KEEP CALM AND STUDY PHYSICS

Lentes esféricas: estudo analítico

- Tetra 3 : aulas 37 e 38 / Pg. 378
- Hexa 3 : aula 19 / Pg. 314

- SL 02 – Teoria
- SL 16 – Exercícios

Apresentação, orientação e tarefa: **fisicasp.com.br**

Professor Caio

Localização no plano cartesiano

Caso 3: lente convergente e objeto real entre A e F → **Imagem**

- Real
- Invertida
- Menor
- Entre A e F

Objeto Real

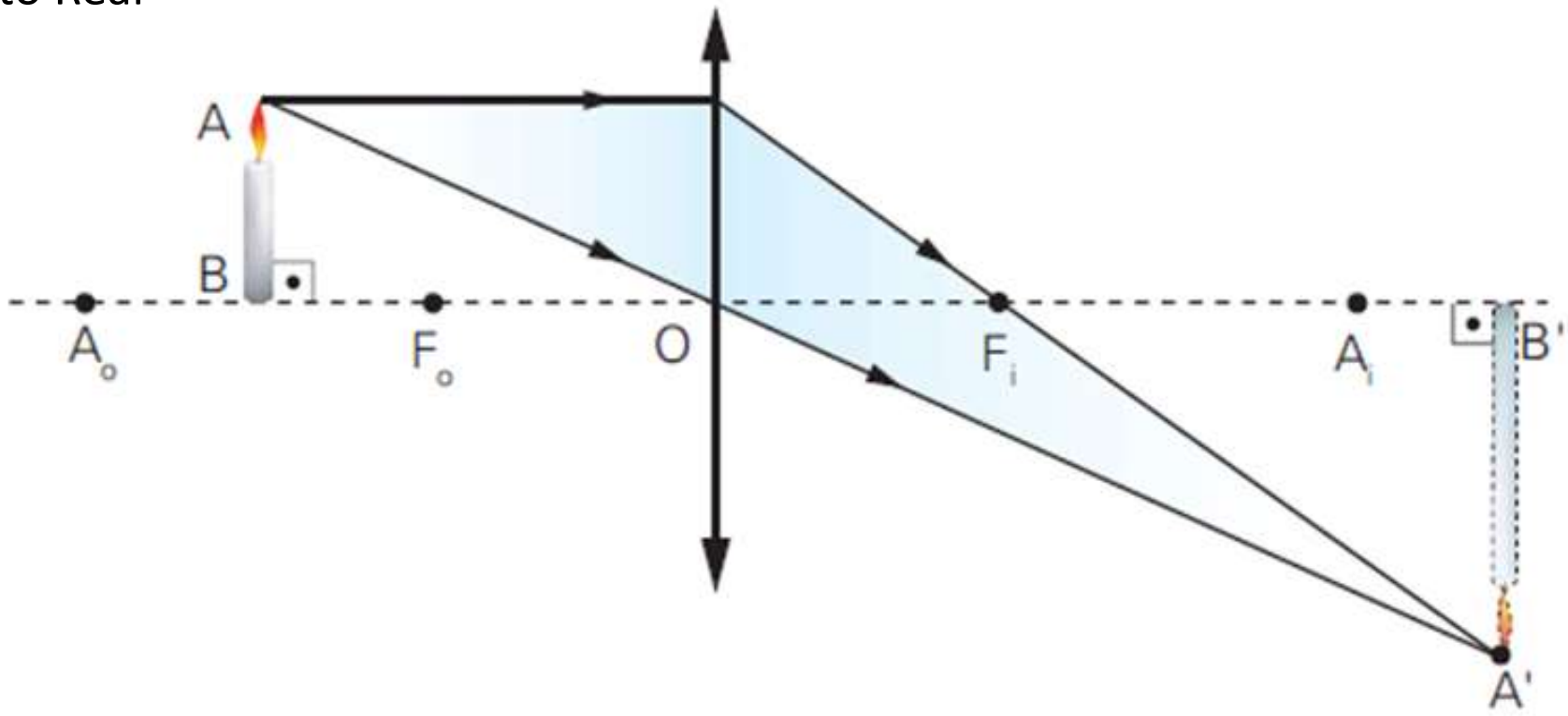
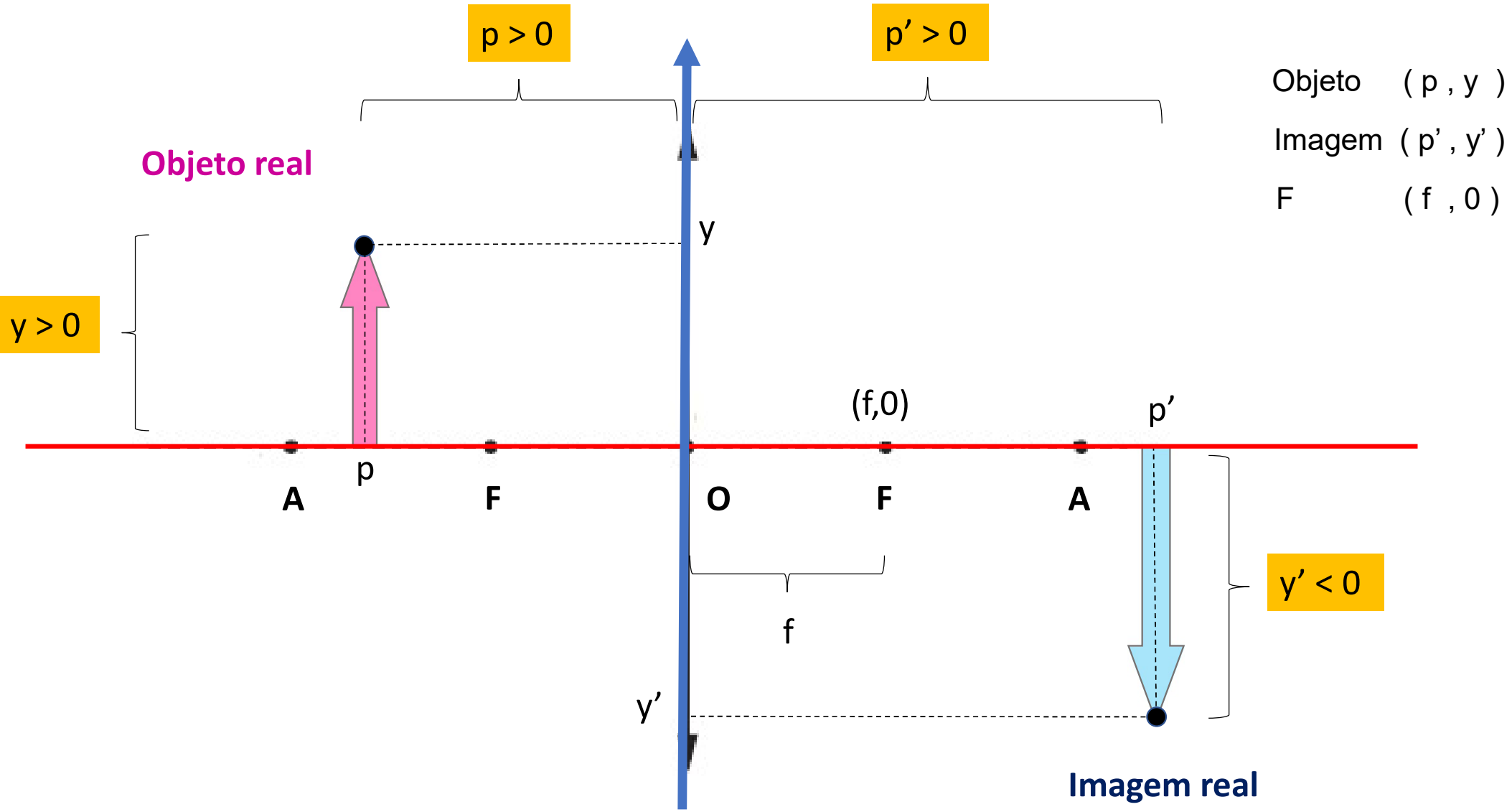


Imagem real



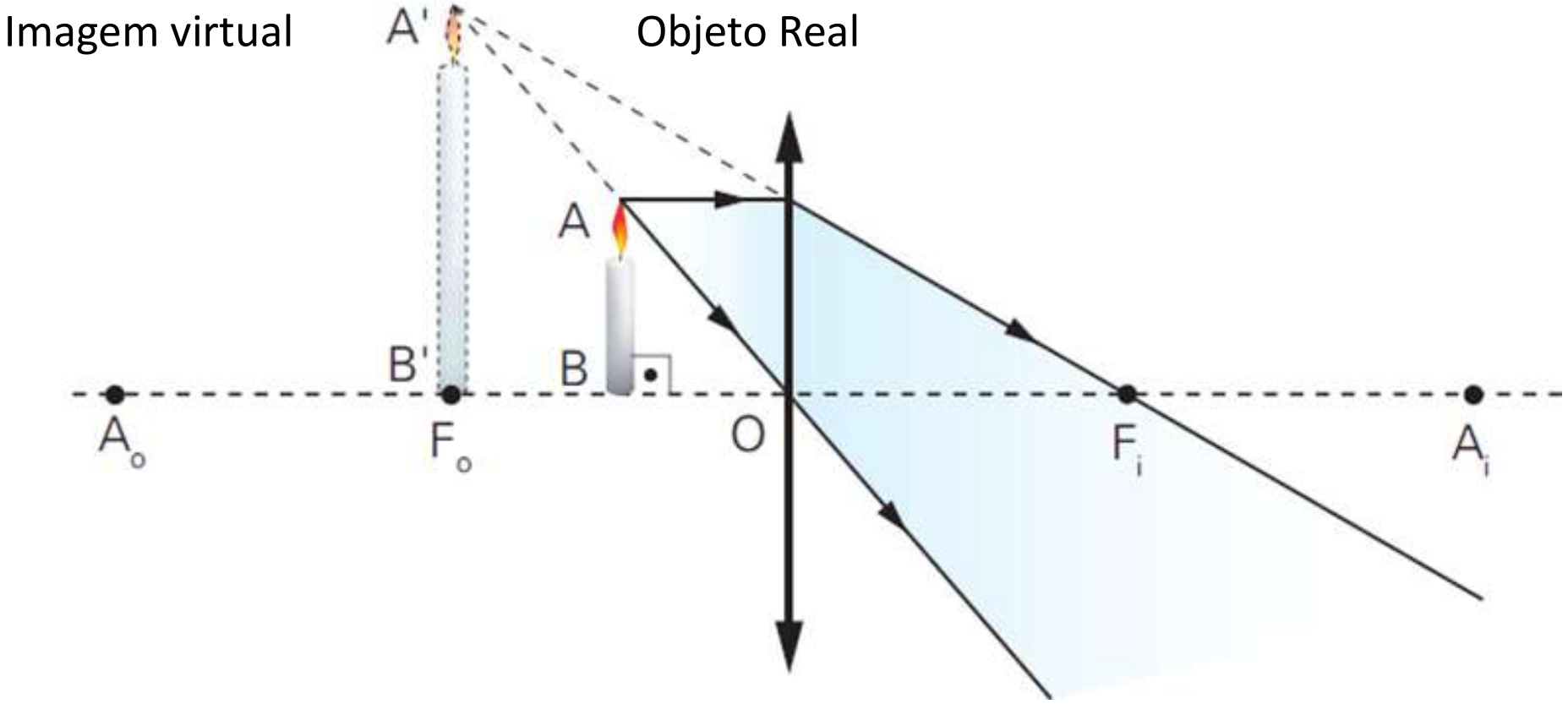
Objeto (p , y)

Imagem (p' , y')

F (f , 0)

Caso 5: lente convergente e objeto real entre O e F → **Imagem**

- Virtual
- Direita
- Maior
- Do mesmo lado o objeto



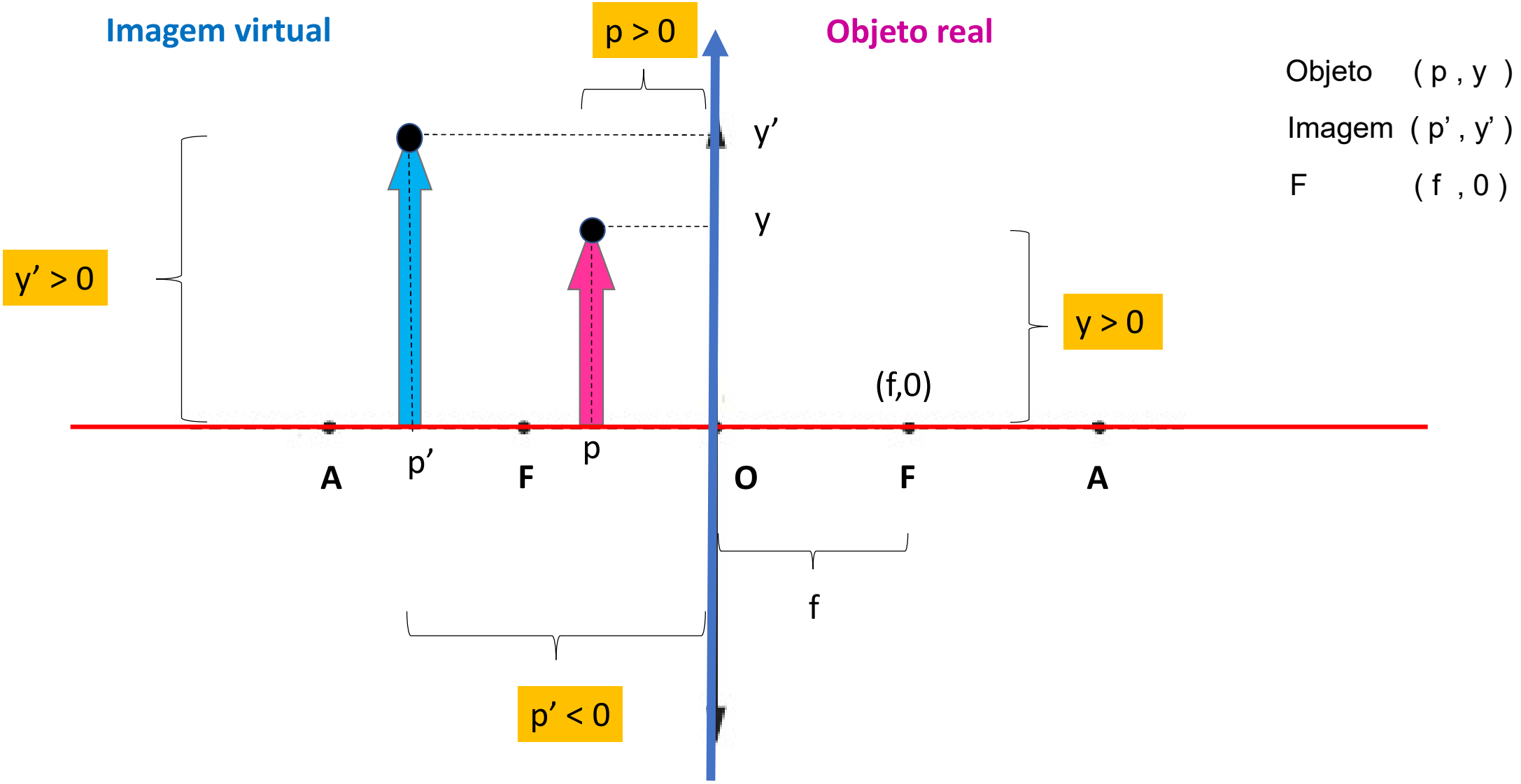


Imagem virtual
p > 0
Objeto real
Objeto (p , y)
Imagem (p' , y')
F (f , 0)
y'
y
y' > 0
y > 0
(f,0)
A
p'
F
p
O
F
A
f
p' < 0

Convenção de sinais e equações

SIMBOLOGIA

Abscissas (p, p' e f)

- p ⇒ Objeto; distância do objeto à lente.
- p' ⇒ Imagem; distância da imagem à lente.
- f ⇒ Abscissa focal; distância focal;

Ordenadas (y e y')

- y ⇒ Comprimento do objeto e sua orientação.
- y' ⇒ Comprimento da imagem e sua orientação.

SINAIS

Abscissas (p, p' e f) (Natureza)

- Elemento real (+) { Ob. real: p > 0 ; Im. real : p’ > 0 }
- Elemento virtual (-) { Ob. virtual: p < 0 ; Im. virtual: p’ < 0 }

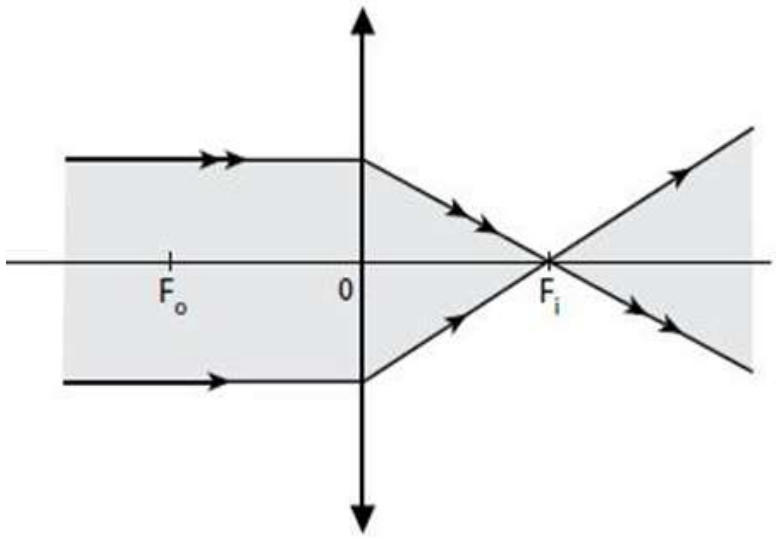
Ordenadas (y e y') (orientação)

- Elemento acima do EP (+) { Ob. acima: y > 0 ; Im. acima: y’ > 0 }
- Elemento abaixo do EP (-) { Ob. abaixo: y < 0 ; Im. abaixo: y’ < 0 }

- Lente convergente: f > 0 (foco real)
- Lente divergente: f < 0 (foco virtual)

Lentes esféricas – focos principais

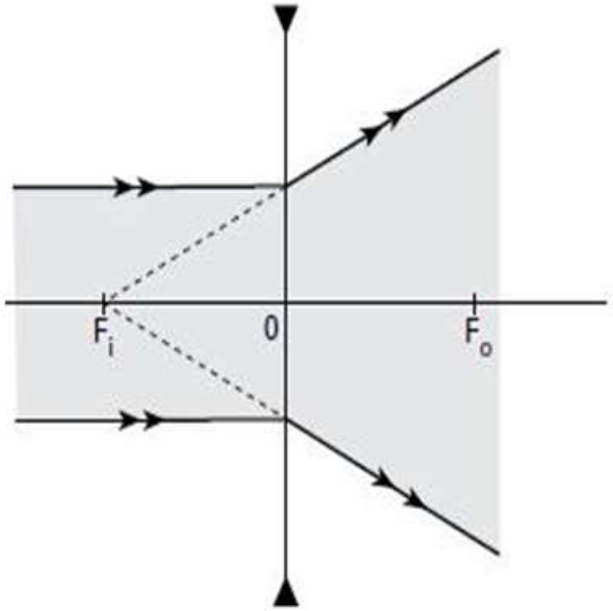
Lente convergente



Foco principal (real)

$f > 0$

Lente divergente



Foco principal (virtual)

$f < 0$

Equação de Gauss
ou
equação dos pontos conjugados

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

Equação do aumento linear transversal

$$A = \frac{y'}{y} = -\frac{p'}{p} = \frac{f}{f - p}$$

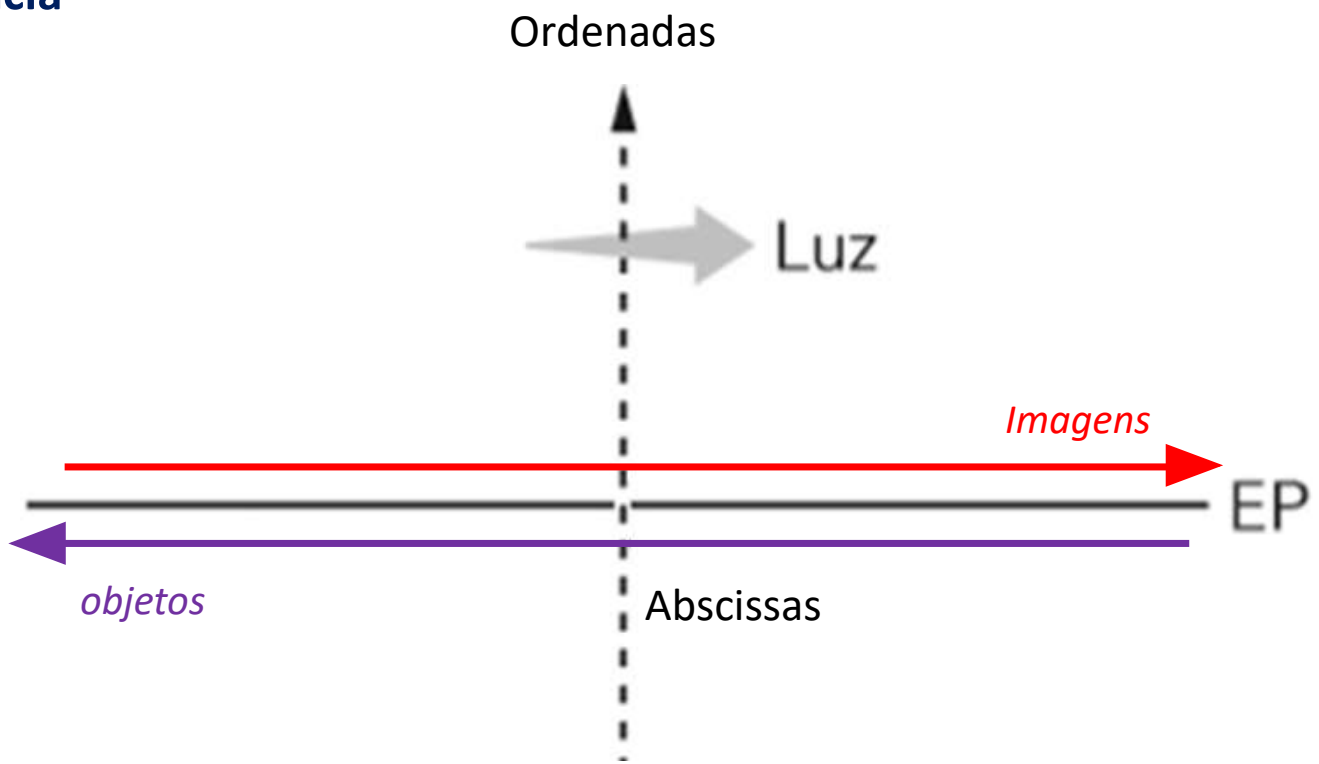
Convergência ou vergência (C)

$$C = \frac{1}{f}$$

SI: di (dioptria) = $\frac{1}{m}$

Sistema de referência

Sistema de referência



Atenção!

• Temos duas orientações para o eixo das abscissas: uma para objetos e outra para as imagens.

- O sentido do eixo das imagens é o mesmo sentido da luz incidente.
- O sentido do eixo dos objetos é contrário ao sentido da luz incidente.

• O eixo das ordenadas é orientado para cima.

DISCUSSÃO DO AUMENTO LINEAR TRANSVERSAL

- $|A| > 1$: Ampliação
- $|A| < 1$: Redução
- $|A| = 1$: Objeto e imagem tem mesmo comprimento

- $A < 0$ (A com sinal negativo): objeto e imagem têm orientações contrárias
- $A > 0$ (A com sinal positivo): objeto e imagem têm mesma orientação

Discussão do aumento linear transversal

$$A = \boxed{-}\ \boxed{6} \longrightarrow 6 = \frac{|y'|}{|y|} \Rightarrow |y'| = 6|y|$$

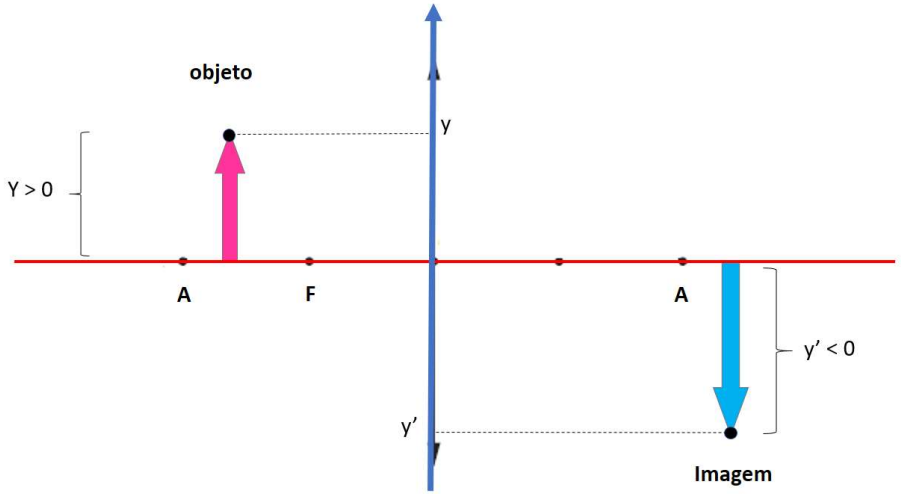
$|A| > 1$: ampliação

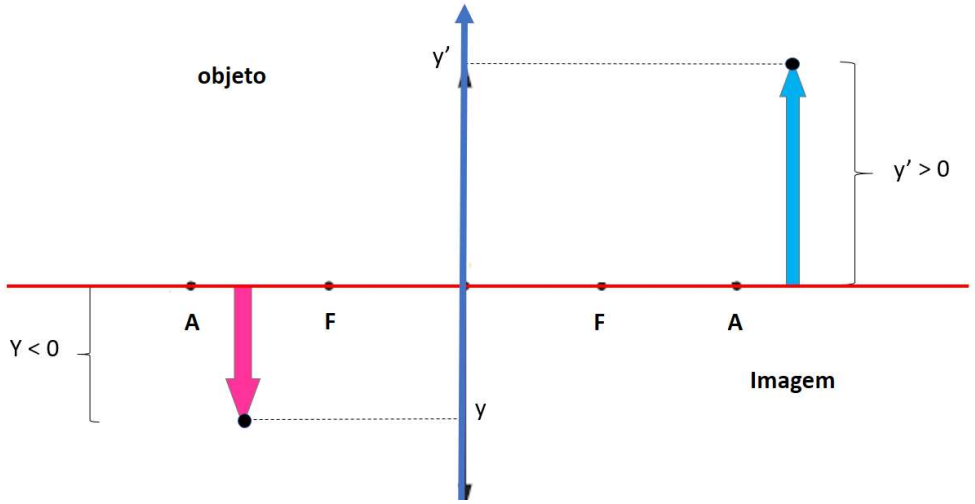
$$A = \frac{y'}{y}$$

$$(-)\ A = \frac{(-)\ y'}{(+)\ y}$$

$$(-)\ A = \frac{(+)\ y'}{(-)\ y}$$

A < 0 (A com sinal negativo) objeto e imagem tem orientações contrárias





Discussão do aumento linear transversal

$A = \boxed{+}\ \boxed{\frac{1}{3}} \rightarrow \frac{1}{3} = \frac{|y'|}{|y|} \Rightarrow |y'| = \frac{|y|}{3}$

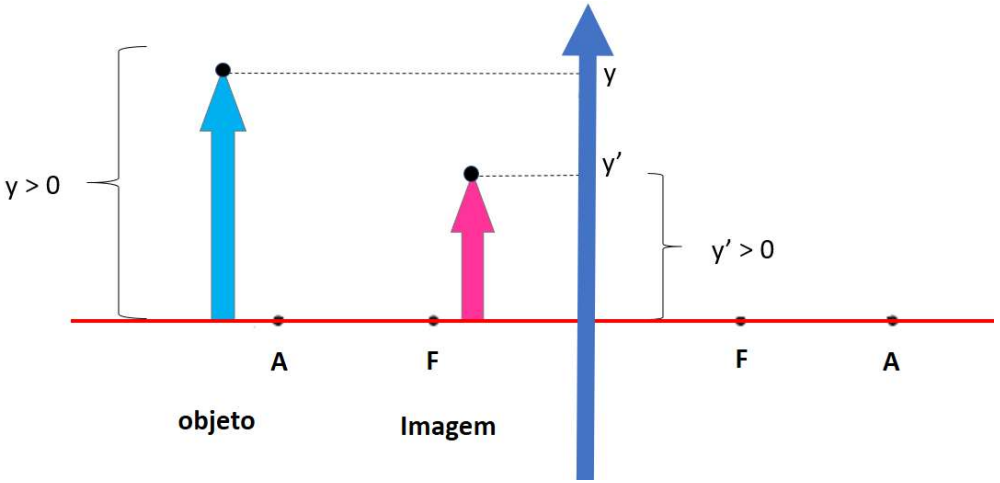
$|A| < 1$: redução

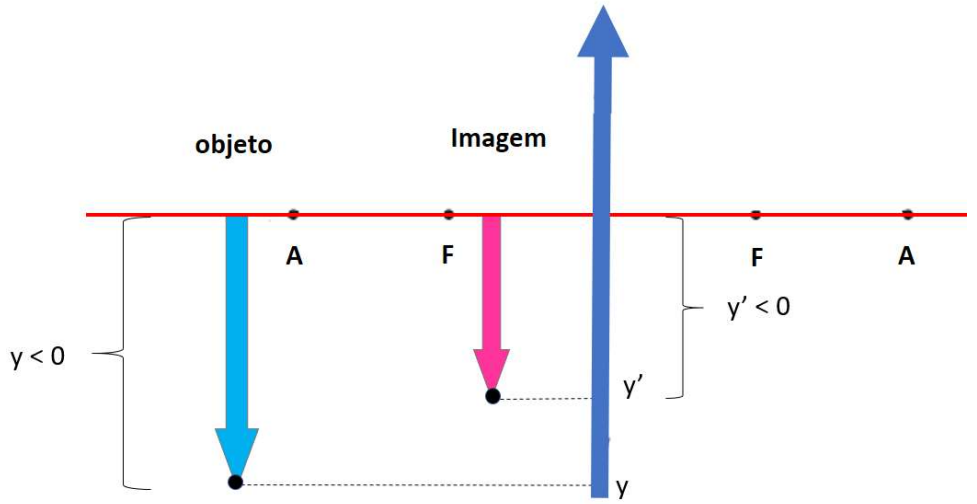
$A = \frac{y'}{y}$

$(+)\,A = \frac{(+)\,y'}{(+)\,y}$

$(+)\,A = \frac{(-)\,y'}{(-)\,y}$

A > 0 (A com sinal positivo) objeto e imagem tem mesma orientação





Exercícios

1. (Puccamp 2017) As lentes convergentes formam imagens cujas características dependem da distância entre o objeto e a lente. Um objeto luminoso é colocado sobre o eixo principal e a 15 cm de uma lente delgada convergente de distância focal igual a 20cm.

a) Quais as características da imagem conjugada?
b) Calcule a que distância a imagem se forma da lente.

1. (Puccamp 2017) As lentes convergentes formam imagens cujas características dependem da distância entre o objeto e a lente. Um objeto luminoso é colocado sobre o eixo principal e a 15 cm de uma lente delgada convergente de distância focal igual a 20 cm.

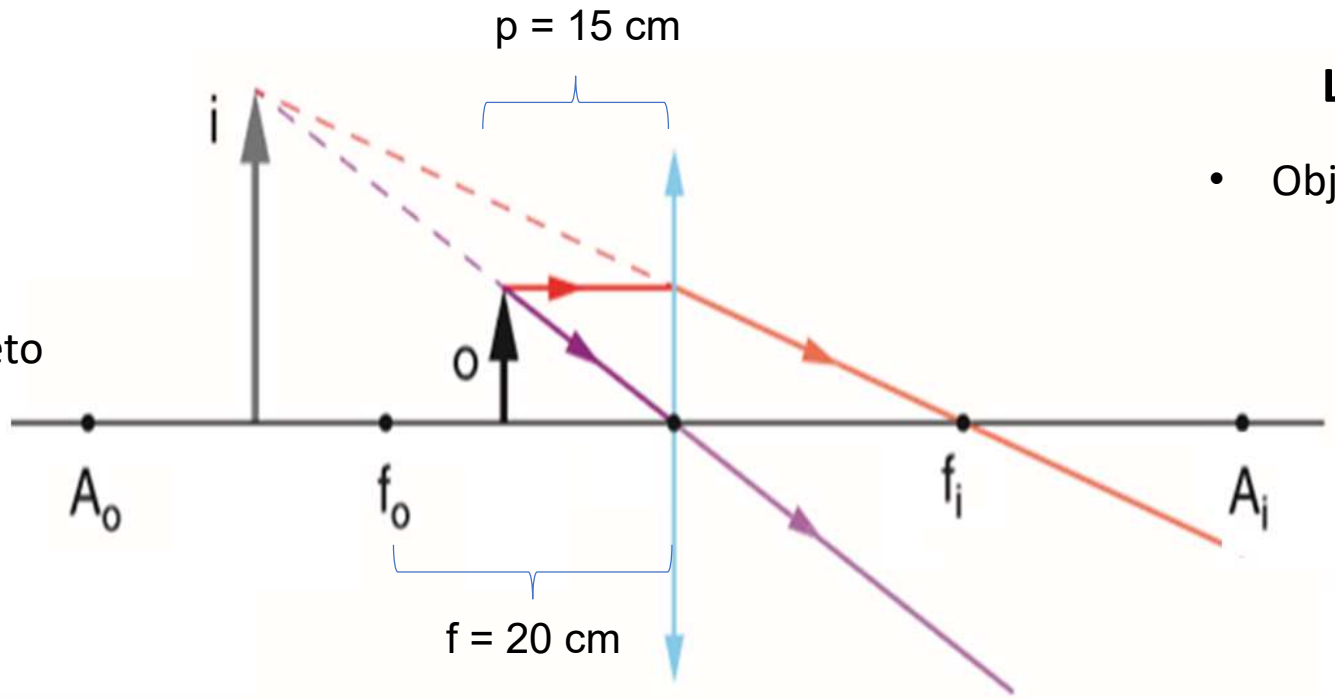
a) Quais as características da imagem conjugada?

CASO 5

Lente convergente

- Objeto Real entre O e F

- Imagem virtual
- Maior
- Direita
- Do mesmo lado objeto

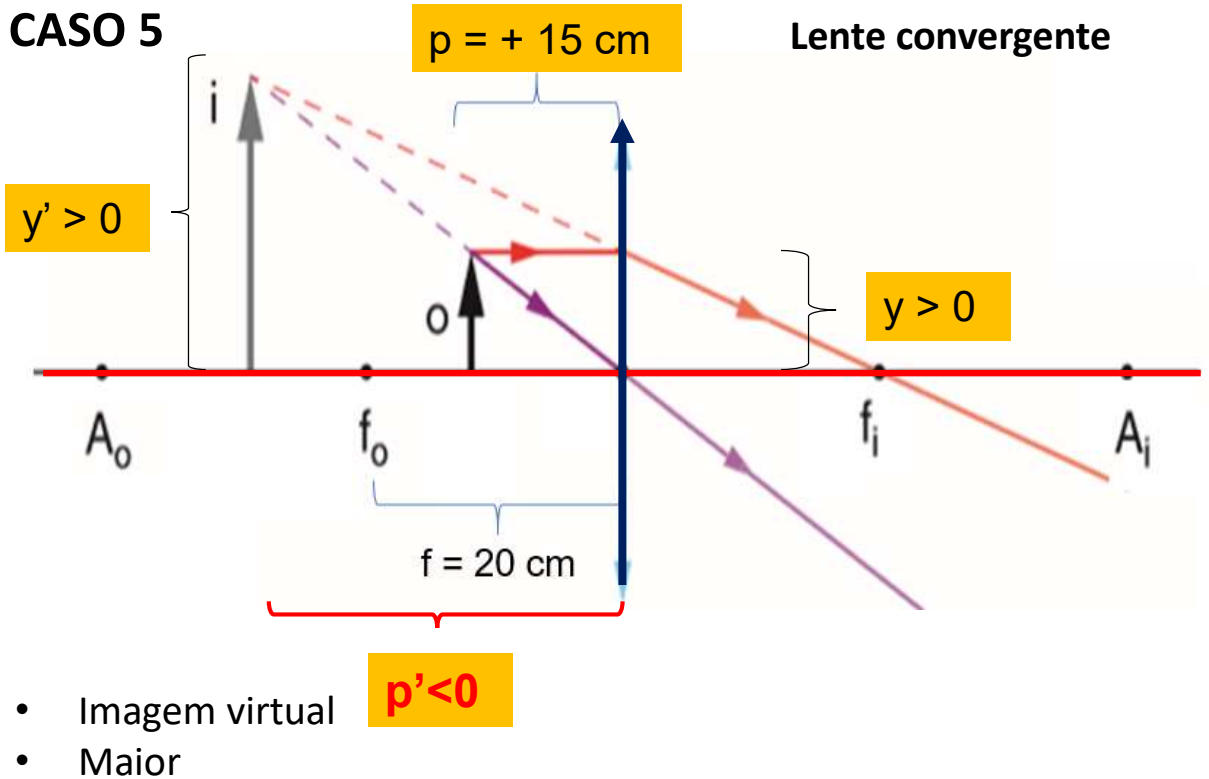


1. (Puccamp 2017) As lentes convergentes formam imagens cujas características dependem da distância entre o objeto e a lente. Um objeto luminoso é colocado sobre o eixo principal e a 15 cm de uma lente delgada convergente de distância focal igual a 20 cm.

b) Calcule a que distância a imagem se forma da lente.

p' = ? p = + 15 cm f = + 20 cm

CASO 5



- Imagem virtual
- Maior
- Direita
- Do mesmo lado objeto
- Objeto Real entre O e F

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \qquad \frac{1}{p'} = \frac{3 - 4}{60}$$

$$\frac{1}{20} = \frac{1}{15} + \frac{1}{p'} \qquad \frac{1}{p'} = \frac{-1}{60}$$

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{20} - \frac{1}{15} \qquad p' = -60 \text{ cm}$$

A imagem dista 60 cm da lente

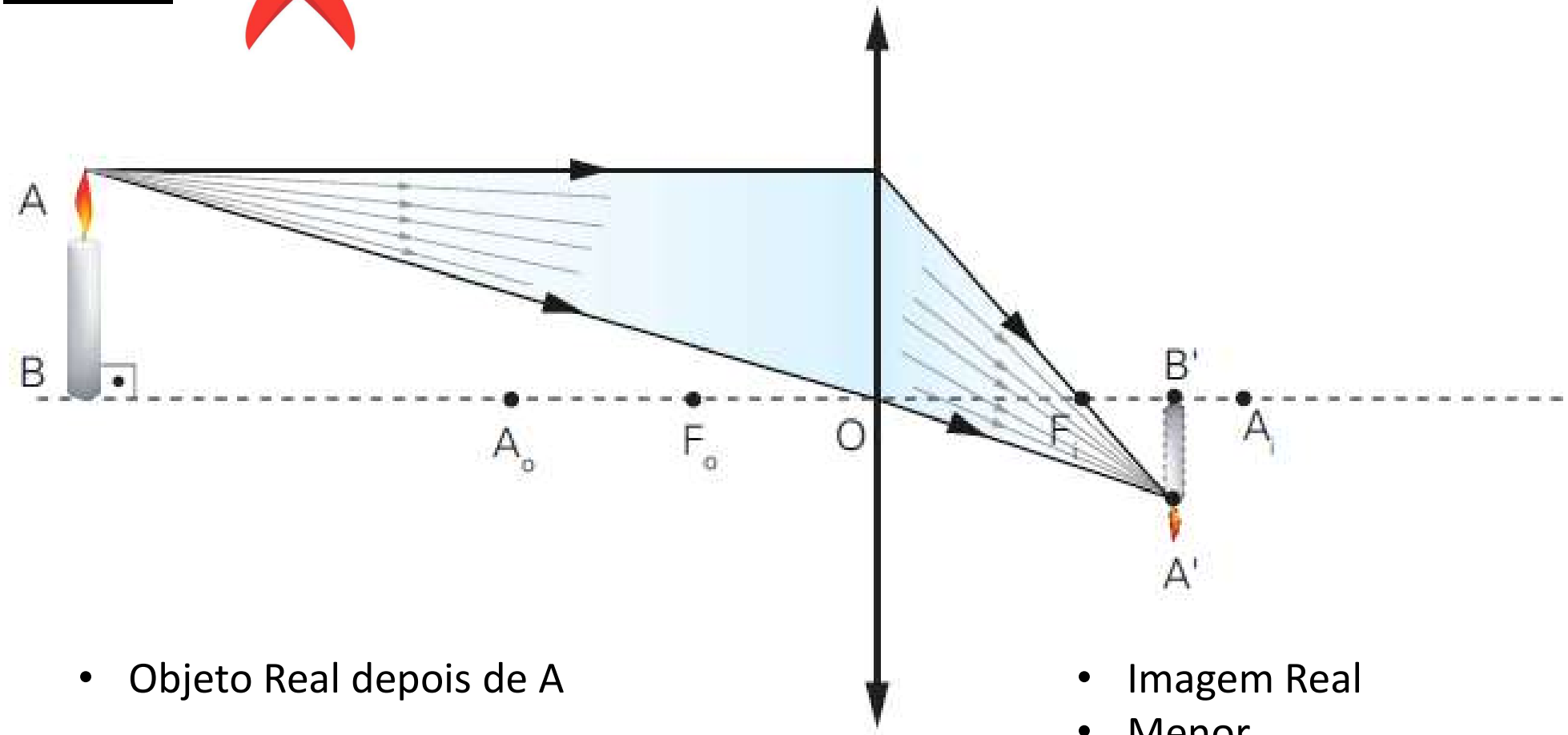
2**.** (Ufpe) Um estudante utiliza uma lente para projetar a imagem de uma vela, ampliada 5 vezes, numa parede. Se a vela foi colocada a 30 cm da lente, determine a distância focal da lente, em cm.

2. (Ufpe) Um estudante utiliza uma lente para projetar a imagem de uma vela, ampliada 5 vezes, numa parede. Se a vela foi colocada a 30 cm da lente, determine a distância focal da lente, em cm.

"projetar a imagem" → imagem projetável → natureza real
"ampliada 5 vezes" → imagem maior do que o objeto

CASO 1

Lente convergente



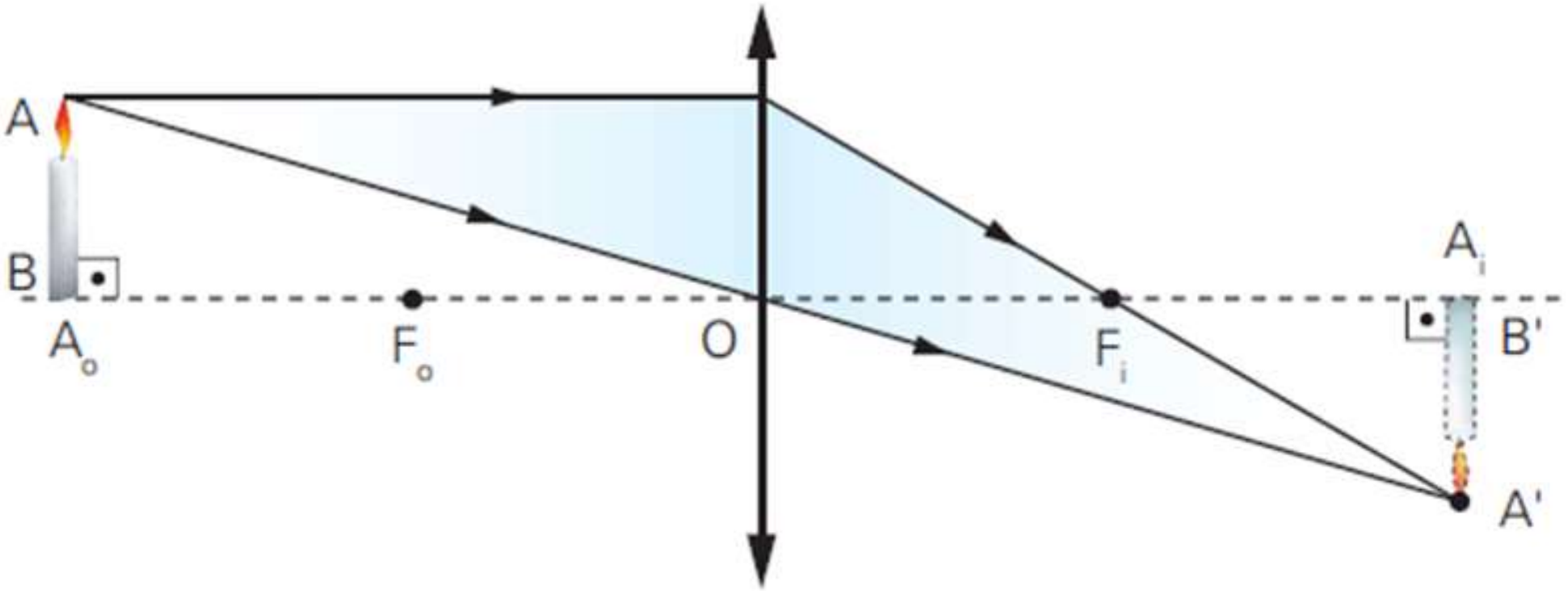
- Objeto Real depois de A

"projetar a imagem" → imagem projetável → natureza real
"ampliada 5 vezes" → imagem maior do que o objeto

- Imagem Real
- Menor
- Invertida
- Entre F e A

CASO 2

Lente convergente



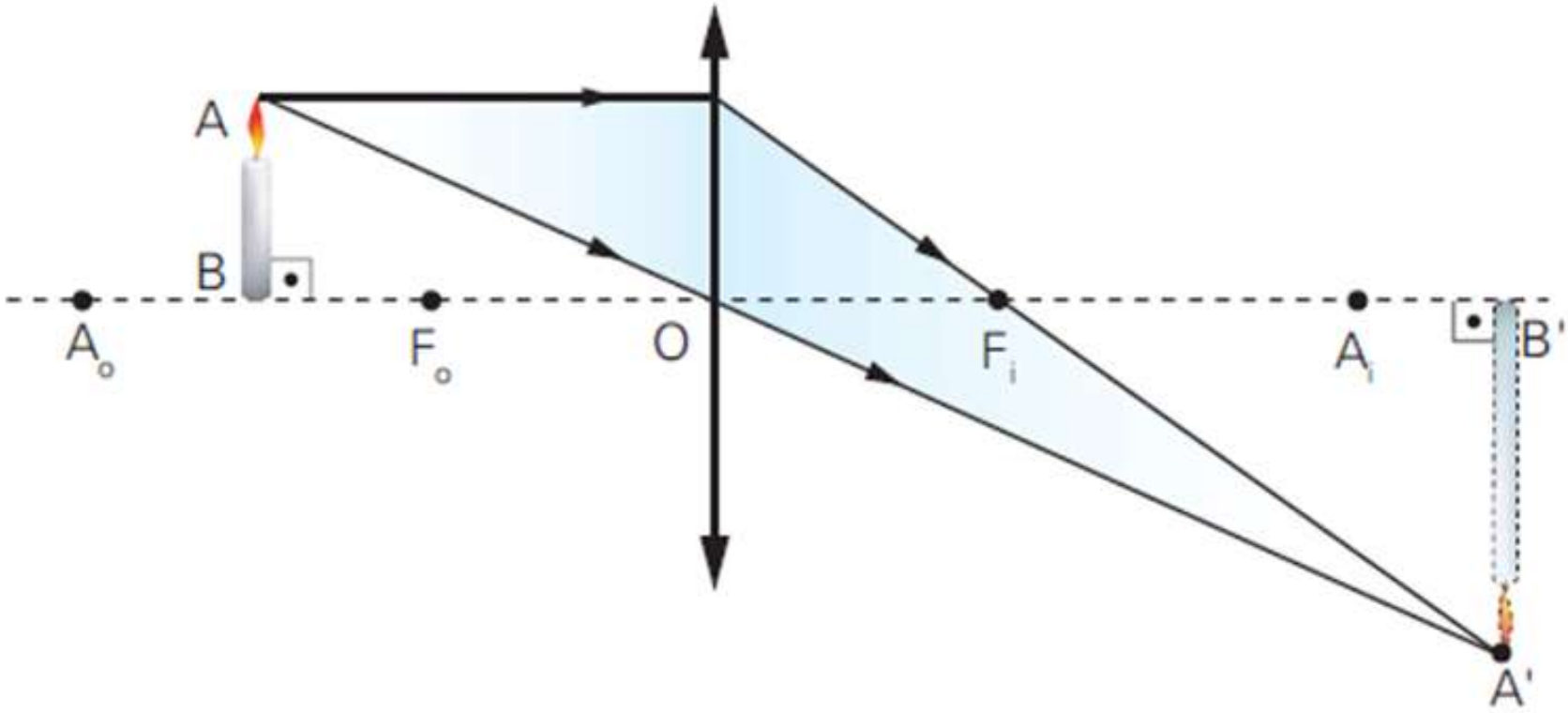
- Objeto Real sobre A

"projetar a imagem" → imagem projetável → natureza real
"ampliada 5 vezes" → imagem maior do que o objeto

- Imagem Real
- Do mesmo tamanho
- Invertida
- Sobre A

CASO 3

Lente convergente



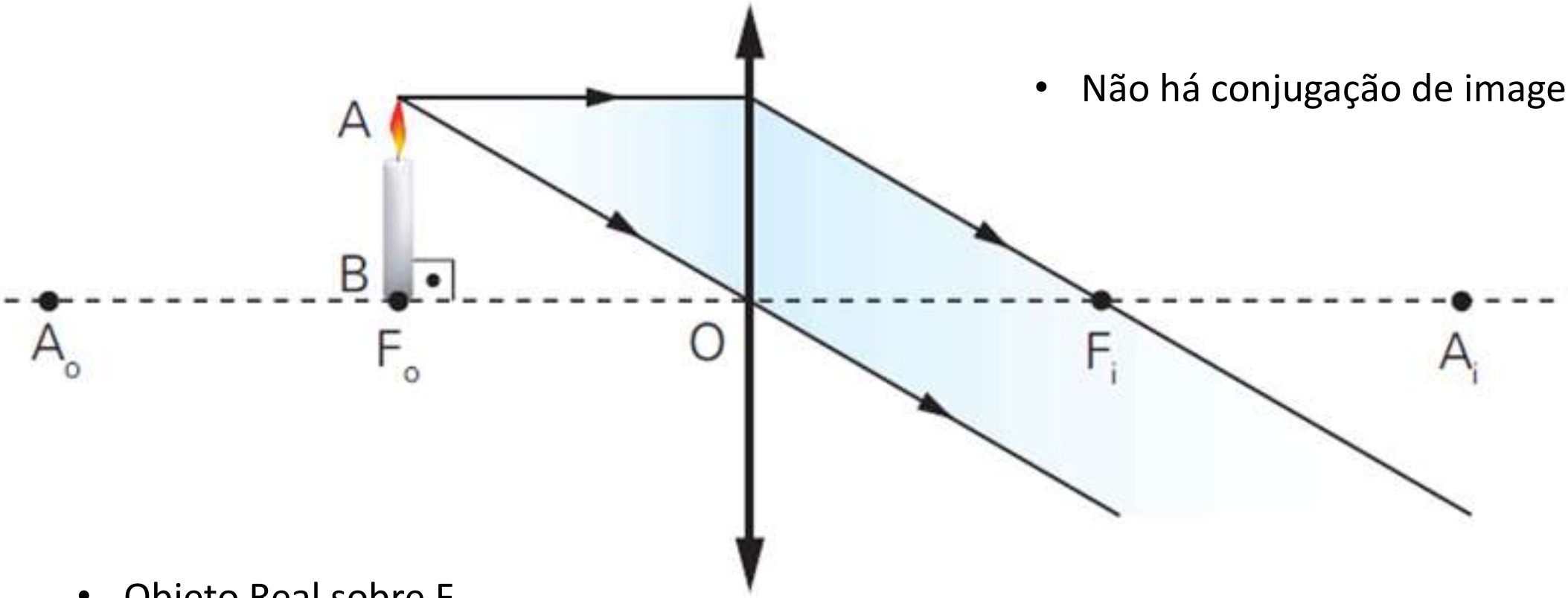
- Objeto Real entre A e F

"projetar a imagem" → imagem projetável → natureza real
"ampliada 5 vezes" → imagem maior do que o objeto

- Imagem Real
- Maior
- Invertida
- Depois de A

CASO 4

Lente convergente



- Não há conjugação de imagem

- Objeto Real sobre F

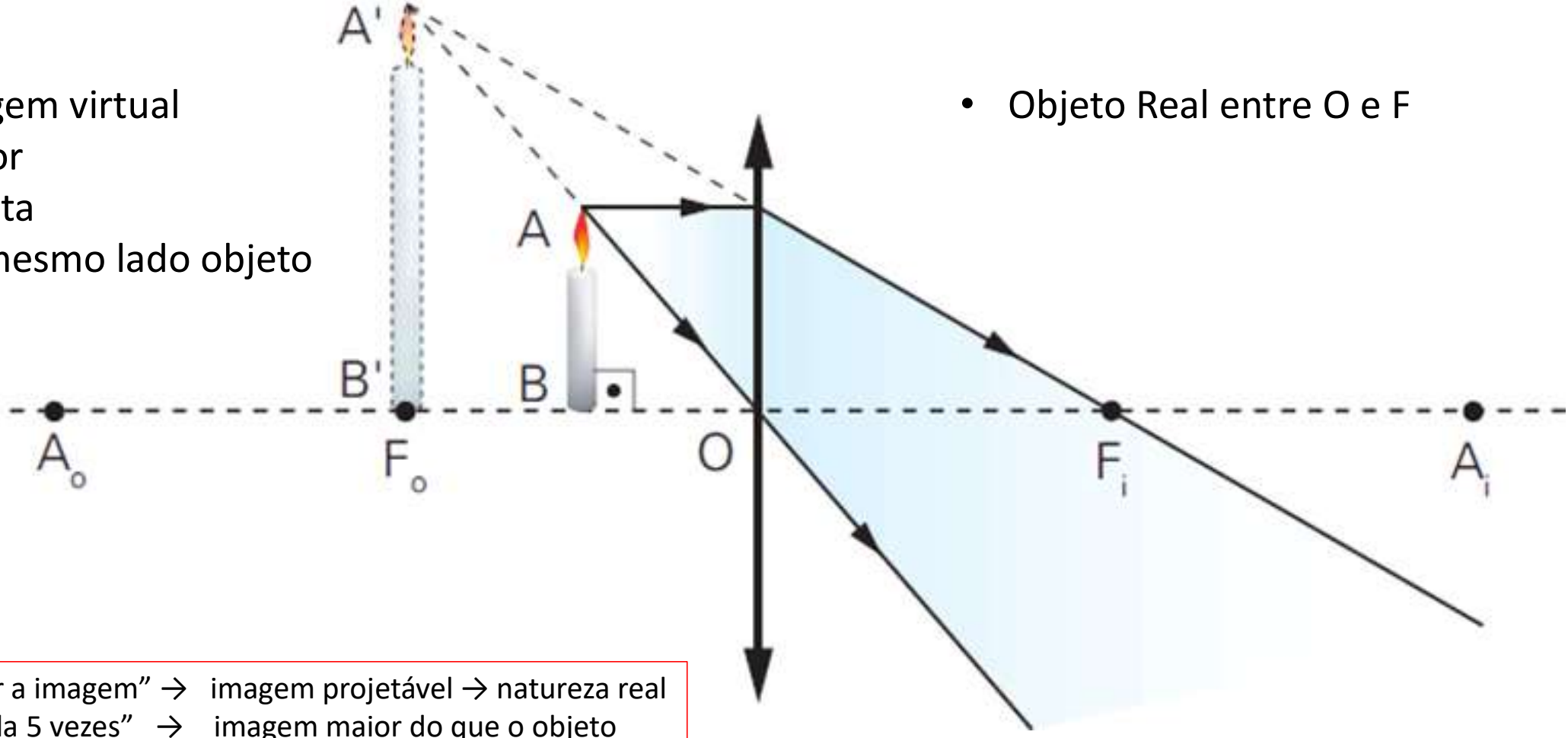
"projetar a imagem" → imagem projetável → natureza real
"ampliada 5 vezes" → imagem maior do que o objeto

CASO 5

Lente convergente

- Imagem virtual
- Maior
- Direita
- Do mesmo lado objeto

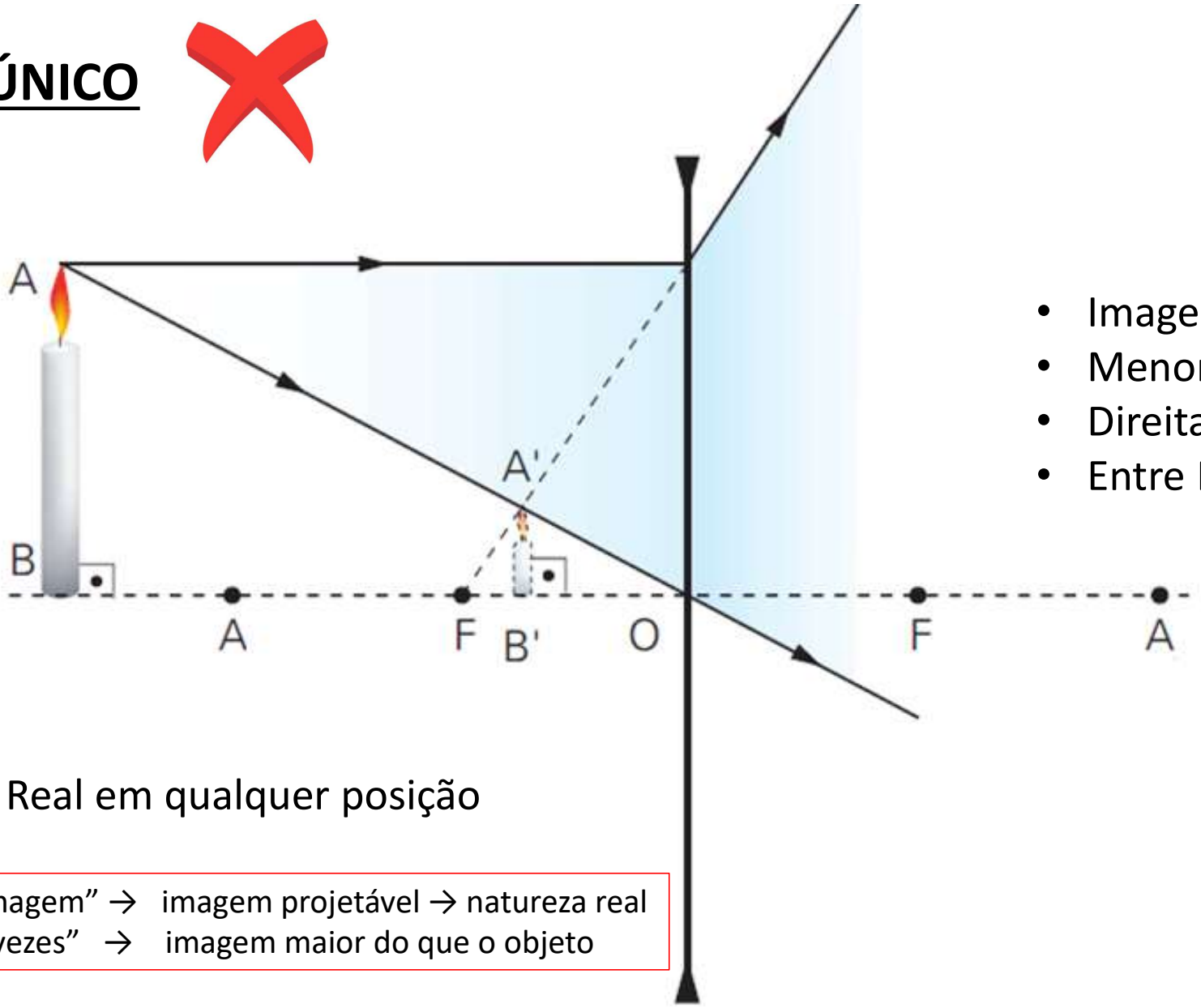
- Objeto Real entre O e F



"projetar a imagem" → imagem projetável → natureza real
"ampliada 5 vezes" → imagem maior do que o objeto

CASO ÚNICO

Lente divergente



- Imagem virtual
- Menor
- Direita
- Entre F e O

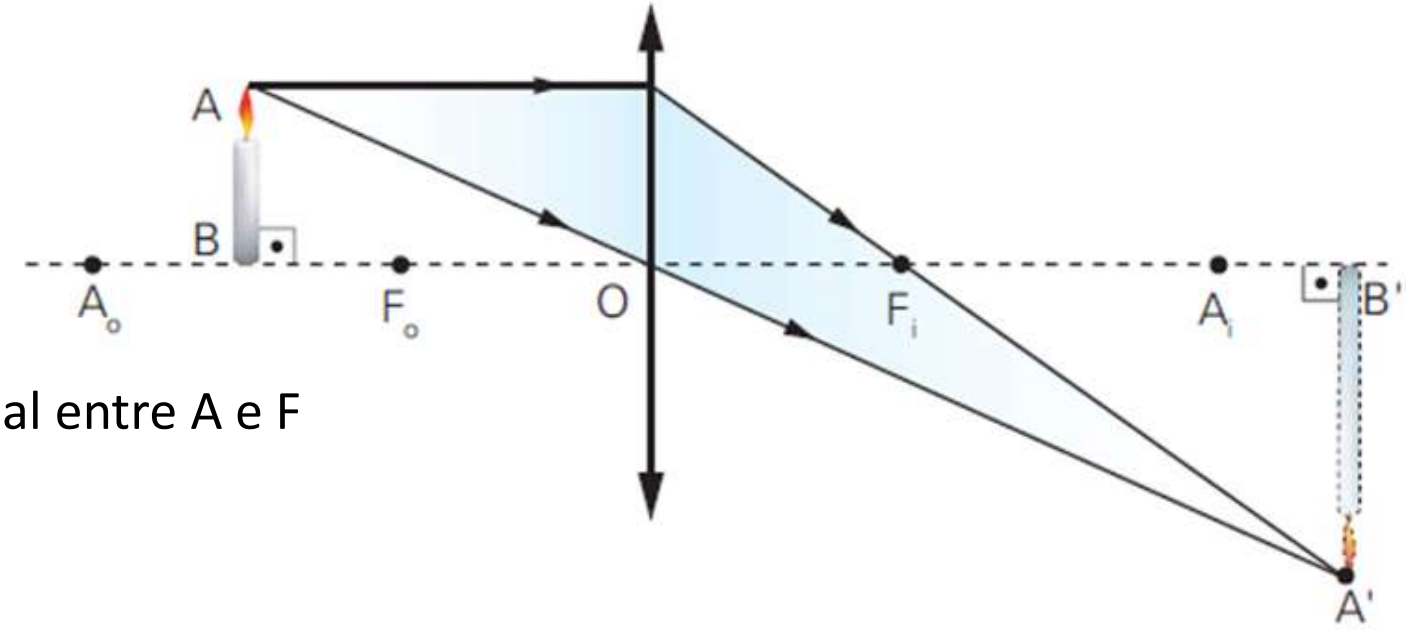
- Objeto Real em qualquer posição

"projetar a imagem" → imagem projetável → natureza real
"ampliada 5 vezes" → imagem maior do que o objeto

2. (Ufpe) Um estudante utiliza uma lente para projetar a imagem de uma vela, ampliada 5 vezes, numa parede. Se a vela foi colocada a 30 cm da lente, determine a distância focal da lente, em cm.

"projetar a imagem" → imagem projetável → natureza real
"ampliada 5 vezes" → imagem maior do que o objeto

CASO 3 **Lente convergente**

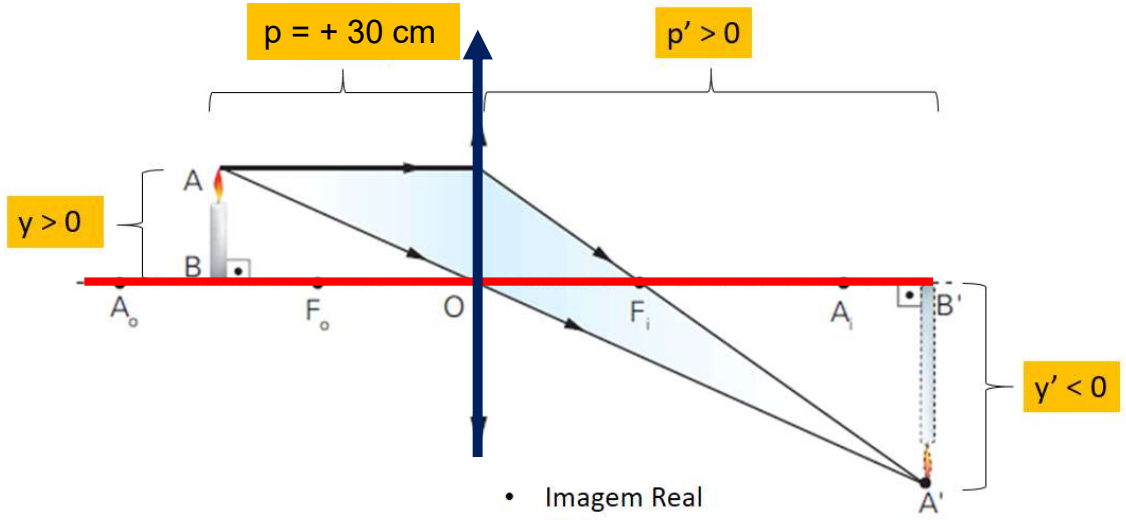


- Objeto Real entre A e F

- Imagem Real
- Maior
- Invertida
- Depois de A

2. (Ufpe) Um estudante utiliza uma lente para projetar a imagem de uma vela, ampliada 5 vezes, numa parede. Se a vela foi colocada a 30 cm da lente, determine a distância focal da lente, em cm.

CASO 3 **Lente convergente**



- Objeto Real entre A e F
- Imagem Real
- Maior
- Invertida
- Depois de A

p = + 30 cm

y' = - 5 . y

f = ?

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

$$A = \frac{y'}{y} = -\frac{p'}{p}$$

x (-1) x (-1)

$$\frac{-5y}{y} = -\frac{p'}{p}$$

$$5 = \frac{p'}{p}$$

p' = 5p

p' = 5 (+30)

p' = +150 cm

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{30} + \frac{1}{150}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{5 + 1}{150}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{6}{150} = \frac{1}{25}$$

f = 25 cm

3**.** (Unesp) - Uma lente tem uma distância focal de 20cm. Um objeto de 2 cm de altura é colocado frontalmente a 30 cm da lente. A imagem conjugada é menor e direita em relação ao objeto. Determine

a) a posição da imagem desse objeto;
b) a altura da imagem desse objeto.

3. (Unesp) - Uma lente tem uma distância focal de 20cm. Um objeto de 2 cm de altura é colocado frontalmente a 30 cm da lente. A imagem conjugada é menor e direita em relação ao objeto. Determine

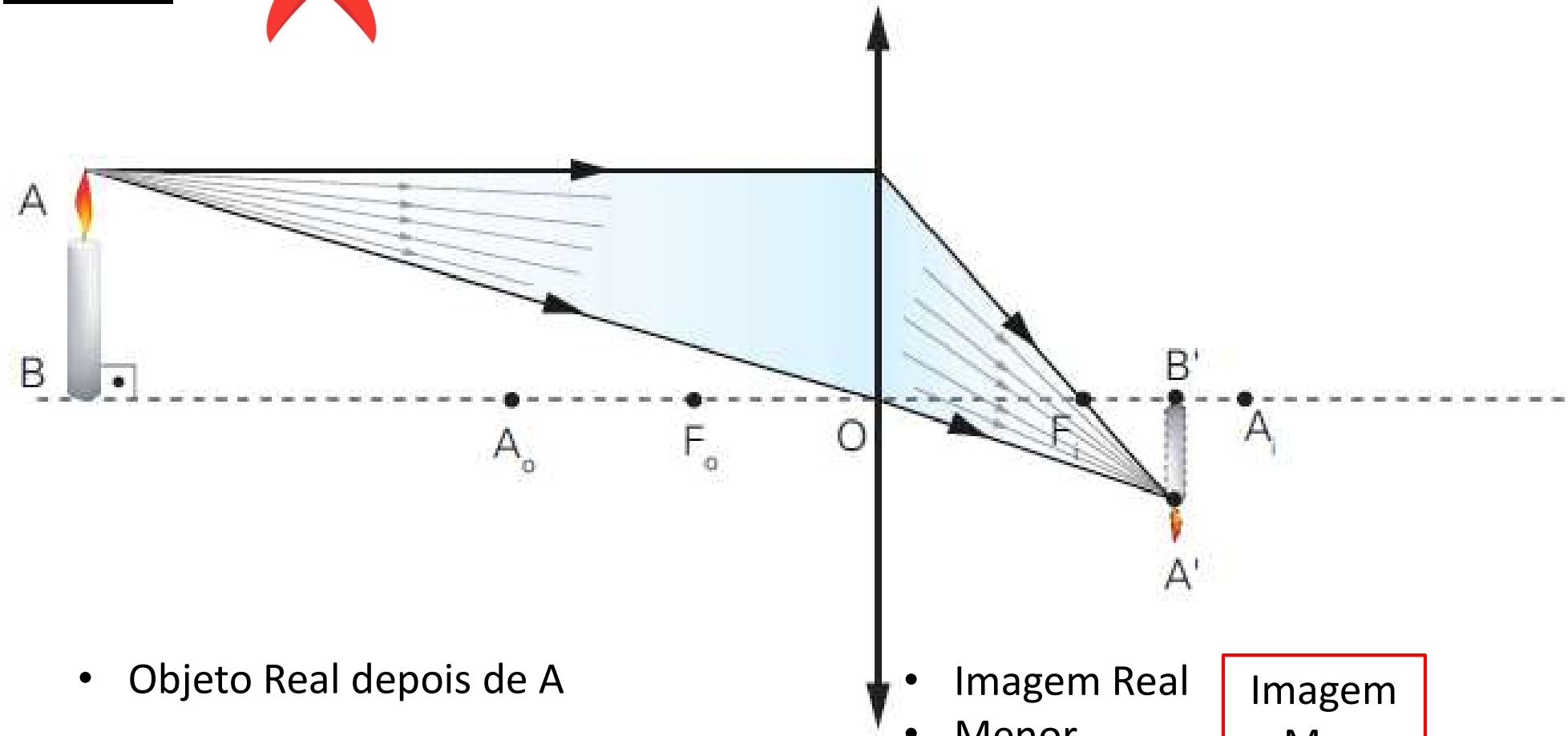
a) a posição da imagem desse objeto;

b) a altura da imagem desse objeto.

Imagem
- Menor
- Direita

CASO 1

Lente convergente



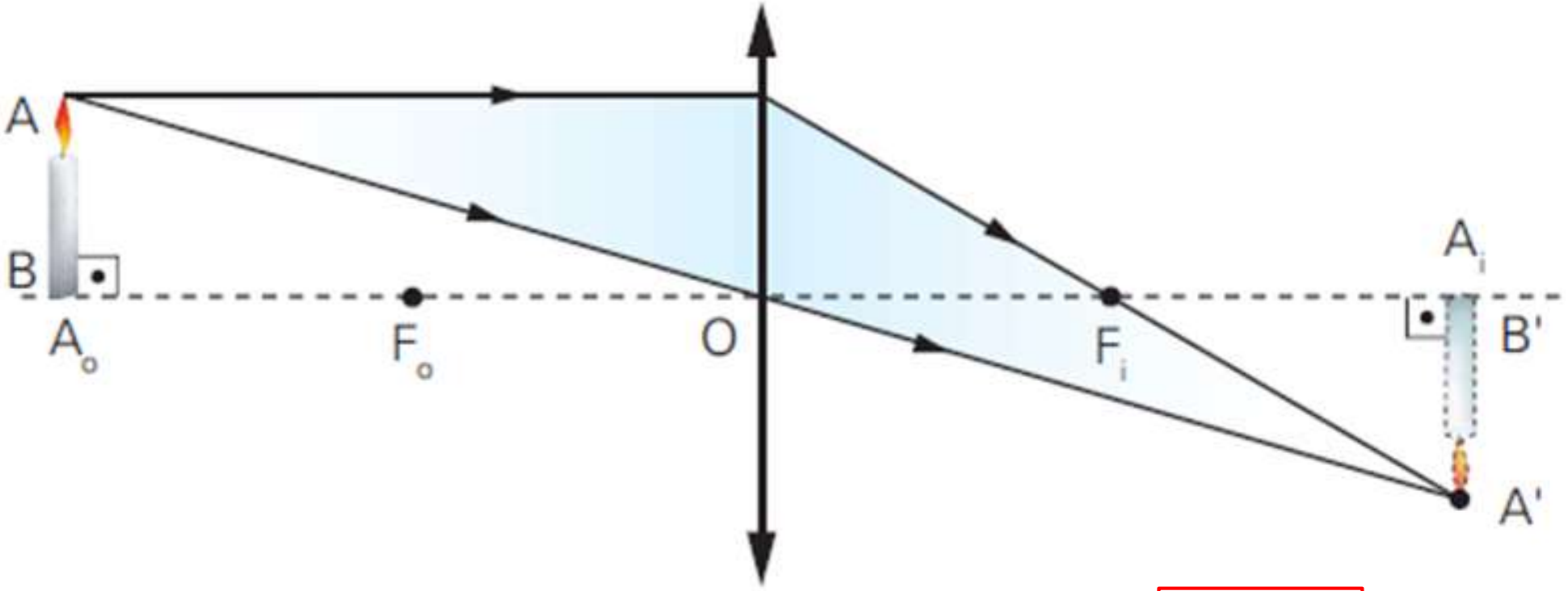
- Objeto Real depois de A

- Imagem Real
- Menor
- Invertida
- Entre F e A

Imagem
- Menor
- Direita

CASO 2

Lente convergente



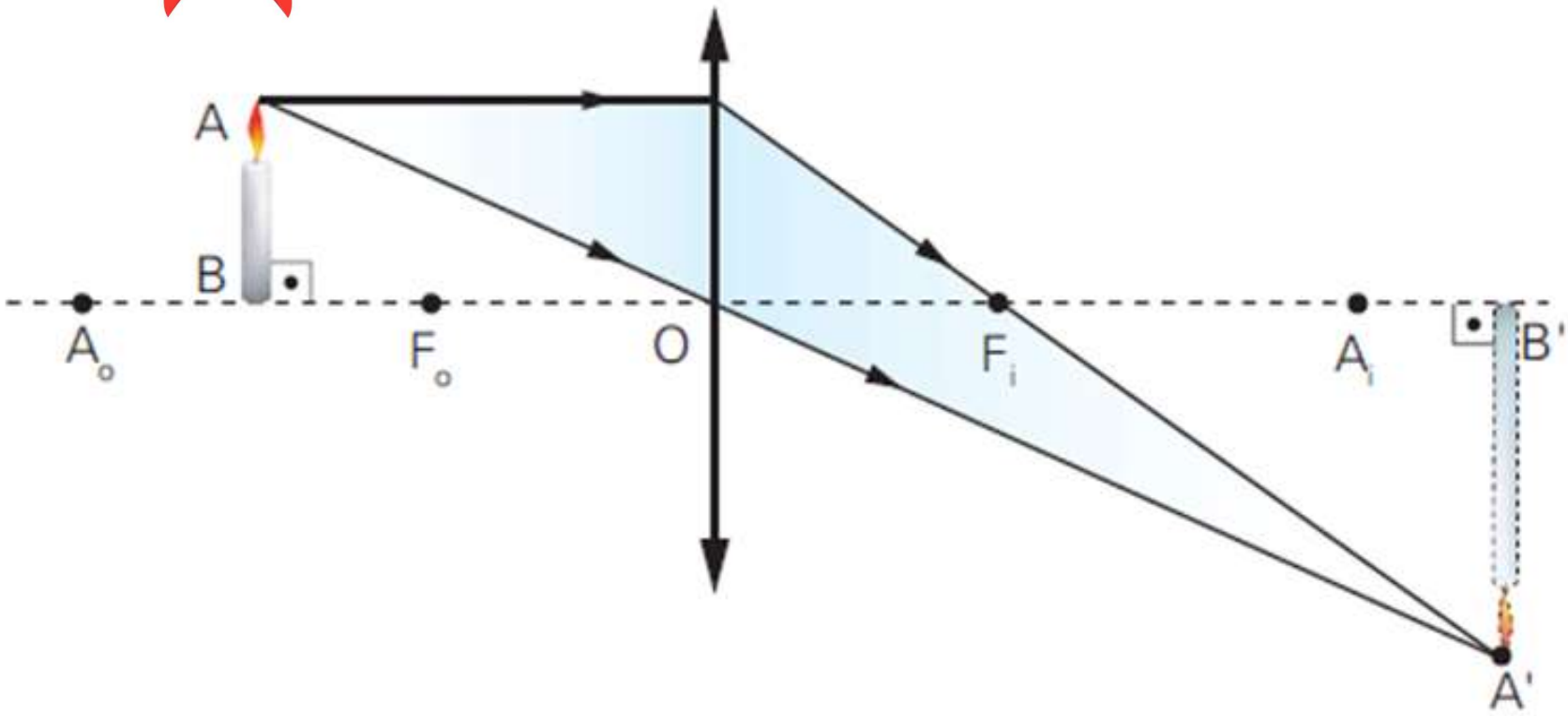
- Objeto Real sobre A

- Imagem Real
- Do mesmo tamanho
- Invertida
- Sobre A

Imagem
- Menor
- Direita

CASO 3

Lente convergente



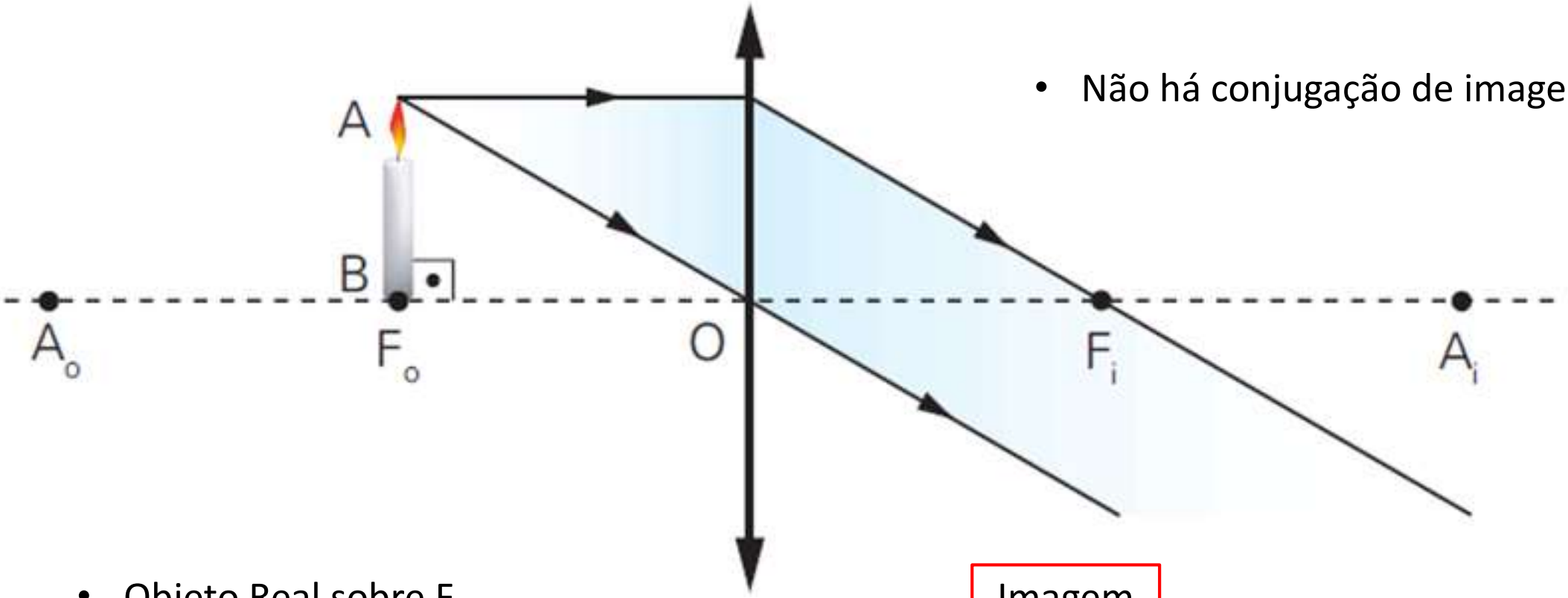
- Objeto Real entre A e F

- Imagem Real
- Maior
- Invertida
- Depois de A

Imagem
- Menor
- Direita

CASO 4

Lente convergente



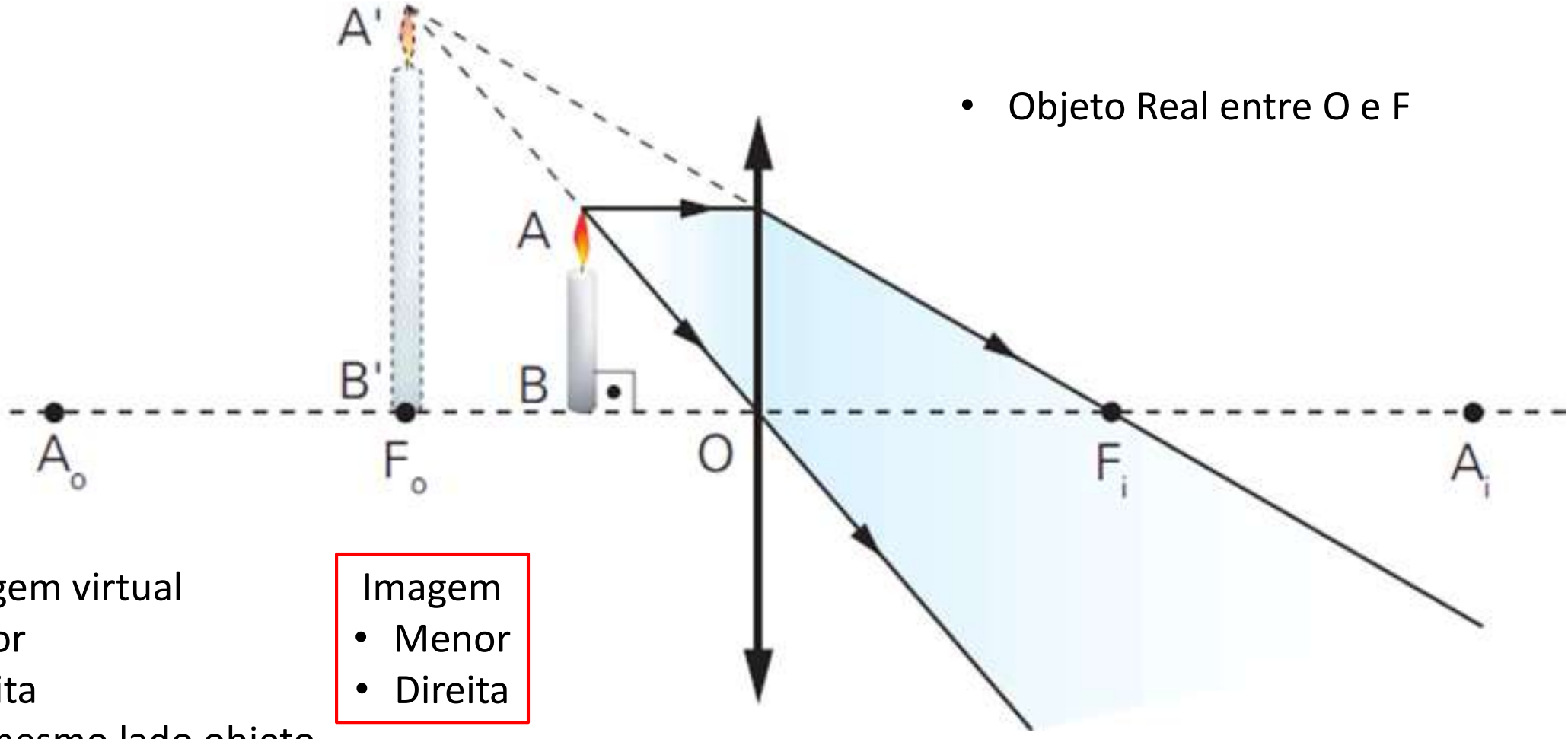
- Não há conjugação de imagem

- Objeto Real sobre F

Imagem
- Menor
- Direita

CASO 5

Lente convergente



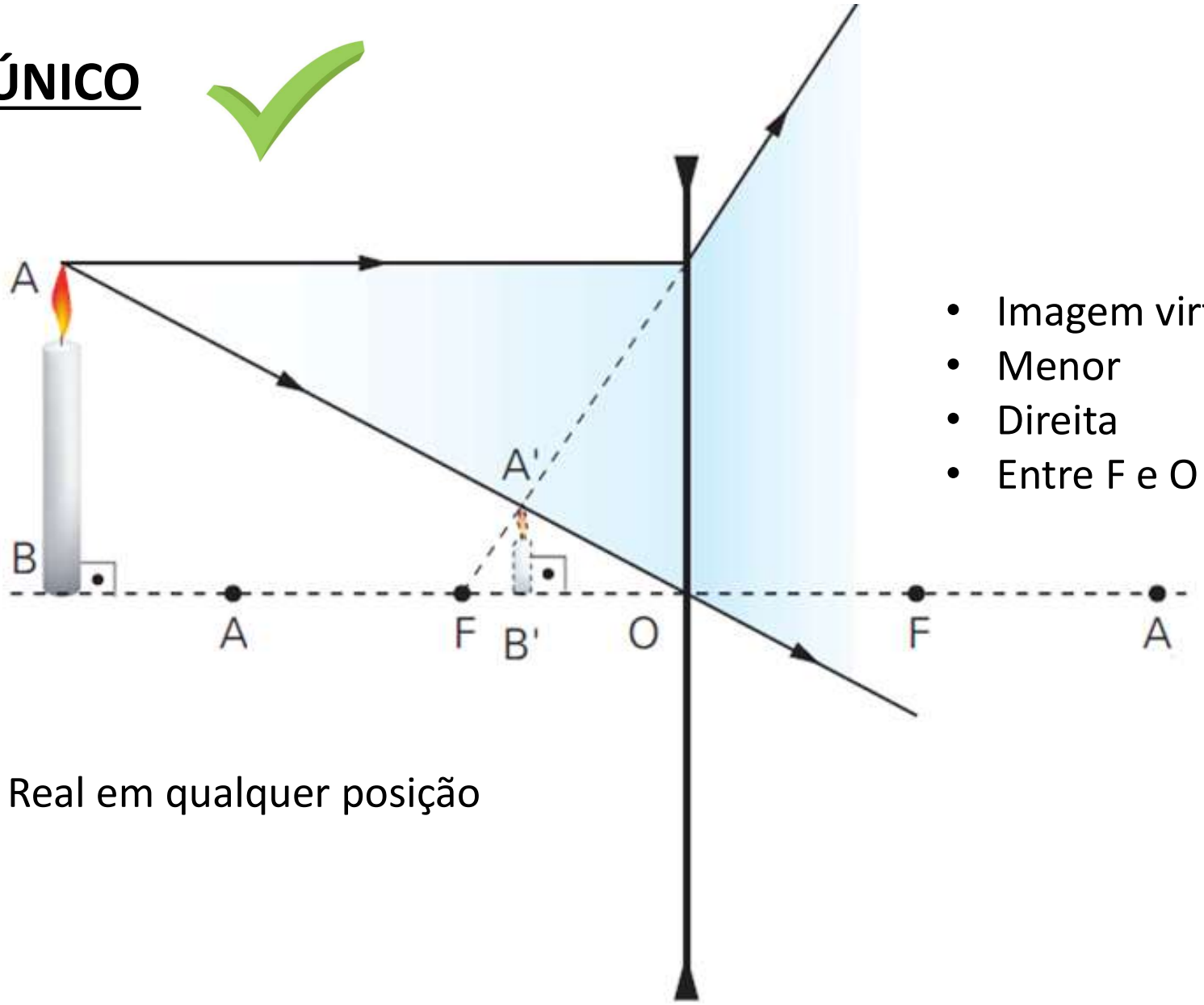
- Objeto Real entre O e F

- Imagem virtual
- Maior
- Direita
- Do mesmo lado objeto

Imagem
- Menor
- Direita

CASO ÚNICO

Lente divergente



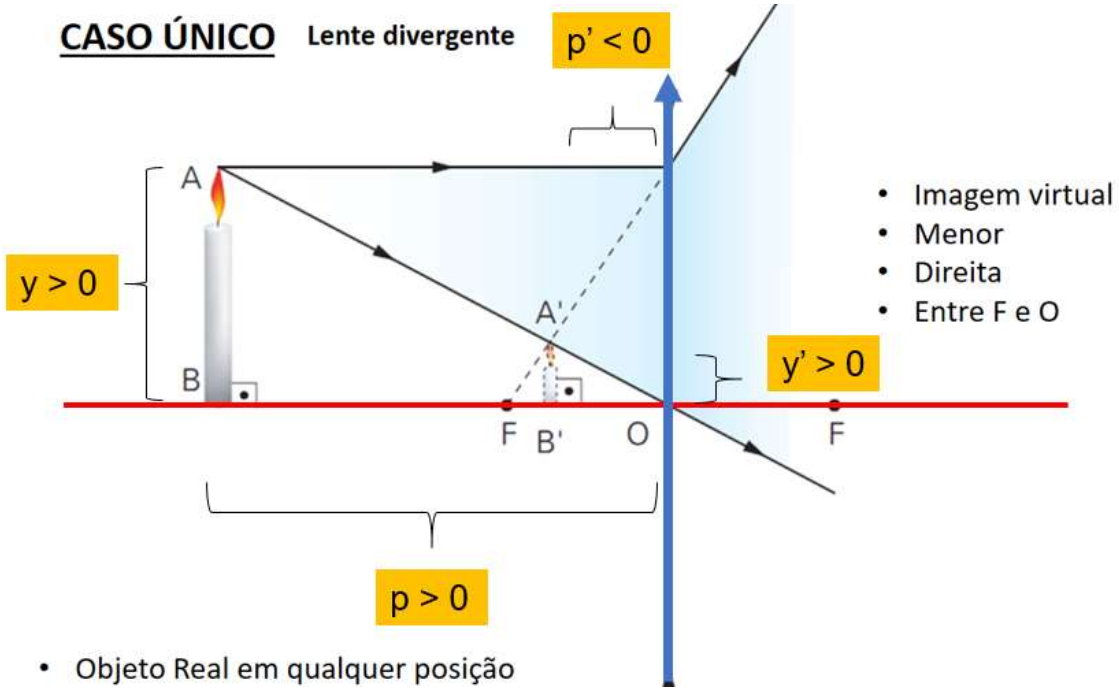
- Imagem virtual
- Menor
- Direita
- Entre F e O

Imagem
- Menor
- Direita

- Objeto Real em qualquer posição

3. (Unesp) - Uma lente tem uma distância focal de 20cm. Um objeto de 2 cm de altura é colocado frontalmente a 30 cm da lente. A imagem conjugada é menor e direita em relação ao objeto. Determine

a) a posição da imagem desse objeto;



f = - 20 cm y = 2 cm p = 30 cm p' = ?

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

$$\frac{1}{-20} = \frac{1}{30} + \frac{1}{p'}$$

$$\frac{1}{-20} + \frac{1}{-30} = \frac{1}{p'}$$

$$\frac{-3-2}{60} = \frac{1}{p'}$$

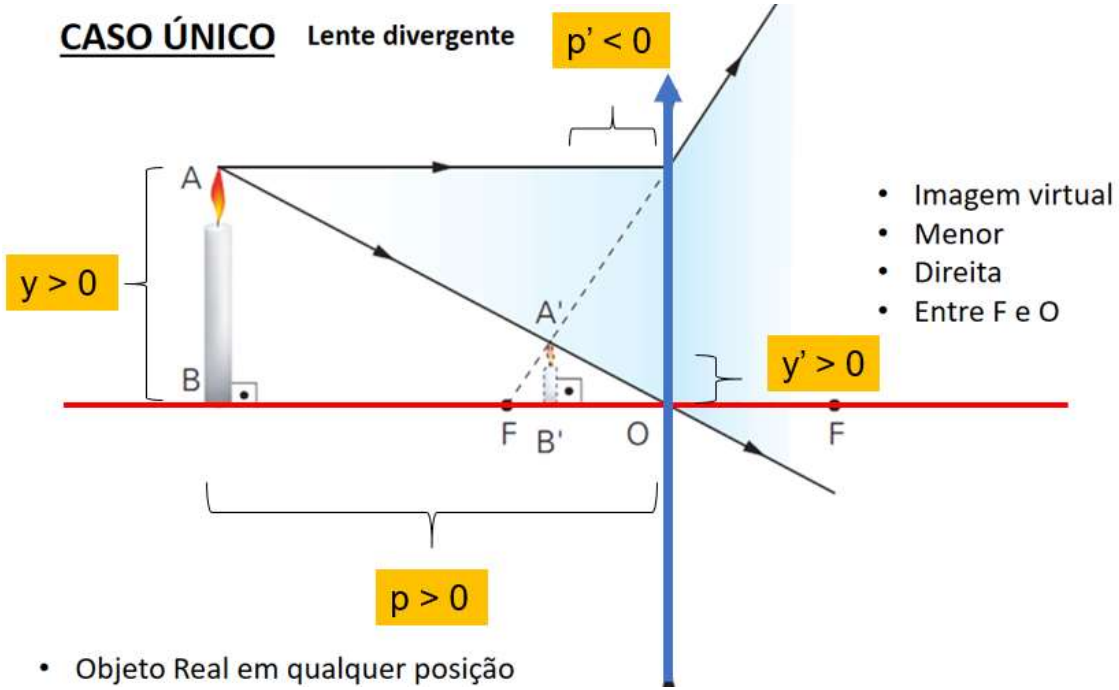
$$\frac{-5}{60} = \frac{1}{p'}$$

$$p' = \frac{60}{-5}$$

$p' = -12\ cm$

3. (Unesp) - Uma lente tem uma distância focal de 20cm. Um objeto de 2 cm de altura é colocado frontalmente a 30 cm da lente. A imagem conjugada é menor e direita em relação ao objeto. Determine

b) a altura da imagem desse objeto.



f = - 20 cm y = 2 cm p = 30 cm p' = - 12 cm

y' = ?

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

$$y' = \frac{24}{30}$$

$$\frac{y'}{2} = \frac{-(-1\ )}{30}$$

$$y' = 0{,}8\ cm$$

4 - A figura 1 mostra uma boneca disposta diante de uma lente esférica gaussiana. A figura 2 mostra a imagem formada por essa lente.

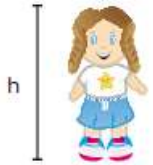


Figura 1

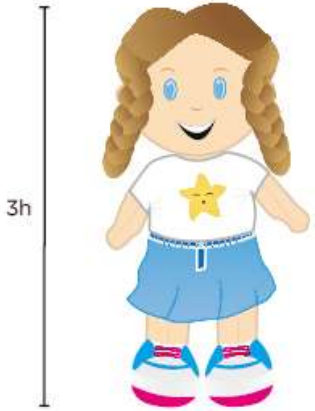


Figura 2

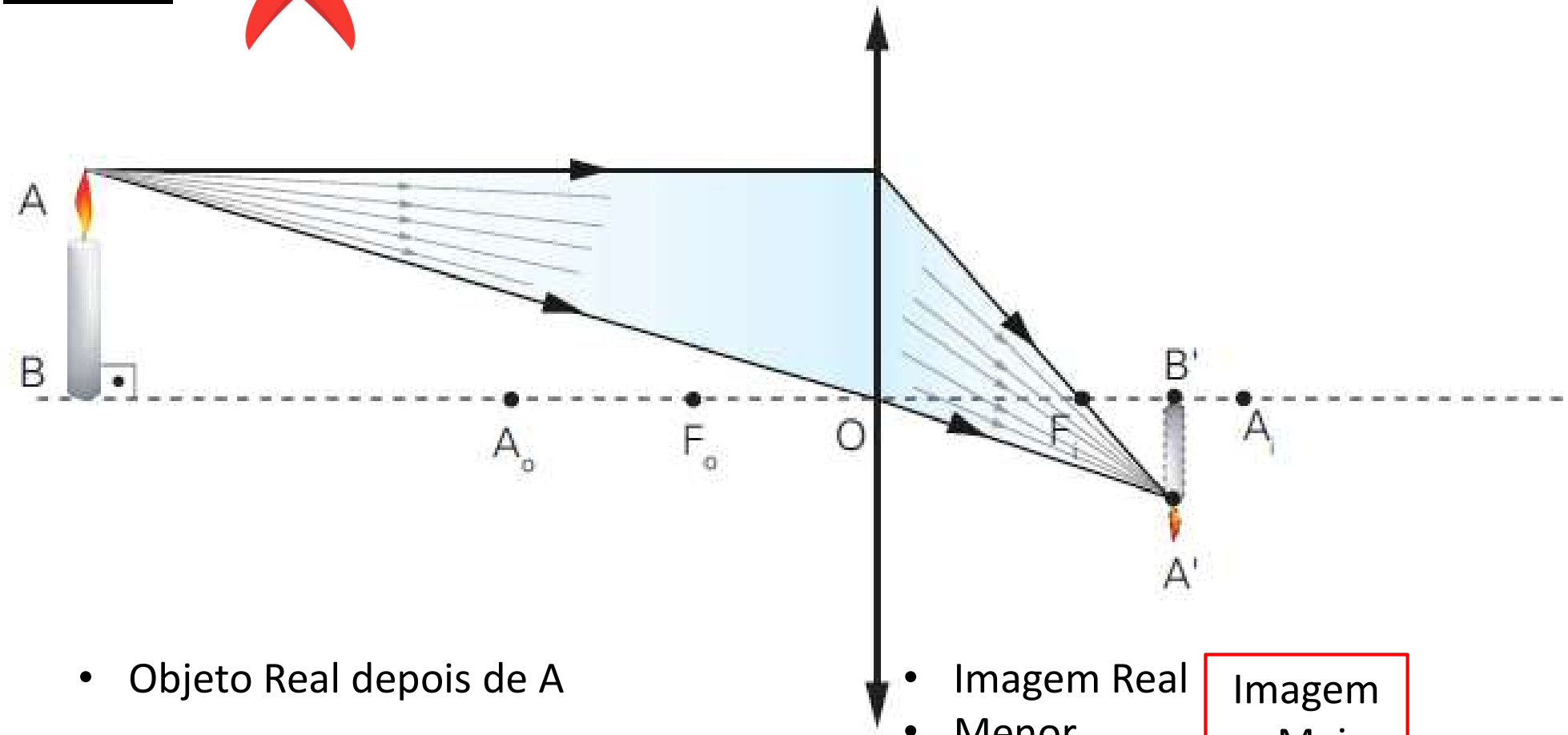
Imagem
- Maior
- Direita

Sabendo que a distância entre a boneca e sua imagem é 18,0 cm, a distância focal da lente utilizada vale:

a) 6,00 cm. b) 9,00 cm. c) 13,5 cm. d) 17,5 cm. e) 21,0 cm.

CASO 1

Lente convergente



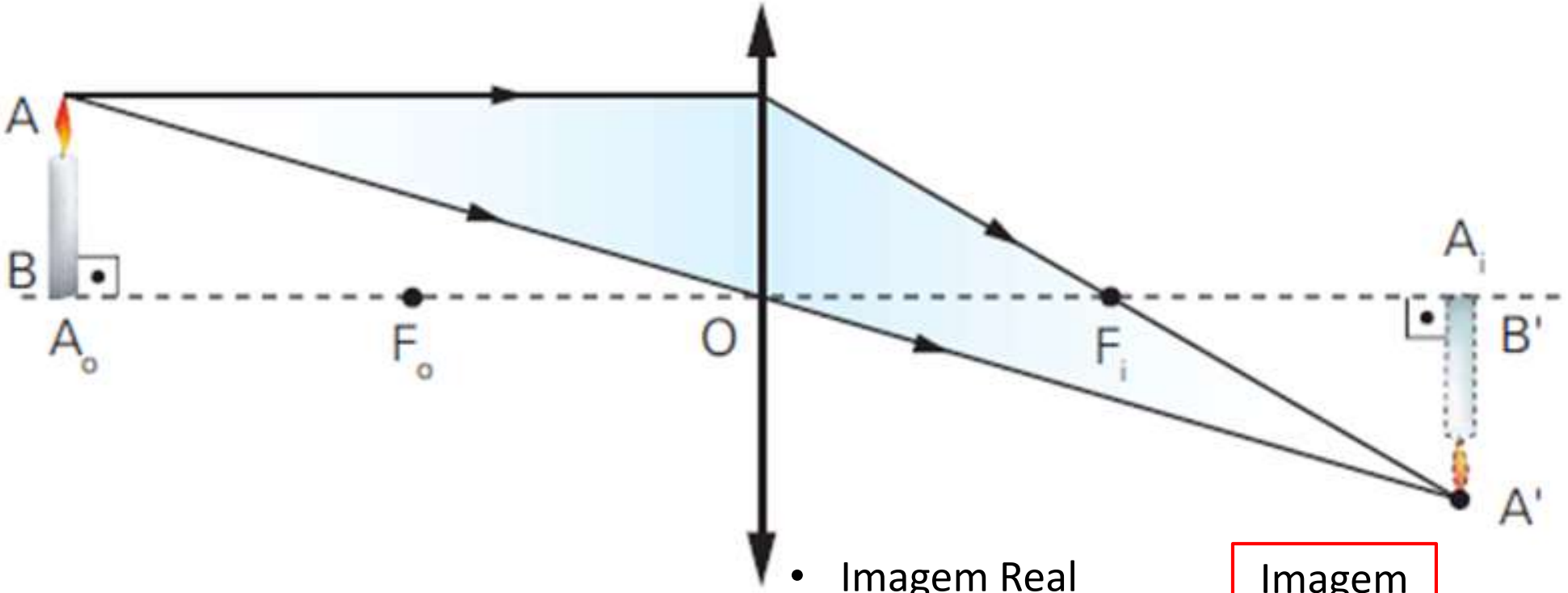
- Objeto Real depois de A

- Imagem Real
- Menor
- Invertida
- Entre F e A

Imagem
- Maior
- Direita

CASO 2

Lente convergente



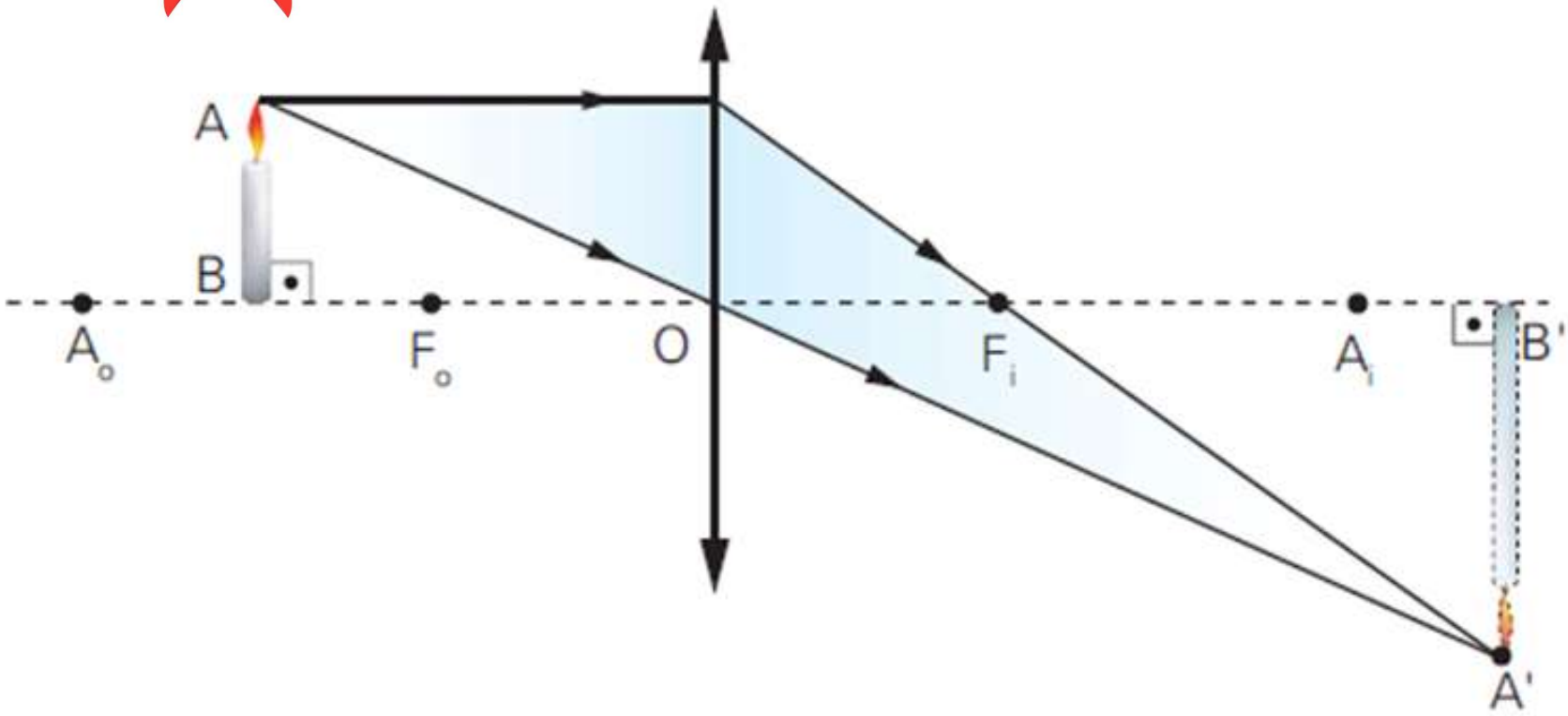
- Objeto Real sobre A

- Imagem Real
- Do mesmo tamanho
- Invertida
- Sobre A

Imagem
- Maior
- Direita

CASO 3

Lente convergente



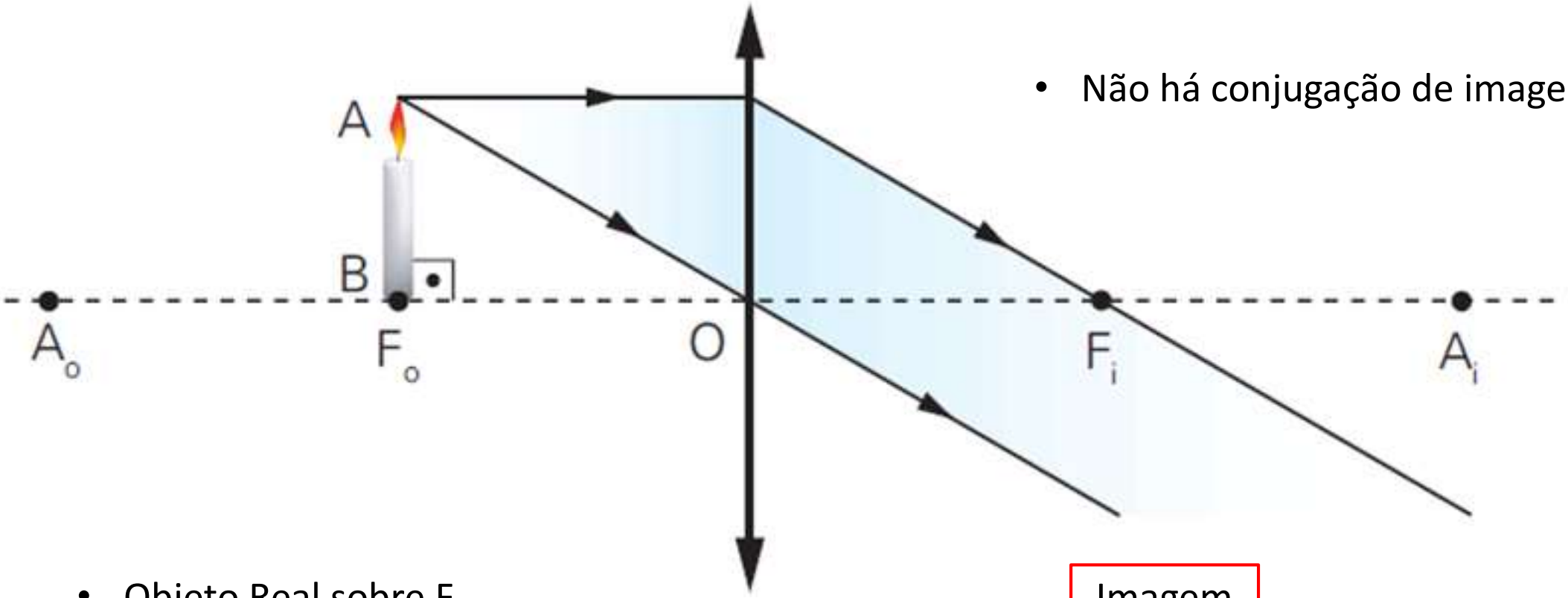
- Objeto Real entre A e F

- Imagem Real
- Maior
- Invertida
- Depois de A

Imagem
- Maior
- Direita

CASO 4

Lente convergente



- Não há conjugação de imagem

- Objeto Real sobre F

Imagem
- Maior
- Direita

CASO 5

Lente convergente

- Objeto Real entre O e F

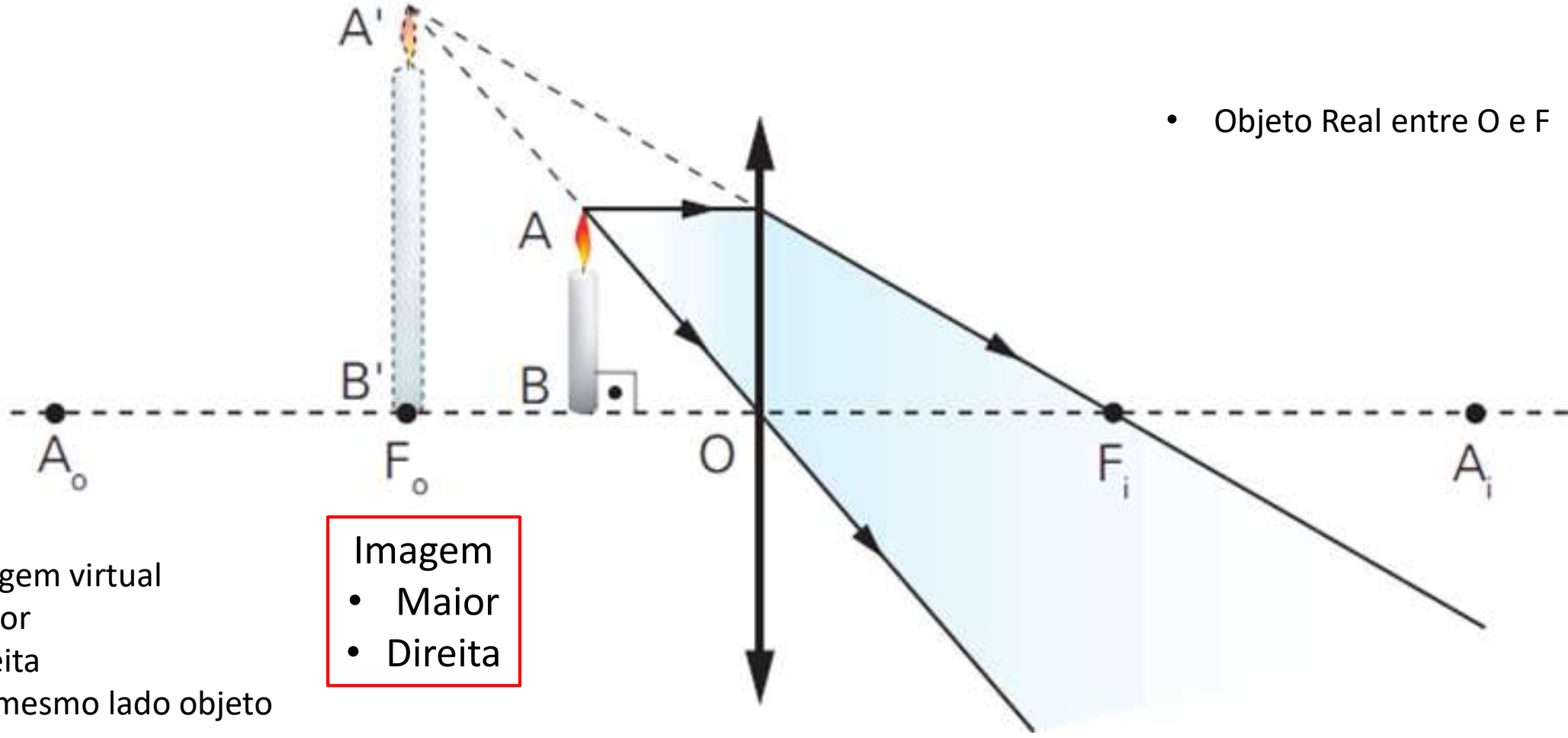
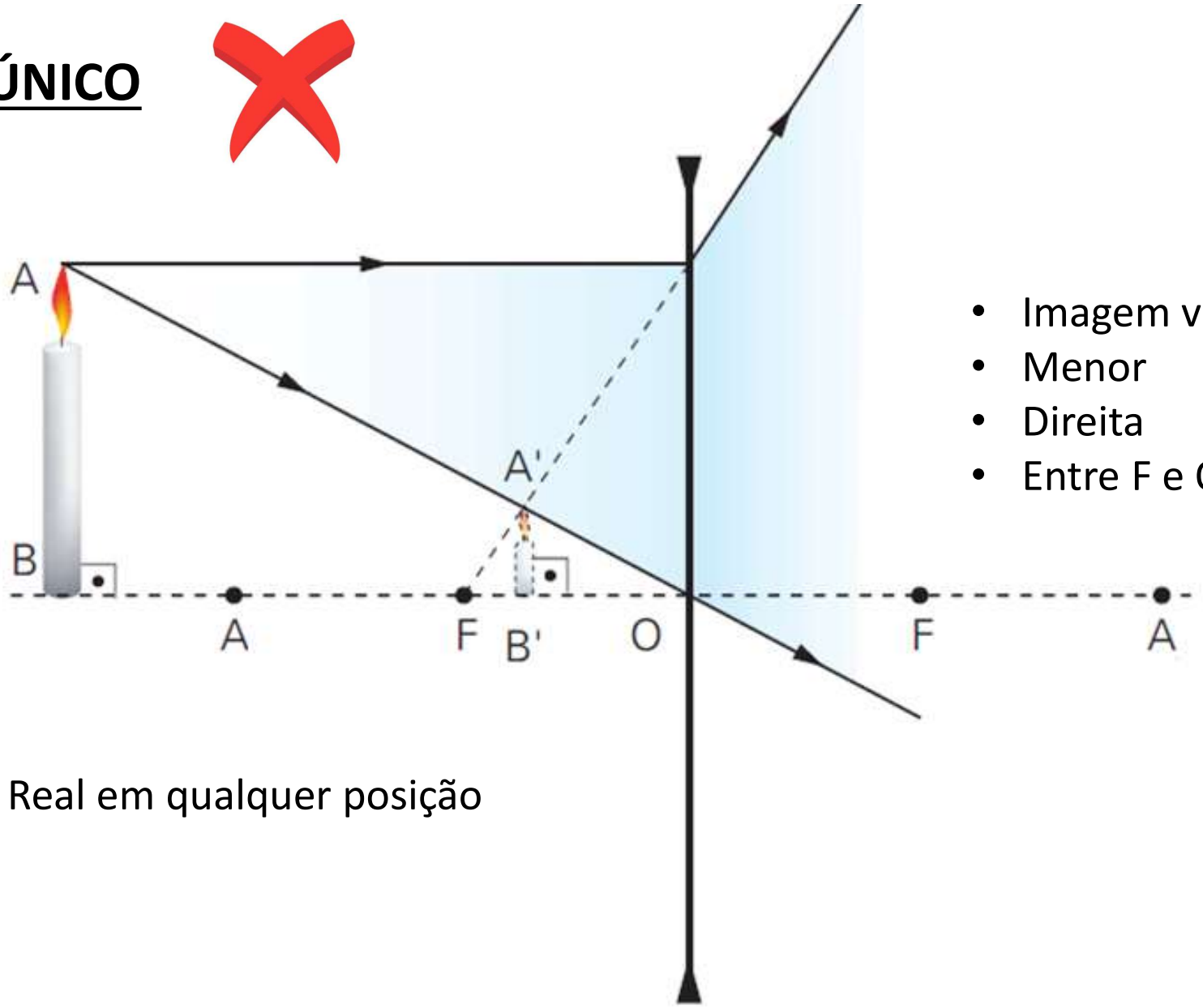


Imagem
- Maior
- Direita

- Imagem virtual
- Maior
- Direita
- Do mesmo lado objeto

CASO ÚNICO

Lente divergente

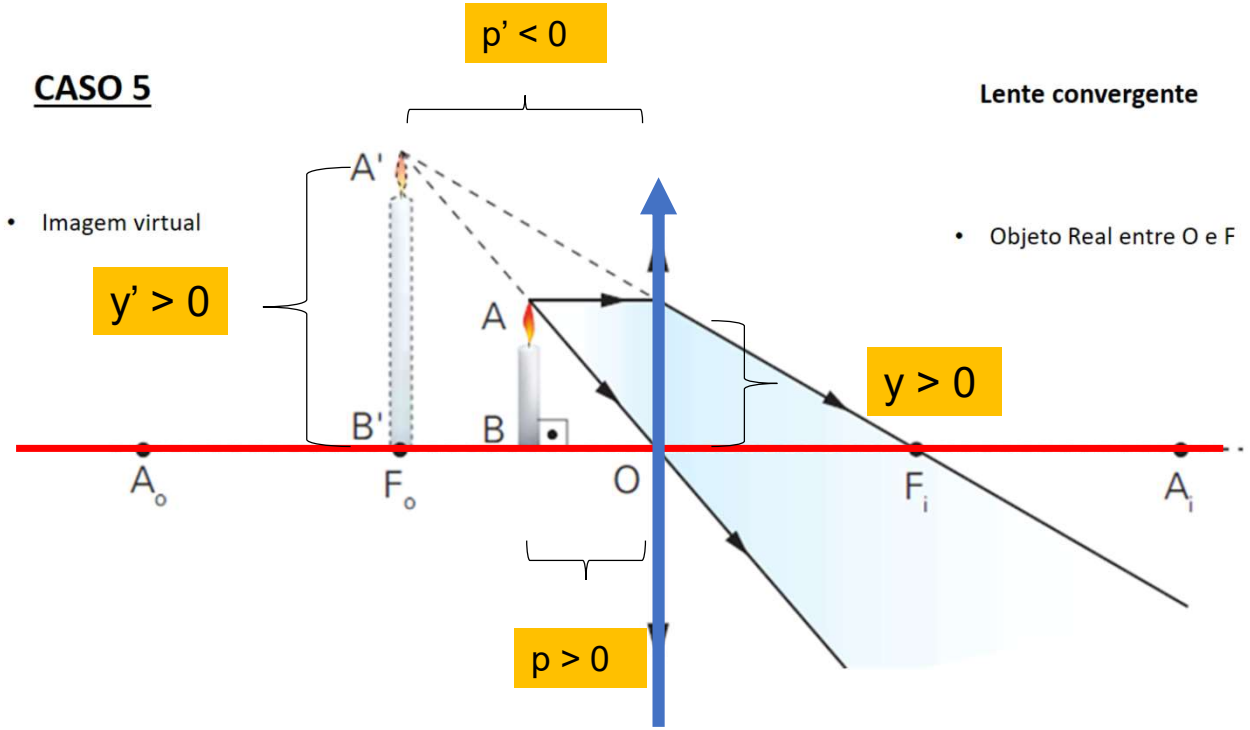


- Imagem virtual
- Menor
- Direita
- Entre F e O

Imagem
- Maior
- Direita

- Objeto Real em qualquer posição

4. A figura 1 mostra uma boneca disposta diante de uma lente esférica gaussiana. A figura 2 mostra a imagem formada por essa lente.



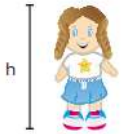


Figura 1

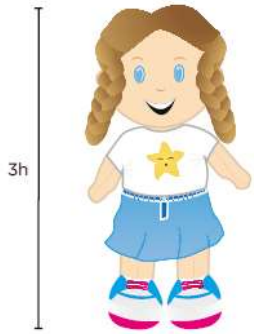


Figura 2

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

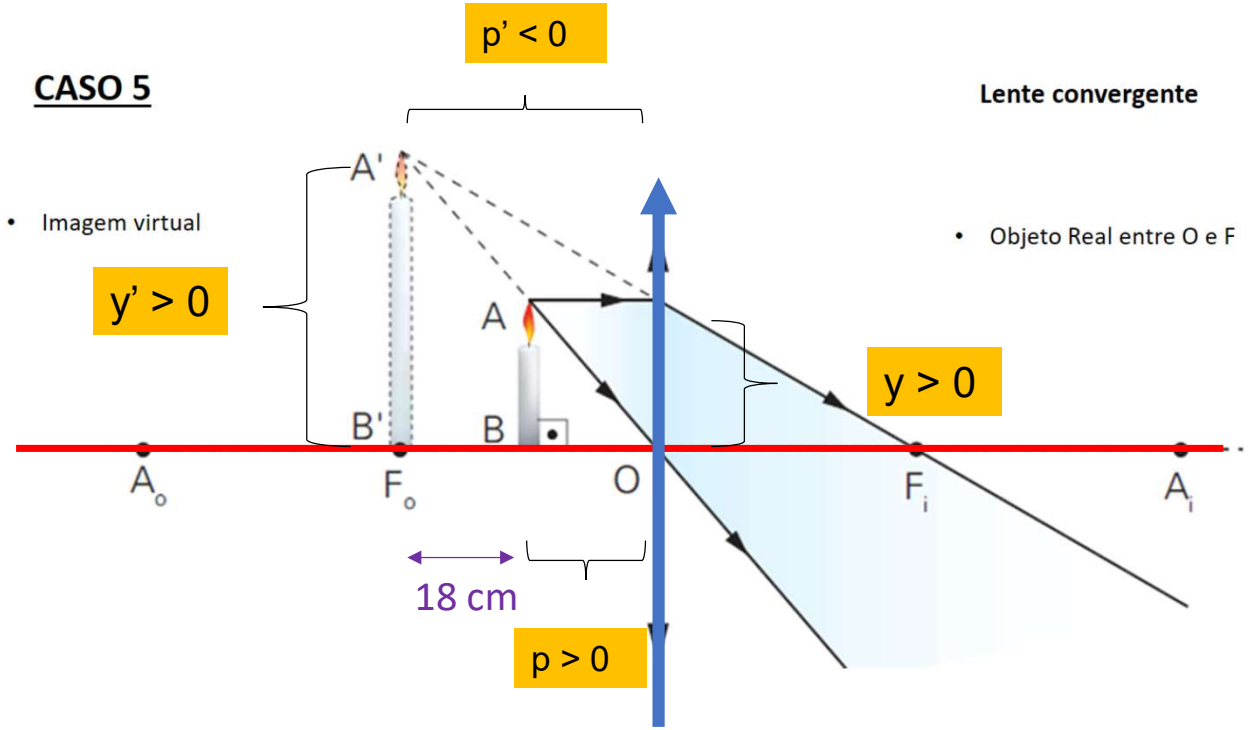
$$A = \frac{y'}{y} = -\frac{p'}{p} \quad \rightarrow \quad 3 = -\frac{p'}{p}$$

$$\frac{3h}{h} = -\frac{p'}{p} \quad \rightarrow \quad p' = -3p$$

Sabendo que a distância entre a boneca e sua imagem é 18,0 cm, a distância focal da lente utilizada vale:

a) 6,00 cm. b) 9,00 cm. c) 13,5 cm. d) 17,5 cm. e) 21,0 cm.

4. A figura 1 mostra uma boneca disposta diante de uma lente esférica gaussiana. A figura 2 mostra a imagem formada por essa lente.



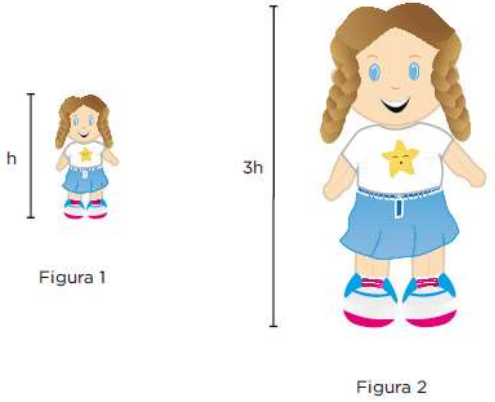


Figura 1

Figura 2

$p' = -3p$

$|p'| - |p| = 18$

$|p'| = 3|p|$

$3|p| - |p| = 18$

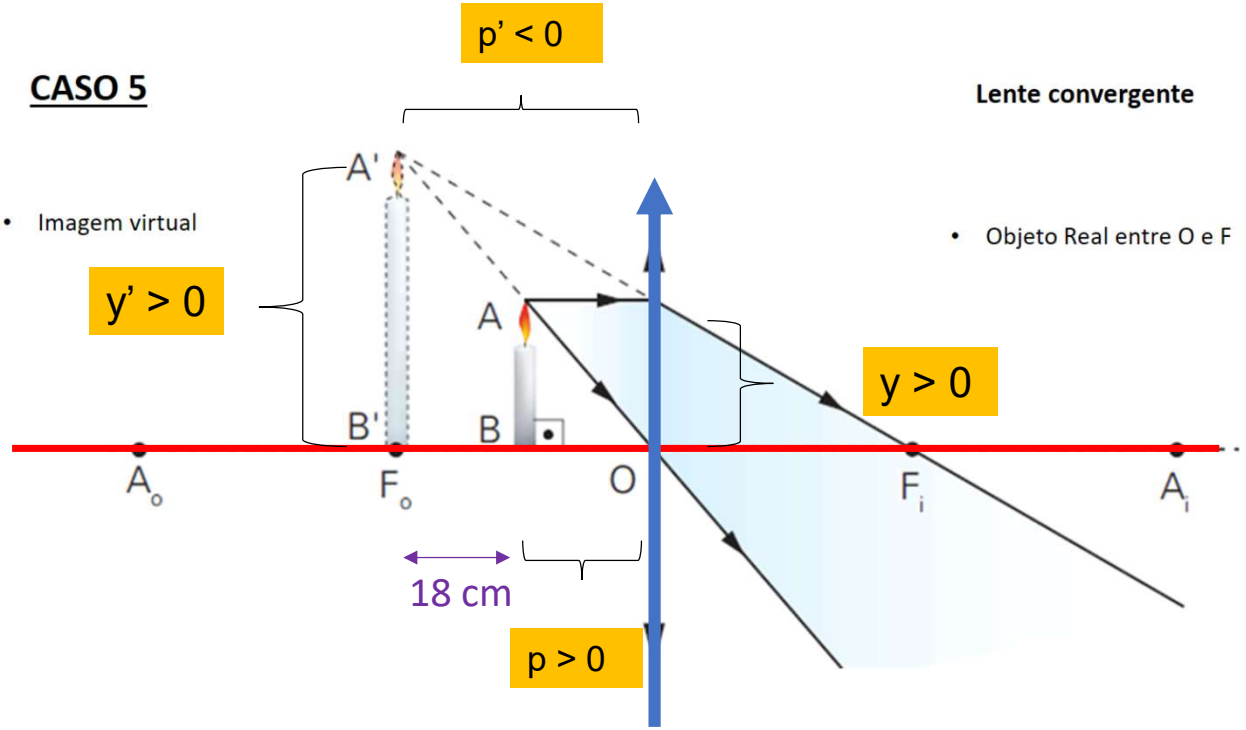
$2|p| = 18$

- $|p| = 9$ cm
- $|p'| = 27$ cm

Sabendo que a distância entre a boneca e sua imagem é 18,0 cm, a distância focal da lente utilizada vale:

a) 6,00 cm. b) 9,00 cm. c) 13,5 cm. d) 17,5 cm. e) 21,0 cm.

4. A figura 1 mostra uma boneca disposta diante de uma lente esférica gaussiana. A figura 2 mostra a imagem formada por essa lente.



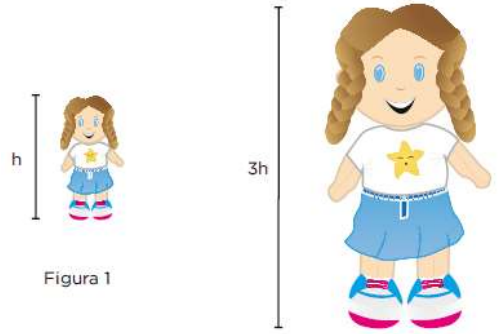


Figura 1

Figura 2

$|p| = 9$ cm ➡ $p = 9$ cm

$|p'| = 27$ cm ➡ $p' = -27$ cm

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

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{9} + \frac{1}{-27}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{6-2}{54}$$

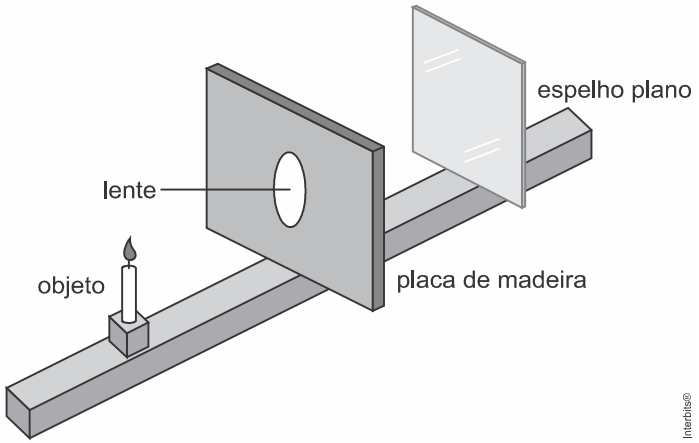
$$\frac{1}{f} = \frac{4}{54}$$

$f = 13{,}5$ cm

Sabendo que a distância entre a boneca e sua imagem é 18,0 cm, a distância focal da lente utilizada vale:

a) 6,00 cm. b) 9,00 cm. c) 13,5 cm. d) 17,5 cm. e) 21,0 cm.

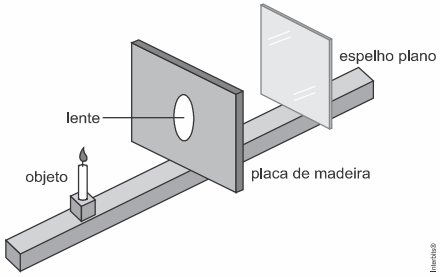
5. (Unesp 2017) No centro de uma placa de madeira, há um orifício no qual está encaixada uma lente delgada convergente de distância focal igual a 30 cm. Esta placa é colocada na vertical e um objeto luminoso é colocado frontalmente à lente, à distância de 40 cm. No lado oposto, um espelho plano, também vertical e paralelo à placa de madeira, é disposto de modo a refletir a imagem nítida do objeto sobre a placa de madeira. A figura ilustra a montagem.



Nessa situação, o espelho plano se encontra em relação à placa de madeira a uma distância de

a) 70 cm
b) 10 cm
c) 60 cm
d) 30 cm
e) 40 cm

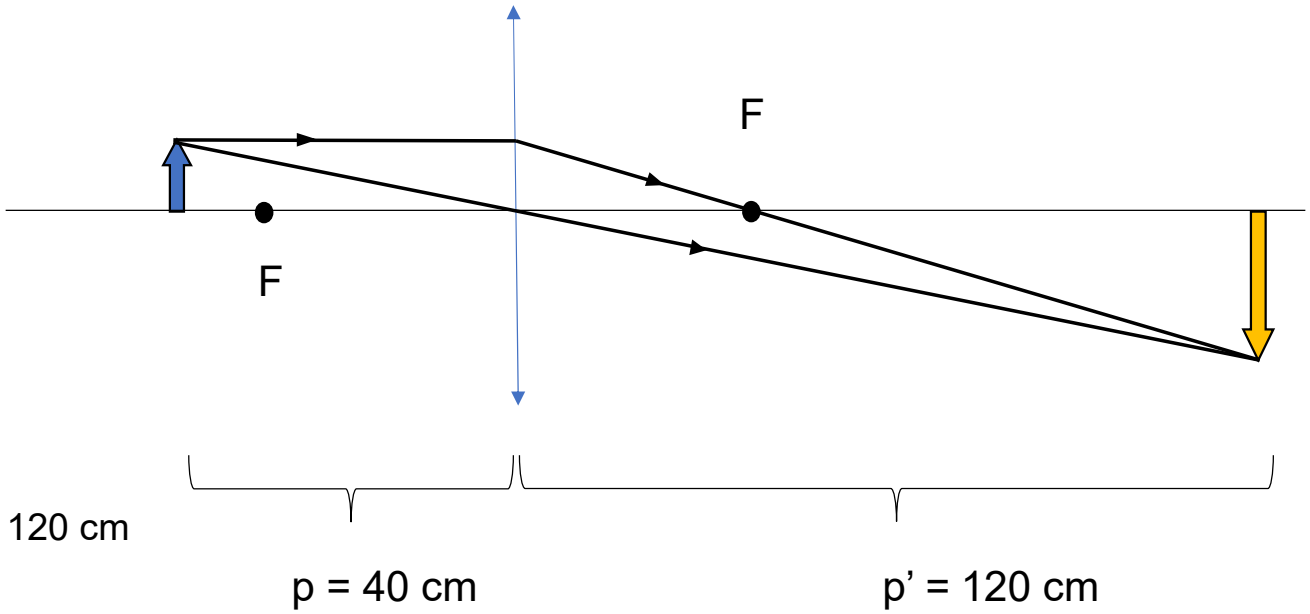
5. (Unesp 2017) No centro de uma placa de madeira, há um orifício no qual está encaixada uma lente delgada convergente de distância focal igual a 30 cm. Esta placa é colocada na vertical e um objeto luminoso é colocado frontalmente à lente, à distância de 40 cm. No lado oposto, um espelho plano, também vertical e paralelo à placa de madeira, é disposto de modo a refletir a imagem nítida do objeto sobre a placa de madeira. A figura ilustra a montagem.



L

L: Objeto real

L: imagem real



Para lente (L)

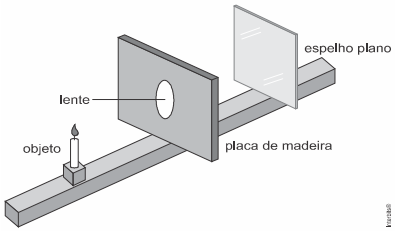
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{30} = \frac{1}{40} + \frac{1}{p'}$$

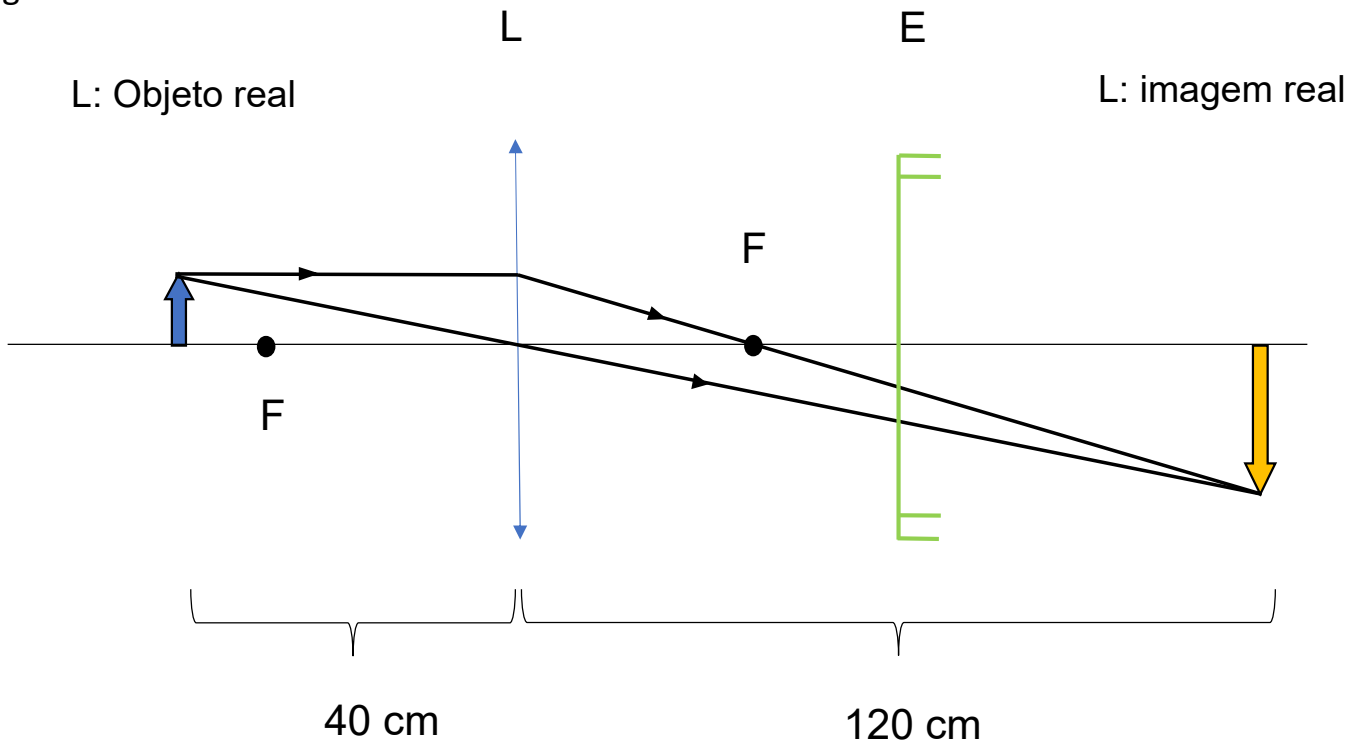
$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{30} - \frac{1}{40} \Rightarrow \frac{1}{p'} = \frac{4-3}{120} = \frac{1}{120} \Rightarrow p' = 120 \text{ cm}$$

Nessa situação, o espelho plano se encontra em relação à placa de madeira a uma distância de

a) 70 cm b) 10 cm c) 60 cm d) 30 cm e) 40 cm

5. (Unesp 2017) No centro de uma placa de madeira, há um orifício no qual está encaixada uma lente delgada convergente de distância focal igual a 30 cm. Esta placa é colocada na vertical e um objeto luminoso é colocado frontalmente à lente, à distância de 40 cm. No lado oposto, um espelho plano, também vertical e paralelo à placa de madeira, é disposto de modo a refletir a imagem nítida do objeto sobre a placa de madeira. A figura ilustra a montagem.

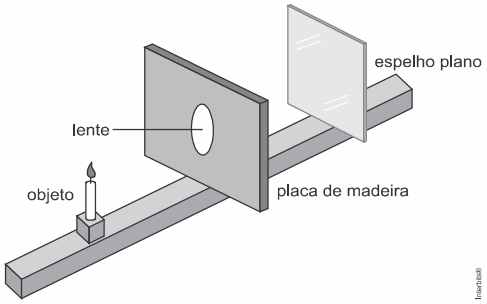


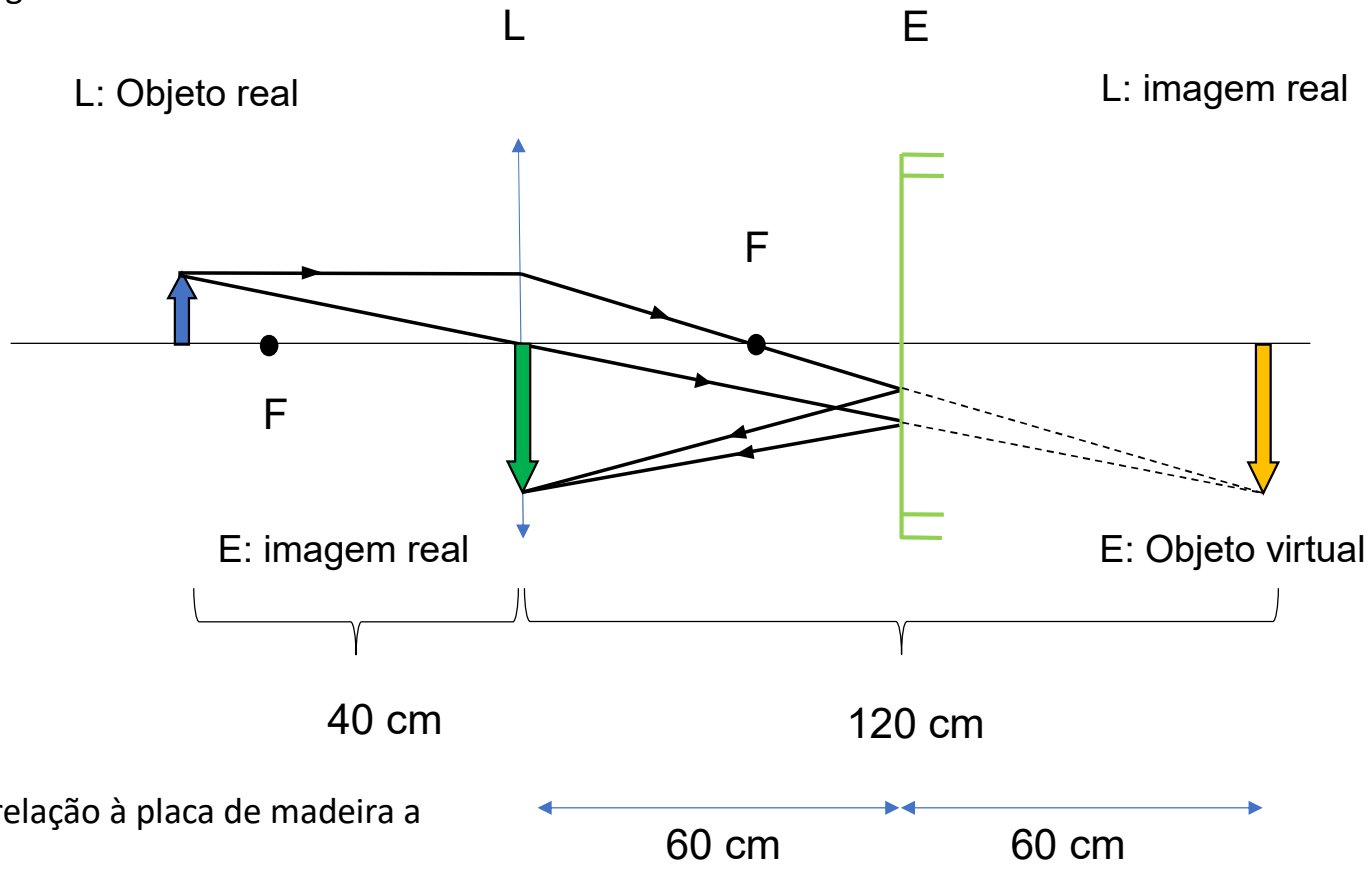


Nessa situação, o espelho plano se encontra em relação à placa de madeira a uma distância de

a) 70 cm b) 10 cm c) 60 cm d) 30 cm e) 40 cm

5. (Unesp 2017) No centro de uma placa de madeira, há um orifício no qual está encaixada uma lente delgada convergente de distância focal igual a 30 cm. Esta placa é colocada na vertical e um objeto luminoso é colocado frontalmente à lente, à distância de 40 cm. No lado oposto, um espelho plano, também vertical e paralelo à placa de madeira, é disposto de modo a refletir a imagem nítida do objeto sobre a placa de madeira. A figura ilustra a montagem.





Nessa situação, o espelho plano se encontra em relação à placa de madeira a uma distância de

a) 70 cm b) 10 cm c) 60 cm d) 30 cm e) 40 cm