncavo

F positivo



Divergente ou convexo

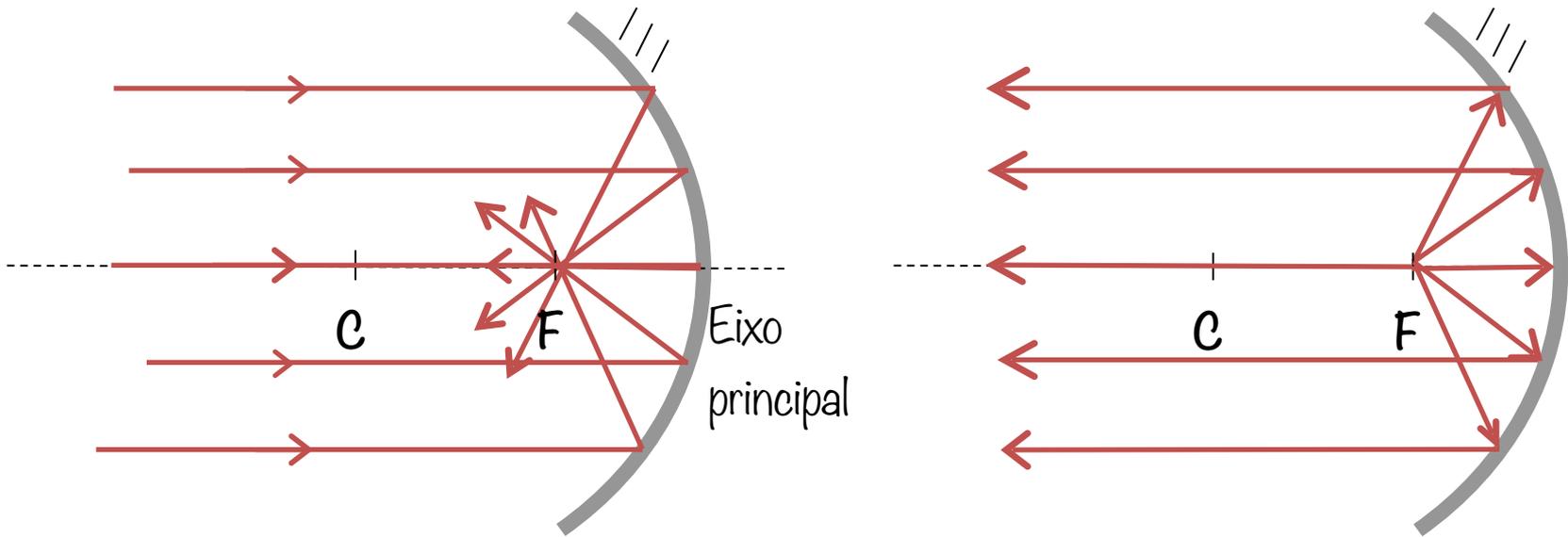
F negativo

$$F = R/2$$

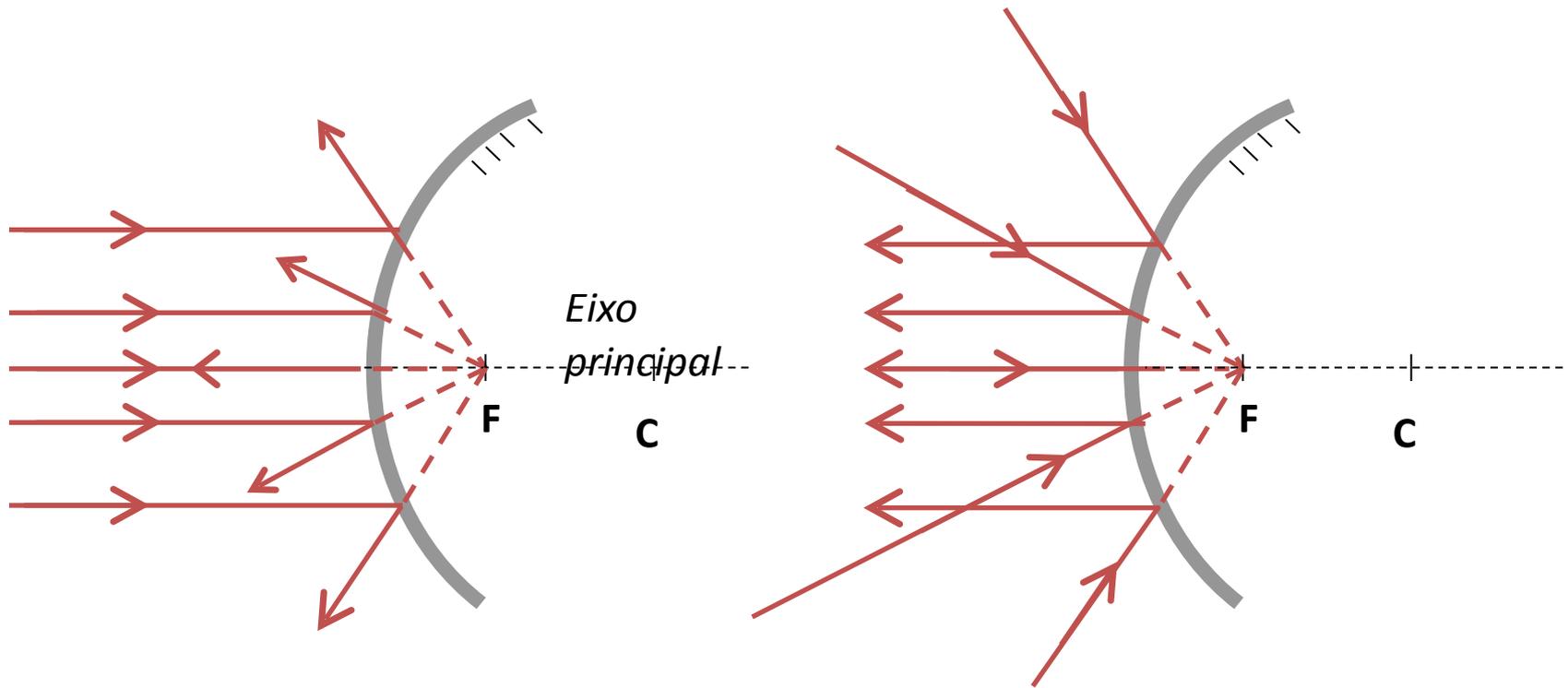
ESPELHOS ESFÉRICOS



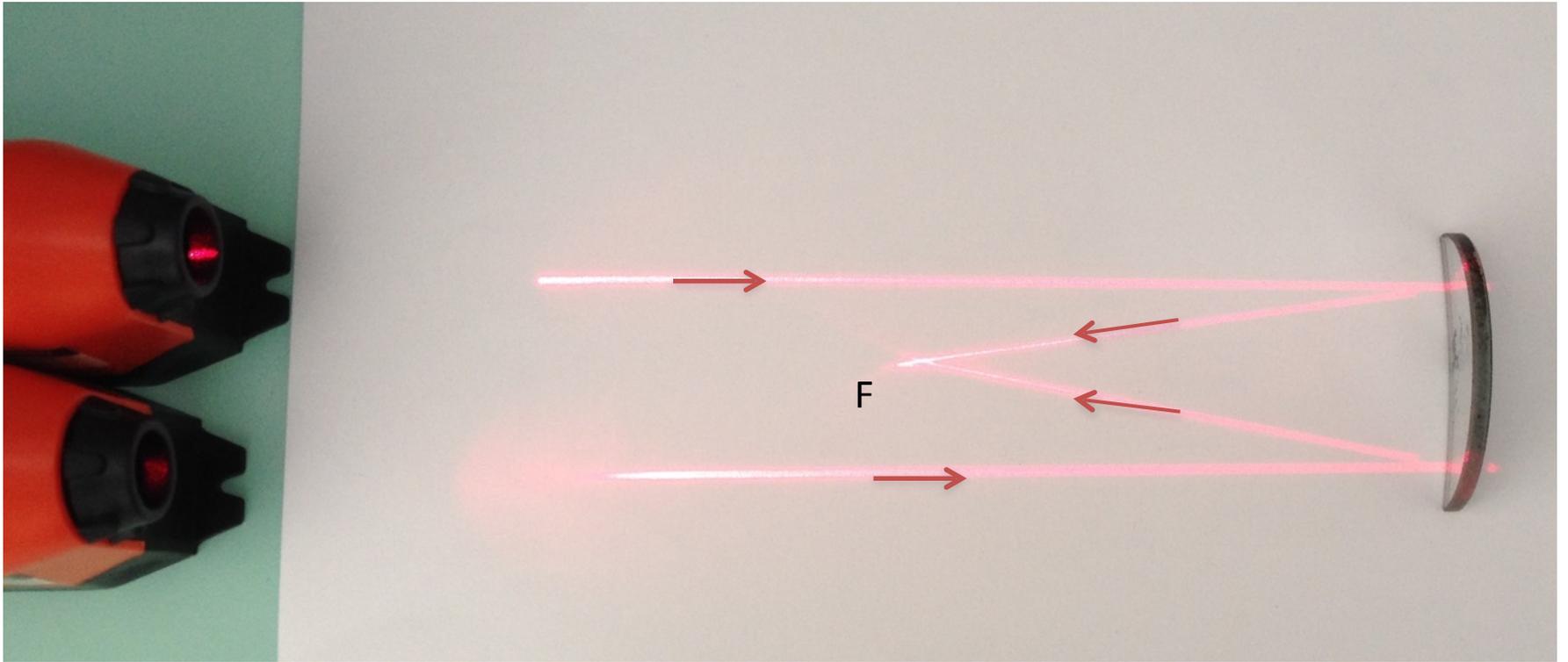
# Reversibilidade dos raios



# Reversibilidade dos raios



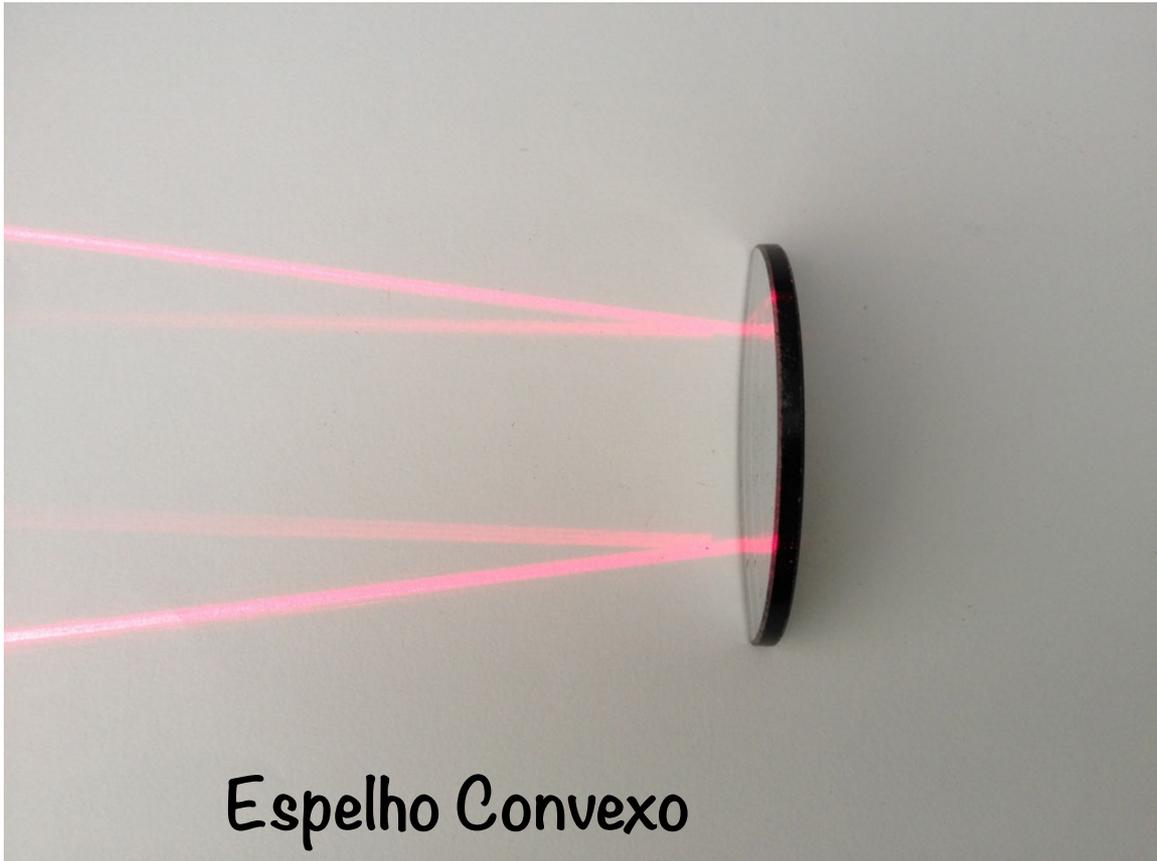
ESPELHOS ESFÉRICOS



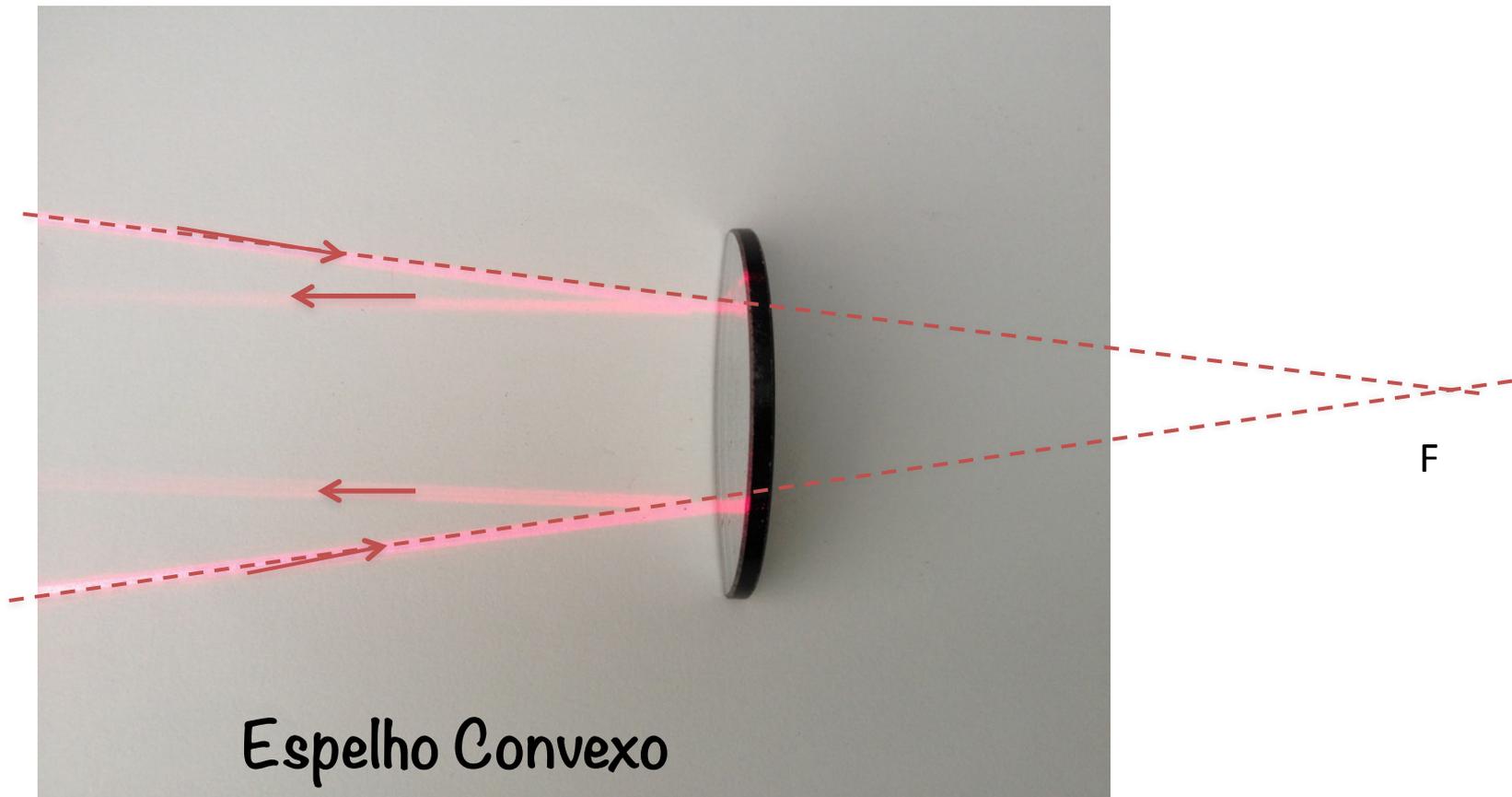
# Espelho Côncavo



ESPELHOS ESFÉRICOS



ESPELHOS ESFÉRICOS



ESPELHOS ESFÉRICOS

# Localização da imagem

Método gráfico

Equação dos espelhos

# Espelho convergente - $f > 0$

$p$  = distância do objeto ao centro do espelho

$p > 0$  e  $p > f$

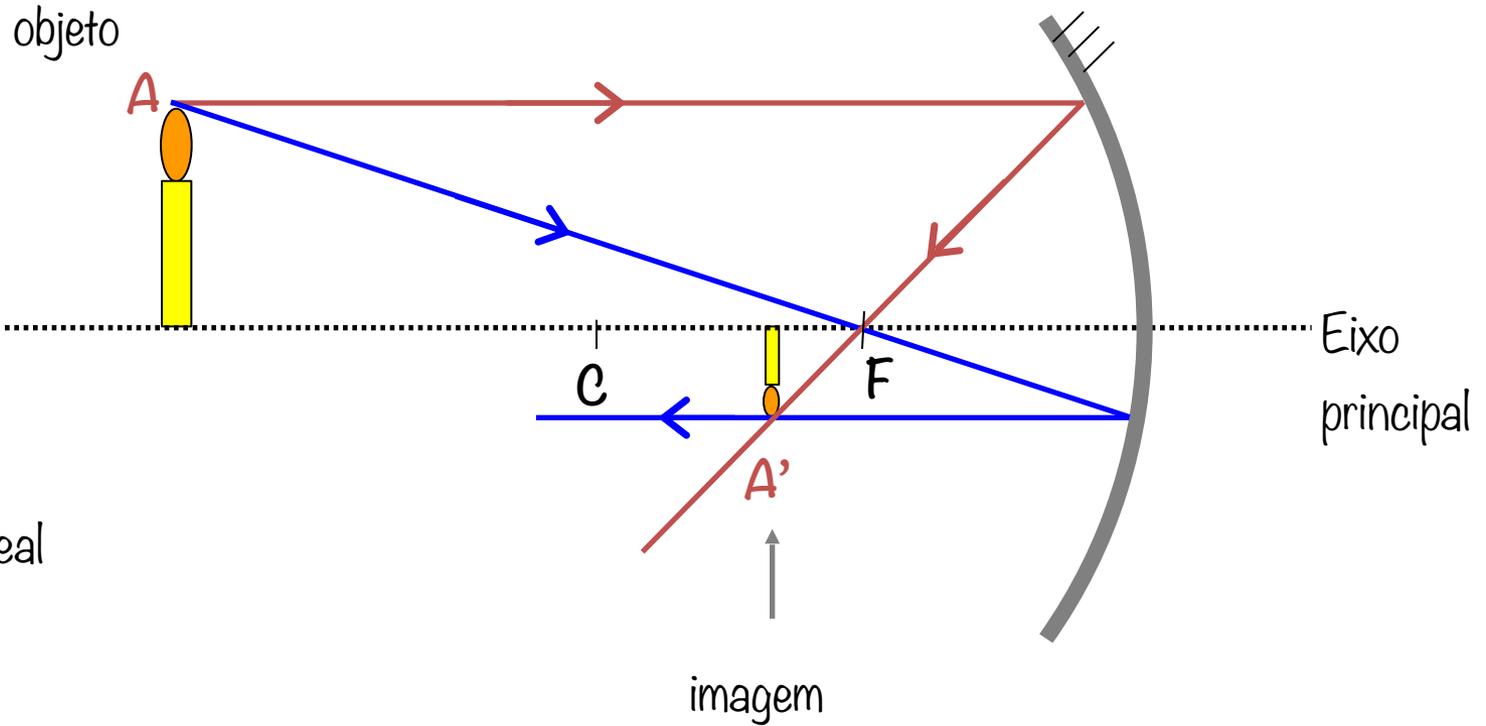


Imagem real

Invertida

menor

# Espelho convergente - $f > 0$

$p$  = distância do objeto ao centro do espelho

$p > 0$  e  $p < f$

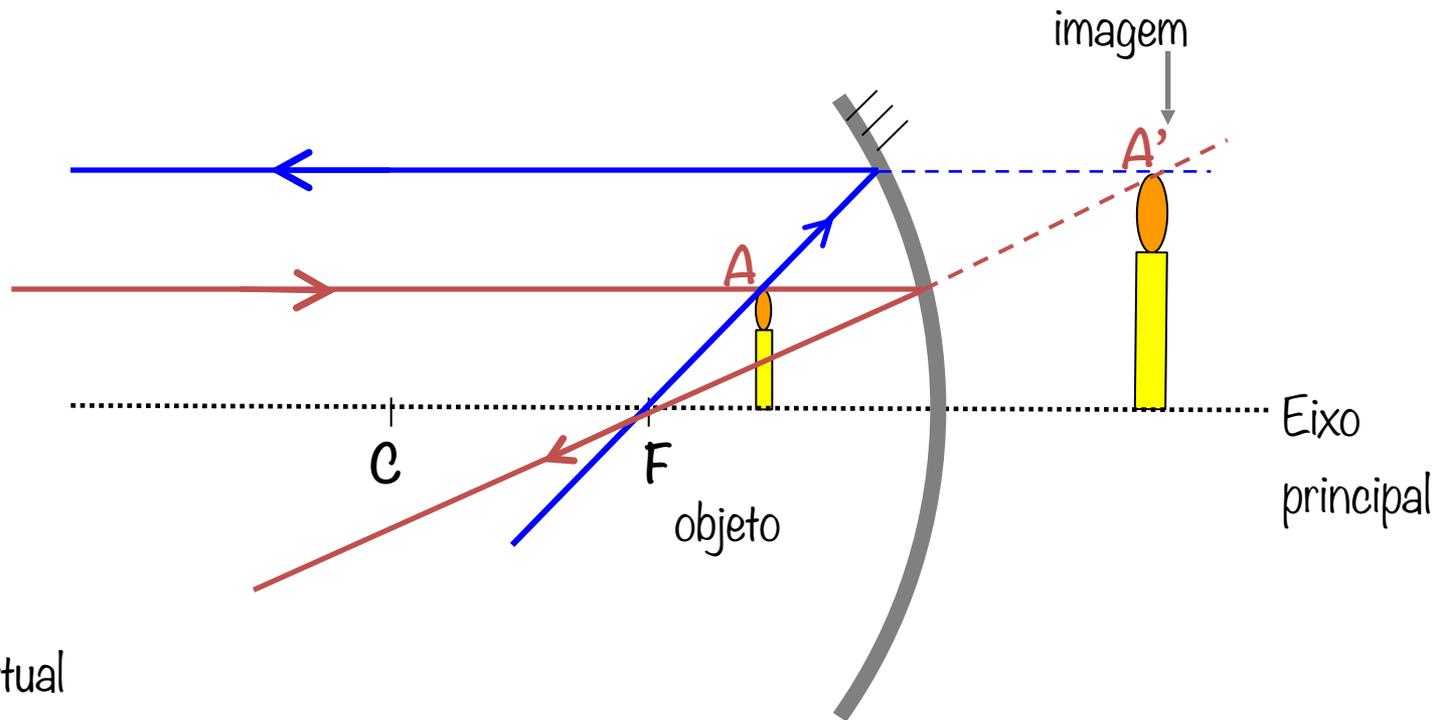


Imagem virtual

Direita

maior

# Espelho divergente – $f < 0$

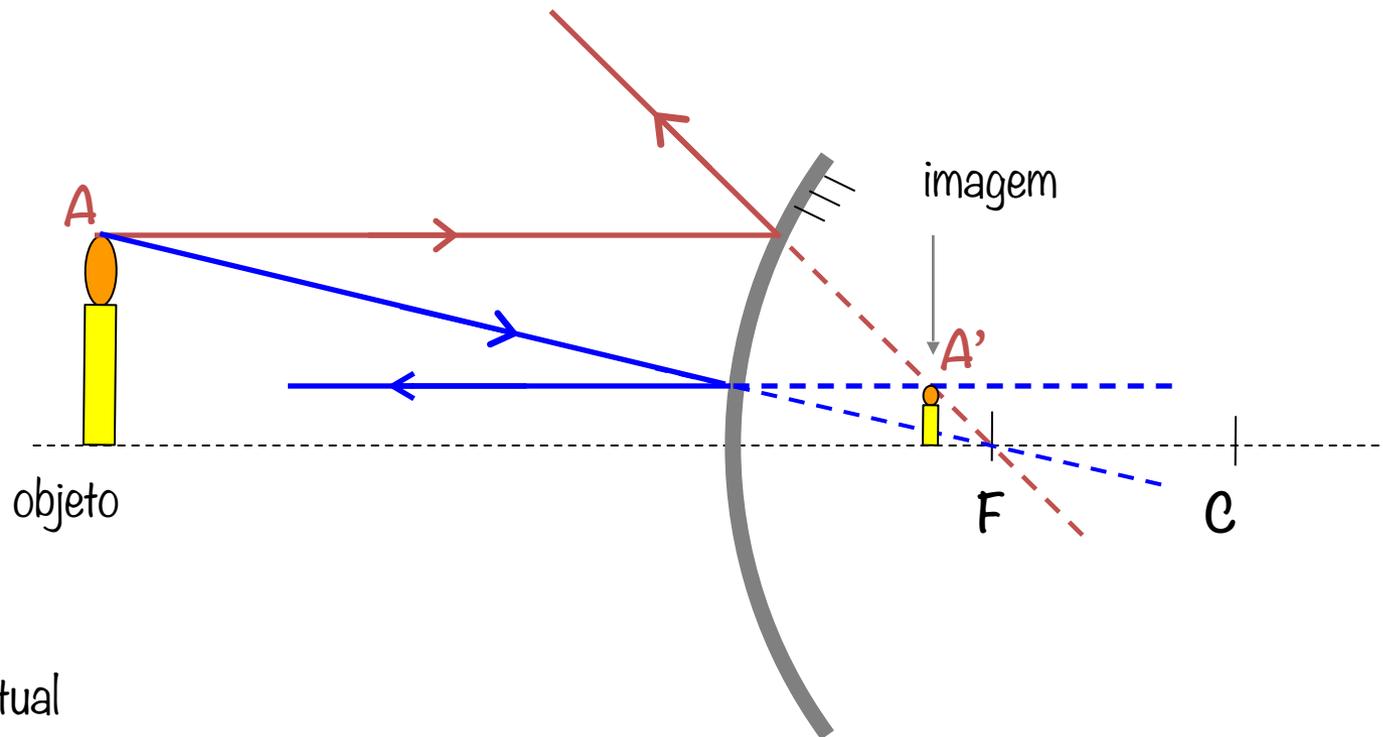


Imagem virtual

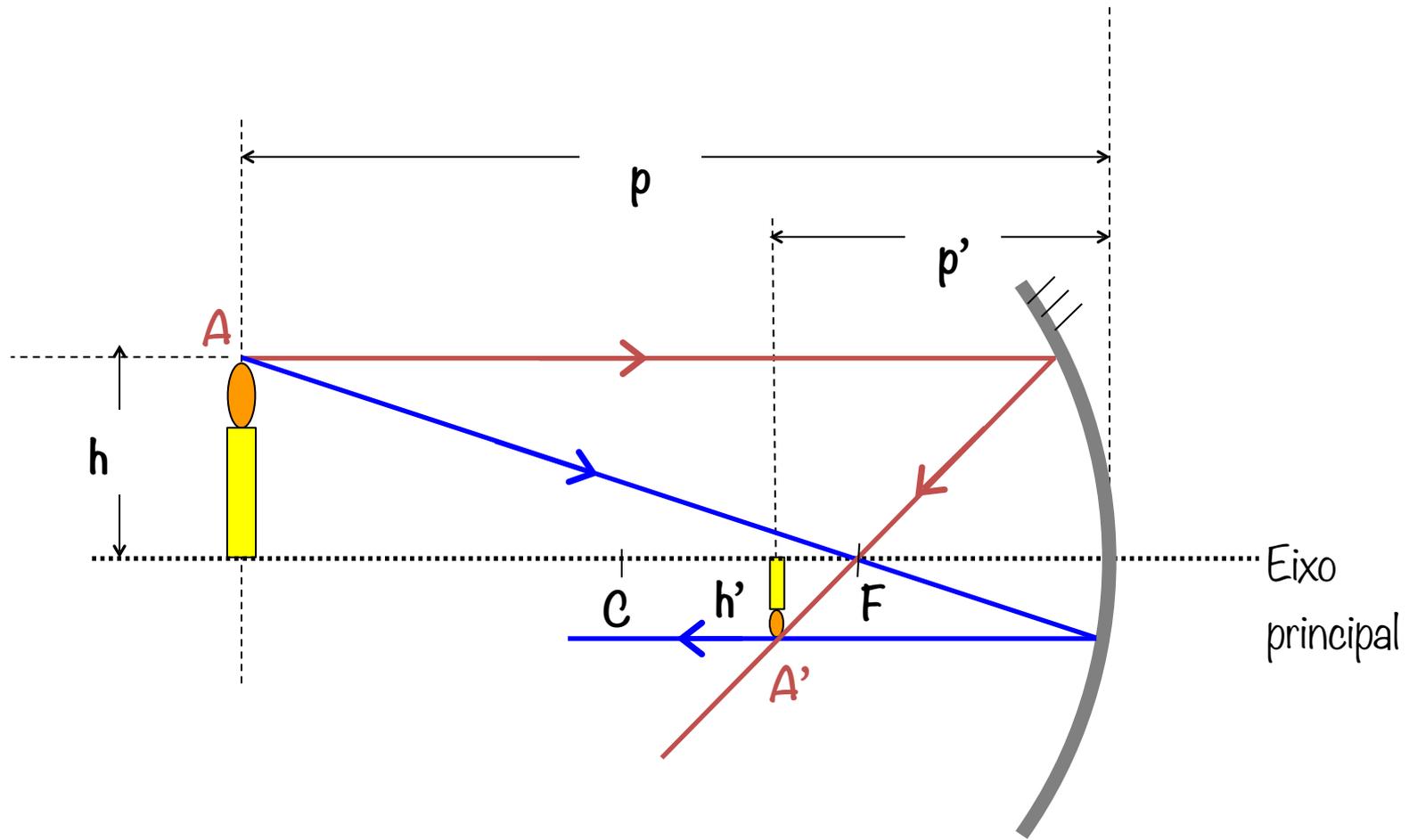
Direita

Menor

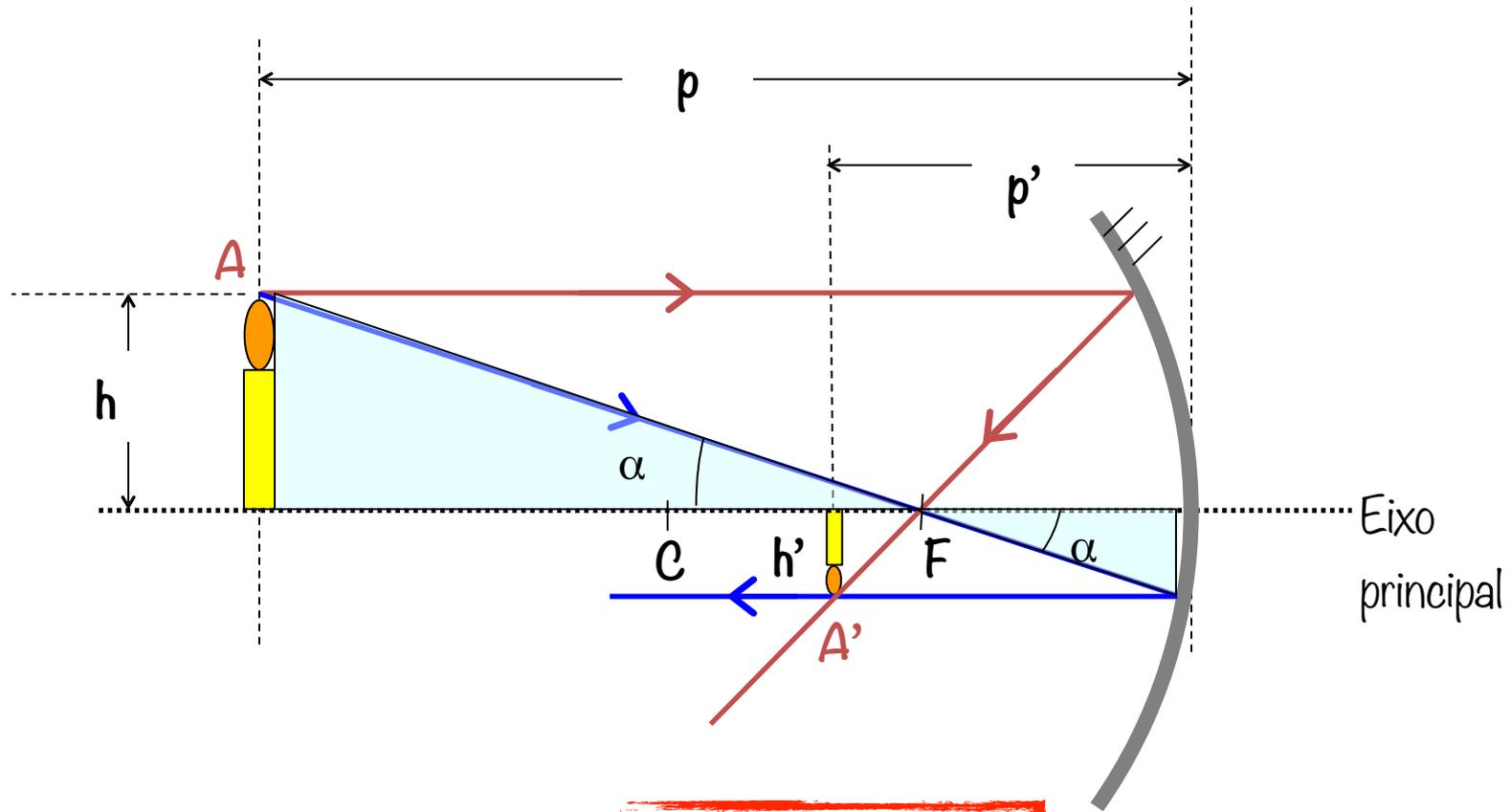
# Localização da imagem

Método gráfico

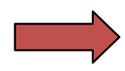
Equação dos espelhos



ESPELHOS ESFÉRICOS

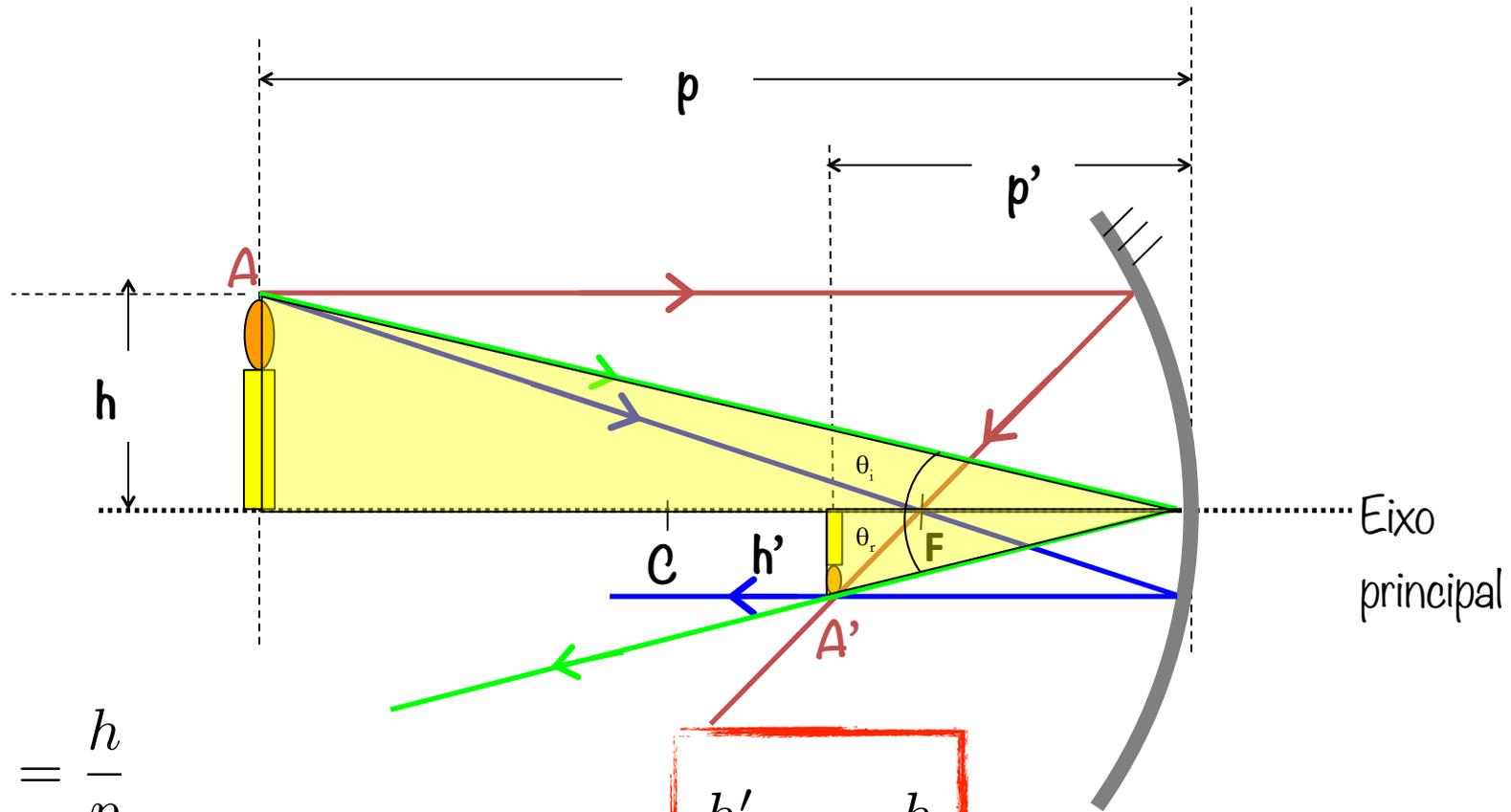


$$\tan \alpha = \frac{h}{p - f} = \frac{-h'}{f}$$



$$\frac{h'}{h} = \frac{f}{p - f}$$

ESPELHOS ESFÉRICOS



$$\tan\theta_i = \frac{h}{p}$$

$$\tan\theta_r = \frac{h'}{p'}$$

$$\theta_i = -\theta_r \quad \rightarrow$$

$$\frac{h'}{p'} = -\frac{h}{p}$$

ESPELHOS ESFÉRICOS

$$\frac{h'}{p'} = -\frac{h}{p} \quad \rightarrow \quad \left. \begin{array}{l} -\frac{h'}{h} = \frac{p'}{p} \\ -\frac{h'}{h} = \frac{f}{p-f} \end{array} \right\} \frac{p'}{p} = \frac{f}{p-f}$$

$$pf = p'(p - f) \quad \rightarrow \quad pf = p'p - p'f \quad \rightarrow \quad f(p + p') = p'p$$

$$\frac{p + p'}{p'p} = \frac{1}{f} \quad \rightarrow$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

**Equação dos  
espelhos**

# Convenção de sinais para $p$ , $p'$ e $R$

Aumento transversal

$$M = \frac{h'}{h} = -\frac{p'}{p}$$

Equação dos Espelhos

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

- $p'$ 
  - é positivo, se a imagem está do mesmo lado da luz incidente
  - é negativo, se a imagem está do lado oposto a luz incidente
- $R$  (e  $F$ ) é positivo, se o centro de curvatura está do lado do espelho da luz incidente

Aumento transversal

$$M = \frac{h'}{h} = -\frac{p'}{p}$$

$|M| > 1$  - imagem aumentada

$|M| < 1$  - imagem invertida

**M positivo** - imagem direita

**M negativo** - imagem invertida

para  $p > 0$   $\left\{ \begin{array}{l} p' > 0 - \text{imagem real e imagem invertida} \\ p' < 0 - \text{imagem virtual e imagem direita} \end{array} \right.$

# Propriedades da Imagem

Para  $p > 0$  (distância do objeto ao espelho)

- Se  $p' > 0$ 
  - Imagem real (do mesmo lado da luz incidente)
  - $M < 0$ , imagem invertida
  
- Se  $p' < 0$ 
  - Imagem virtual (do outro lado da luz incidente)
  - $M > 0$ , imagem direita

Aumento transversal

$$M = \frac{h'}{h} = -\frac{p'}{p}$$