

Aula 10

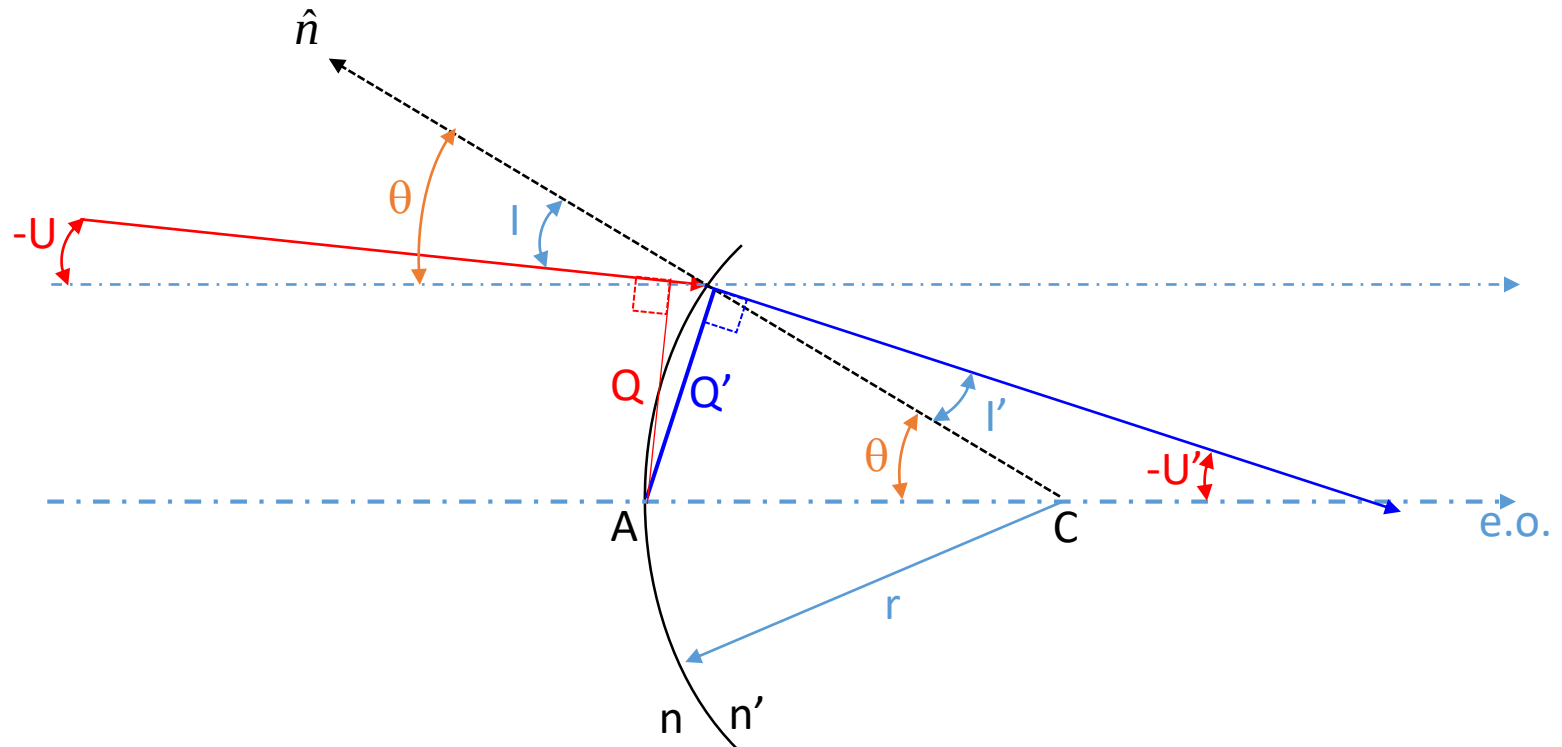
(19-06-2020)

Revisão Capítulo 3

Traçado de raios meridionais

3-1 Método Q-U (Sem aproximação)

3-1 Método Q-U (Sem aproximação)



Q e Q' são as menores distância entre o ponto A e os raios, antes e depois da refração, respectivamente

Q e $Q' = y$, para $U=0$

Método Q-U, uso de planilha excel

Refração

$$\left\{ \begin{array}{ll} \boxed{\text{sen} I' = \frac{n}{n'} \text{sen} I} & (1) \\ \boxed{Q' = \frac{\text{sen} I' - \text{sen} U'}{c}} & (3) \\ \boxed{U' = U + I' - I} & (4) \end{array} \right.$$
$$\boxed{c = \frac{1}{r}}$$

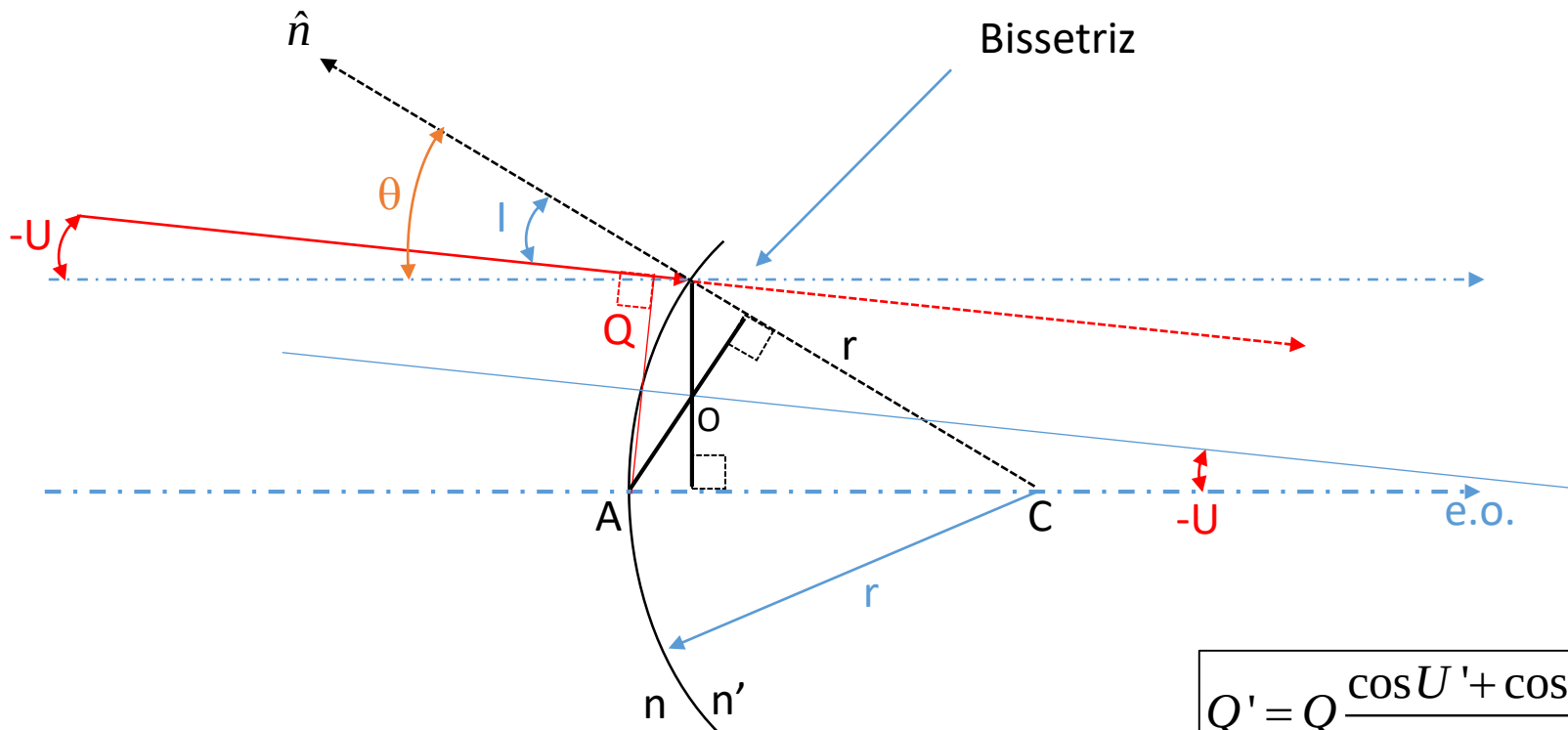
Translação

$$\left\{ \begin{array}{ll} \boxed{\text{sen} I = Qc + \text{sen} U} & (2) \\ \boxed{U = cte} & (5) \\ \boxed{Q_2 = Q'_1 + t \text{sen} U'_1} & (6) \end{array} \right.$$

Observação: A equação 3 tem uma divergência para $c=0$, $r=\text{infinito}$
(interface plana)

$$Q' = \frac{senI' - senU'}{c} \quad (3)$$

Para eliminar essa divergência, foi proposto uma nova equação para Q'



$$Q' = Q \frac{\cos U' + \cos I'}{\cos U + \cos I}$$

Resumindo: Para o método Q-U, uso de planilha

Refração

$$\left\{ \begin{array}{l} \boxed{\text{sen} I' = \frac{n}{n'} \text{sen} I} \quad (1) \\ \boxed{Q' = \frac{\text{sen} I' - \text{sen} U'}{c}} \quad (3) \quad \boxed{Q' = Q \frac{\cos U' + \cos I'}{\cos U + \cos I}} \quad \boxed{c = \frac{1}{r}} \\ \boxed{U' = U + I' - I} \quad (4) \end{array} \right.$$

Translação

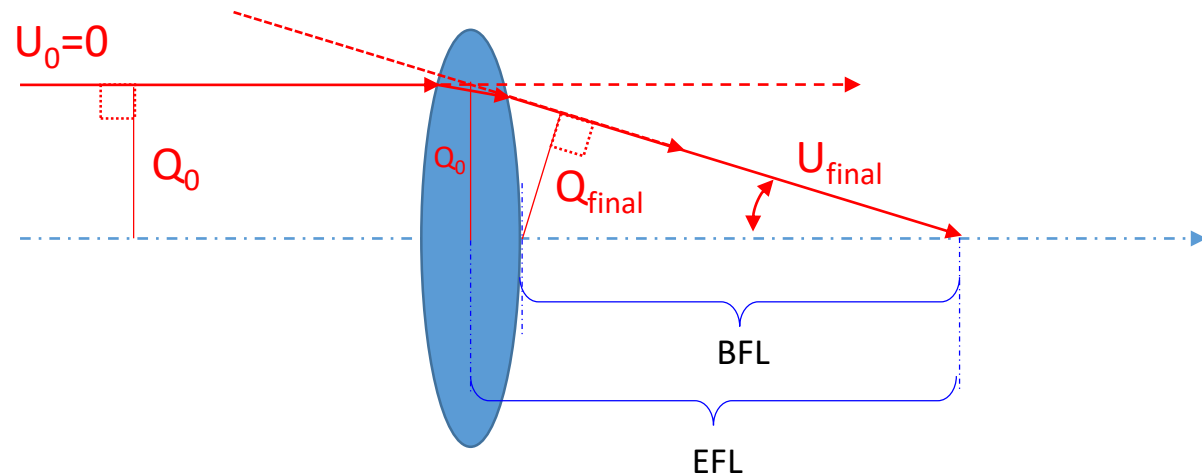
$$\left\{ \begin{array}{l} \boxed{\text{sen} I = Qc + \text{sen} U} \quad (2) \\ \boxed{U = cte} \quad (5) \\ \boxed{Q_2 = Q'_1 + t \text{sen} U'_1} \quad (6) \end{array} \right.$$

Planilha Excel: Método Q-U

	Cond. Inic.	R1	T1
t			t_1
n	n_0	n_1	n_1
r		r_1	
c=1/r	$c = \frac{1}{r_1}$	$c = \frac{1}{r_1}$	$c = \frac{1}{r_2}$
Q	Q_0	$Q' = \frac{\text{sen} I' - \text{sen} U'}{c}$ $Q' = Q \frac{\cos U' + \cos I'}{\cos U + \cos I}$	$Q_2 = Q'_1 + t \text{sen} U'_1$
I	$I = \arcsen I$	$I' = \arcsen I'$	$I = \arcsen I$
U	$U = U_0$	$U' = U_0 + I' - I$	$U = U'$
sen I	$\text{sen} I = Qc + \text{sen} U$	$\text{sen} I' = \frac{n}{n'} \text{sen} I$	$\text{sen} I = Qc + \text{sen} U$
sen U	$\text{sen} U_0$	$\text{sen} U'$	$\text{sen} U$

Planilha Excel: Método Q-U

Para encontrar os focos, $U_0 = 0$



$$\text{sen}U_{final} = \frac{-Q_{final}}{BFL}$$



$$BFL = \frac{-Q_{final}}{\text{sen}U_{final}}$$

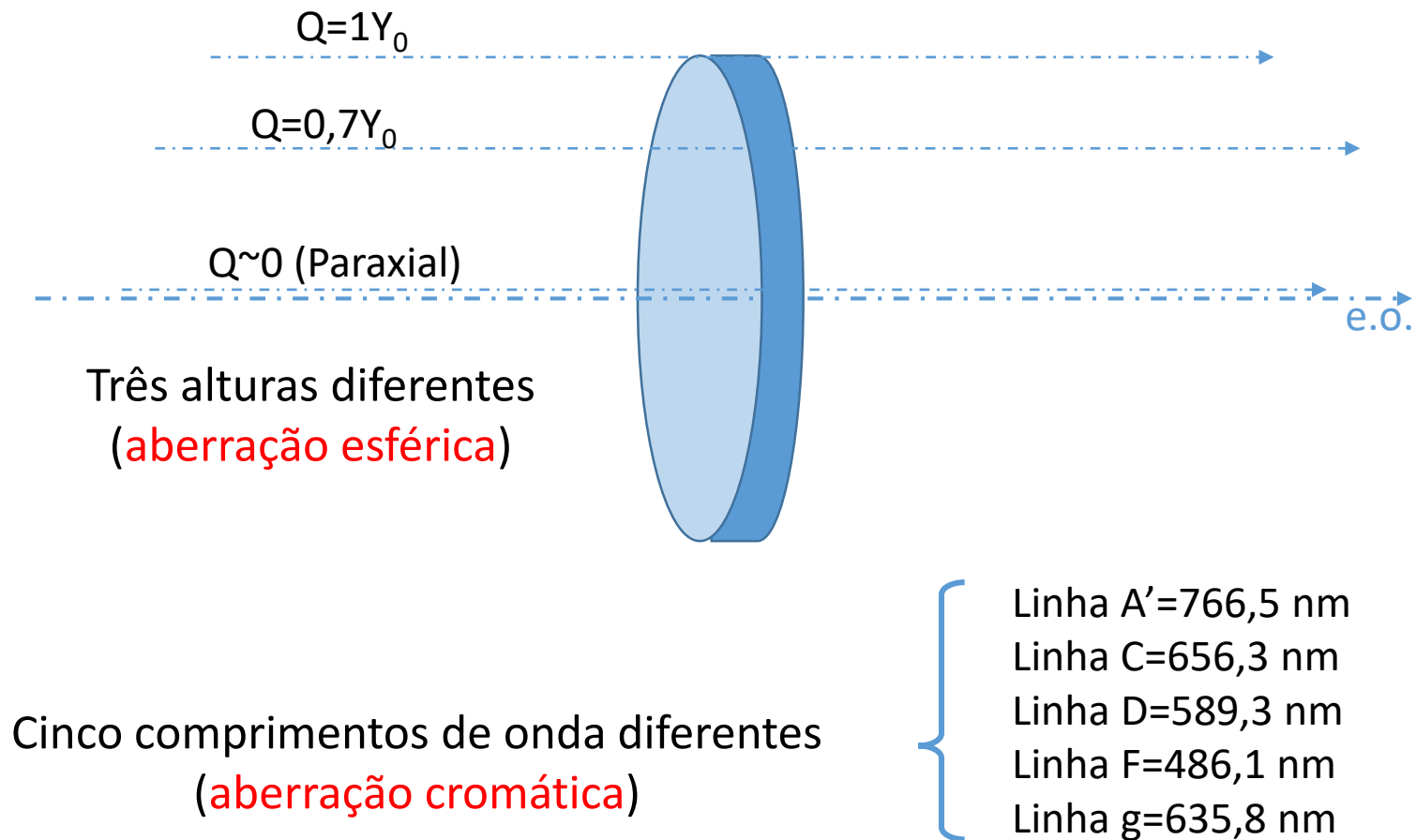
$$\text{tg}U_{final} = \frac{-Q_0}{EFL}$$



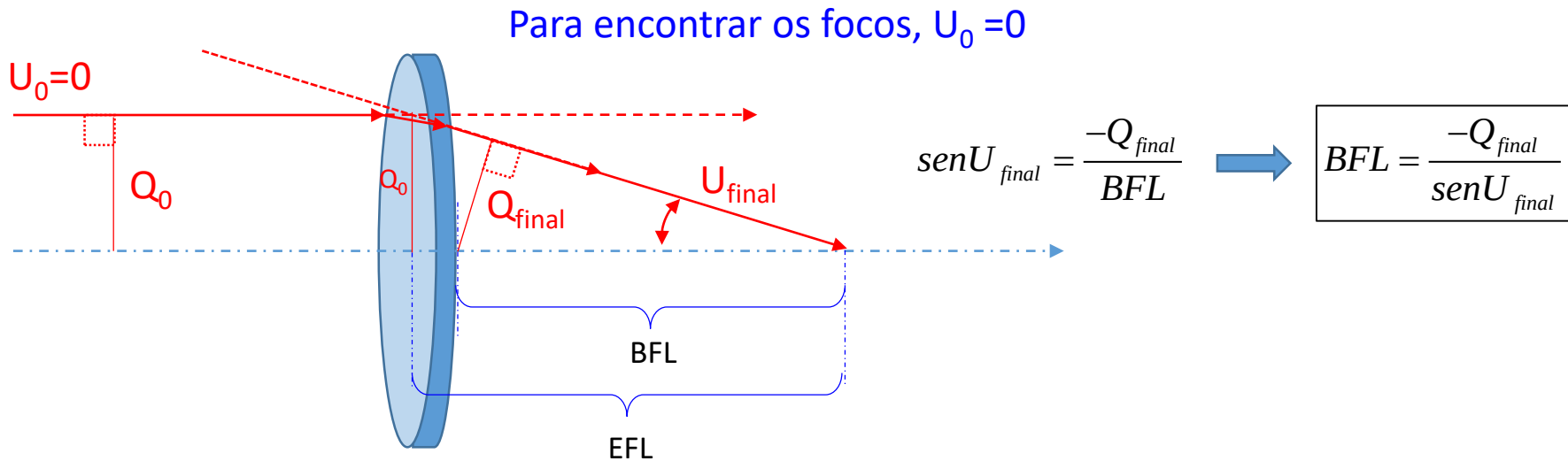
$$EFL = \frac{-Q_0}{\text{tg}U_{final}}$$

Esferocromatismo é a variação cromática da aberração esférica

Dubleto cimentado



Dubleto cimentado



Lente Positiva BK7

$R1=7,3895$

$R2=-5,1784$

$n(A'=766,5\text{nm})=1,51179$

$n(C=656,3\text{nm})=1,51461$

$n(D=589,3\text{nm})=1,517$

$n(F=486,1\text{nm})=1,52262$

$n(g=435,8\text{nm})=1,5269$

Lente Negativa SF2

$R1=-5,1784$

$R2=-16,2225$

$n(A'=766,5\text{nm})=1,63754$

$n(C=656,3\text{nm})=1,64355$

$n(D=589,3\text{nm})=1,649$

$n(F=486,1\text{nm})=1,66275$

$n(g=435,8\text{nm})=1,67408$

BFL obtidos pelo método Q-U

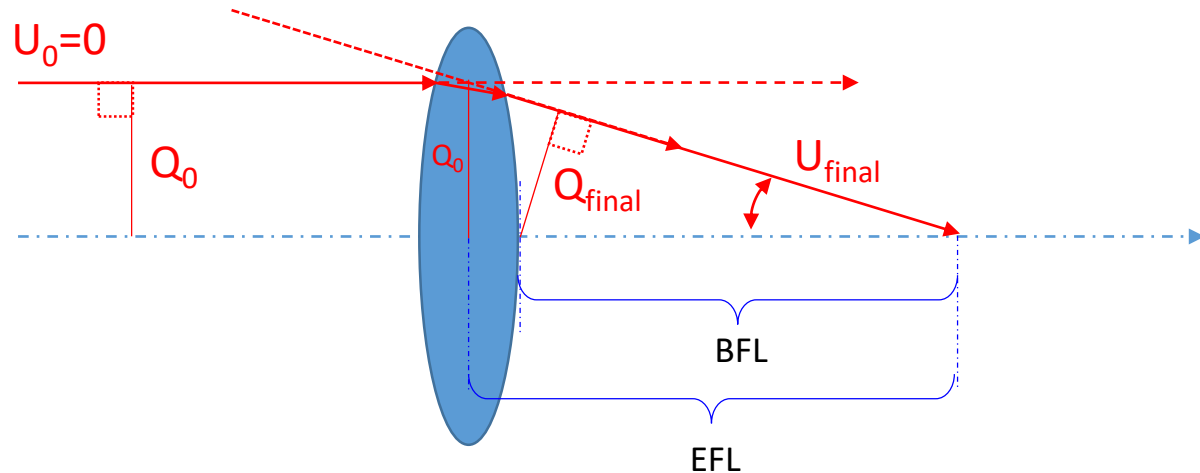
	BFL(Marginal)	BFL(Zonal)	BFL(Paraxial)
766,5 (A')	11,3056	11,2917	11,3178
656,3 (C)	11,2951	11,2753	11,2971
589,3 (D)	11,2939	11,2684	11,2858
481,1 (F)	11,3115	11,2699	11,2754
435,8 (g)	11,3435	11,2875	11,2823

Diferença de BFL (Referência: BFL Paraxial da Linha D)

	BFL(Marginal)	BFL(Zonal)	BFL(Paraxial)
766,5 (A')	0,0198	0,0059	0,032
656,3 (C)	0,0093	-0,0105	0,0113
589,3 (D)	0,0081	-0,0174	0
481,1 (F)	0,0257	-0,0159	-0,0104
435,8 (g)	0,0577	0,0017	-0,0035

Lente simples com mesmo foco do dubleto cimentado

(Esferocromatismo da lente simples)



Lente BK7 Bi-convexa ($R_1 = -R_2$)

Paraxial, Linha D

BFL=11,2858

$n(A'=766,5\text{nm})=1,51179$

$n(C=656,3\text{nm})=1,51461$

$n(D=589,3\text{nm})=1,517$

$n(F=486,1\text{nm})=1,52262$

$n(g=435,8\text{nm})=1,5269$

Eq. Fabricantes de lente
(Paraxial)

$$\Rightarrow \frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \Rightarrow \frac{1}{11,2858} = (1,517-1) \left(\frac{2}{r_1} \right) \Rightarrow \begin{matrix} r_1 = 11,67 \\ r_2 = -11,67 \end{matrix}$$

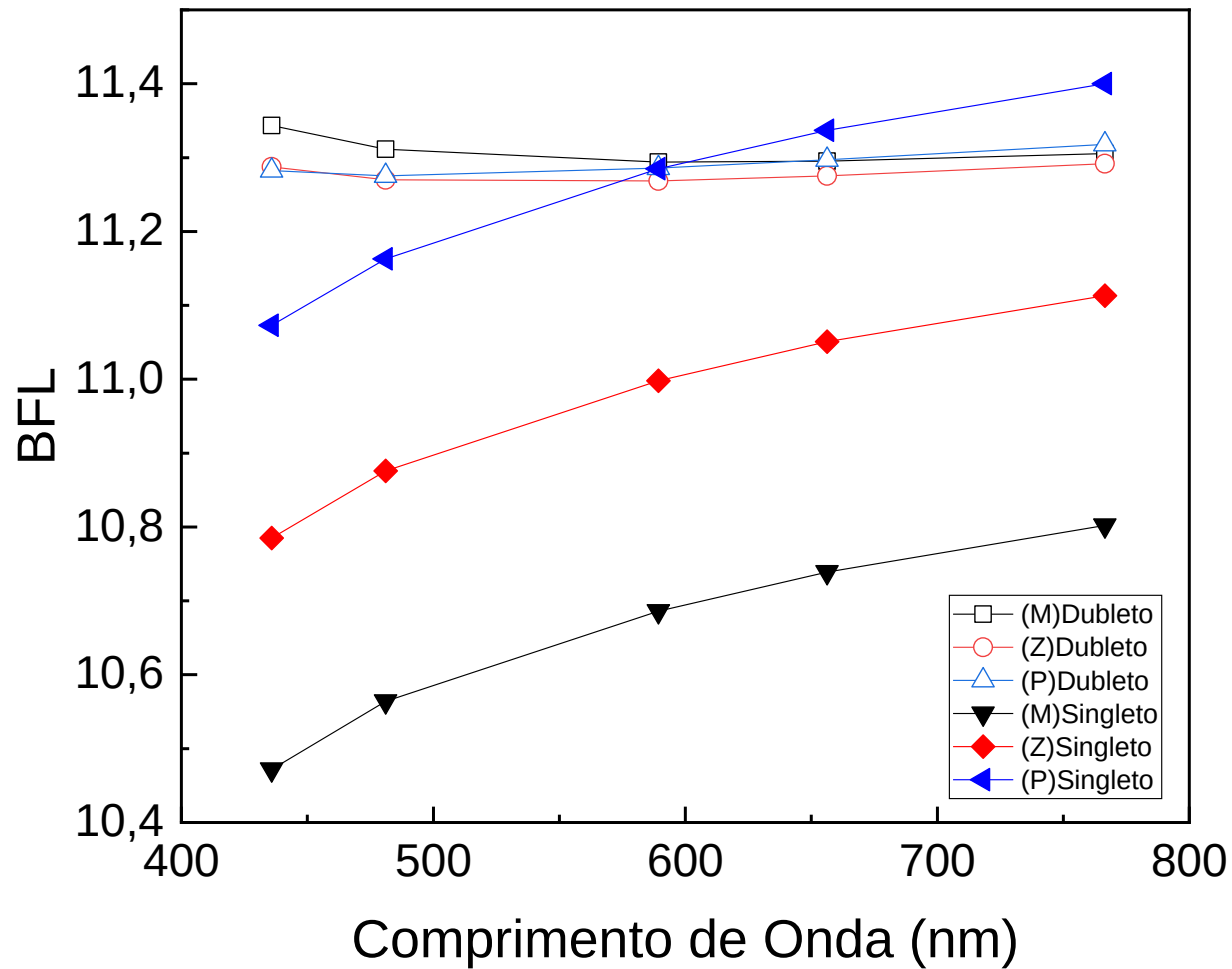
BFL obtidos pelo método Q-U

	BFL(Marginal)	BFL(Zonal)	BFL(Paraxial)
766,5 (A')	10,802	11,113	11,400
656,3 (C)	10,739	11,051	11,337
589,3 (D)	10,686	10,998	11,285
481,1 (F)	10,564	10,876	11,163
435,8 (g)	10,472	10,785	11,073

Diferença de BFL (Referência: BFL Paraxial da Linha D)

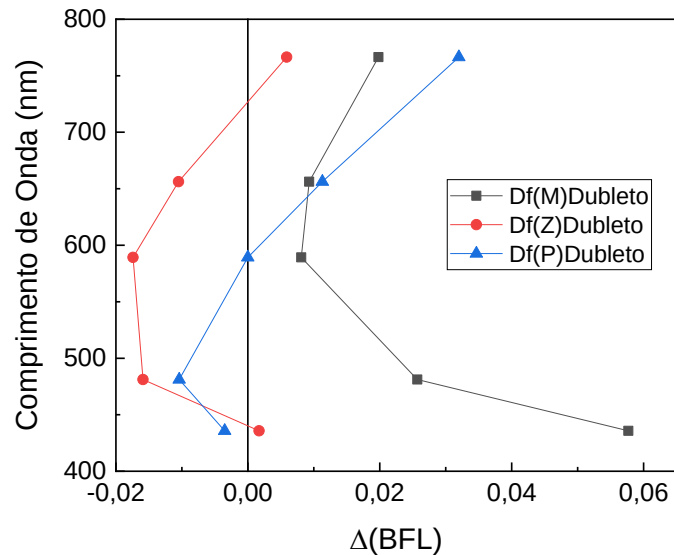
	BFL(Marginal)	BFL(Zonal)	BFL(Paraxial)
766,5 (A')	-0,483	-0,172	0,115
656,3 (C)	-0,546	-0,234	0,052
589,3 (D)	-0,599	-0,287	0
481,1 (F)	-0,721	-0,409	-0,122
435,8 (g)	-0,813	-0,500	-0,212

BFLs de um dubleto e de um singleto

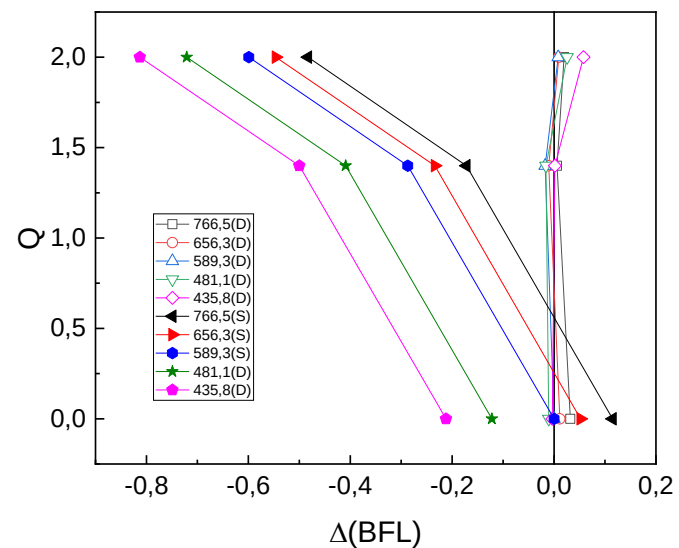
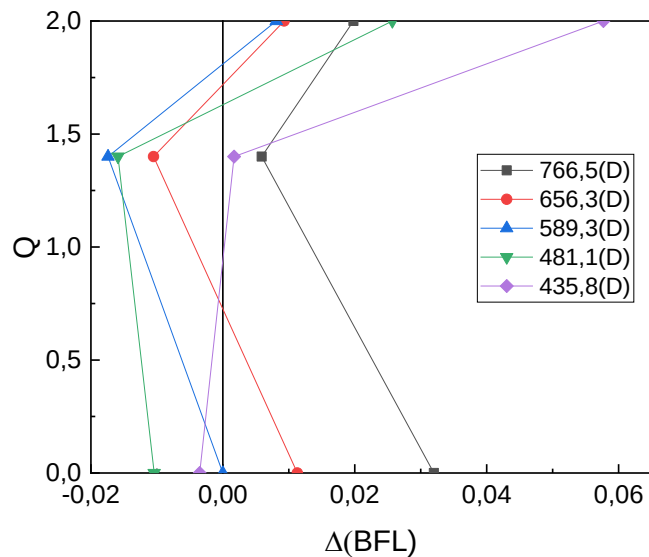
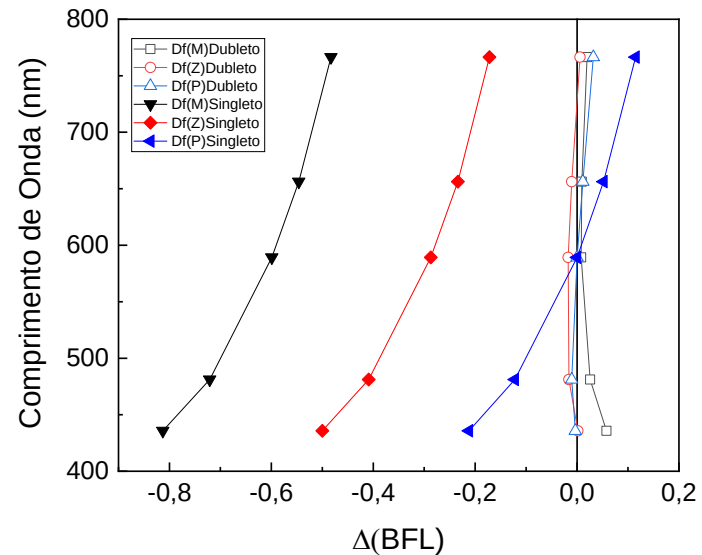


Diferença nos BFLs das lentes com quase os mesmos focos

Dubleto Cimentado



Singleto



Algumas definições importantes:

1 - Aberração esférica (LA') = $L'_{\text{Marginal}} - l'_{\text{Paraxial}}$ (Linha D)

$$LA' = L'_{\text{Marginal}} - l'_{\text{Paraxial}}$$

$$LA' = 11,2939 - 11,2858 = 0,008 \text{ (Dubleto)}$$

$$LA' = 10,686 - 11,285 = -0,599 \text{ (Simpleto)}$$

2 - Aberração Zonal (LZA') = $L'_{\text{Zonal}} - l'_{\text{Paraxial}}$ (Linha D)

$$LZA' = L'_{\text{Zonal}} - l'_{\text{Paraxial}}$$

$$LZA' = 11,2684 - 11,2858 = -0,0174 \text{ (Dubleto)}$$

$$LZA' = 10,998 - 11,285 = -0,287 \text{ (Simpleto)}$$

Obs: Objetivas fotográficas buscam $LA' - LZA' = 0$

3 - Aberração Cromática (L'_{Crom}) = $L'_F - L'_C$

$$\text{Marginal: } (L'_{\text{Crom}})_M = 11,3115 - 11,2951 = 0,0164 \text{ (Dubleto)}$$

$$\text{Marginal: } (L'_{\text{Crom}})_M = 10,564 - 10,739 = -0,175 \text{ (Simpleto)}$$

$$\text{Zonal: } (L'_{\text{Crom}})_Z = 11,2639 - 11,2753 = -0,0054 \text{ (Dubleto)}$$

$$\text{Zonal: } (L'_{\text{Crom}})_Z = 10,876 - 11,051 = -0,175 \text{ (Simpleto)}$$

$$\text{Paraxial: } (L'_{\text{Crom}})_P = 11,2754 - 11,2971 = -0,0217 \text{ (Dubleto)}$$

$$\text{Paraxial: } (L'_{\text{Crom}})_P = 11,163 - 11,337 = -0,174 \text{ (Simpleto)}$$

4 - Esferocromatismo: É a variação cromática da aberrações esférica e é expressa como a diferença entre as aberrações marginais da linhas F e C:

$$\text{Esferocromatismo}=(L'-l')_F-(L'-l')_C$$

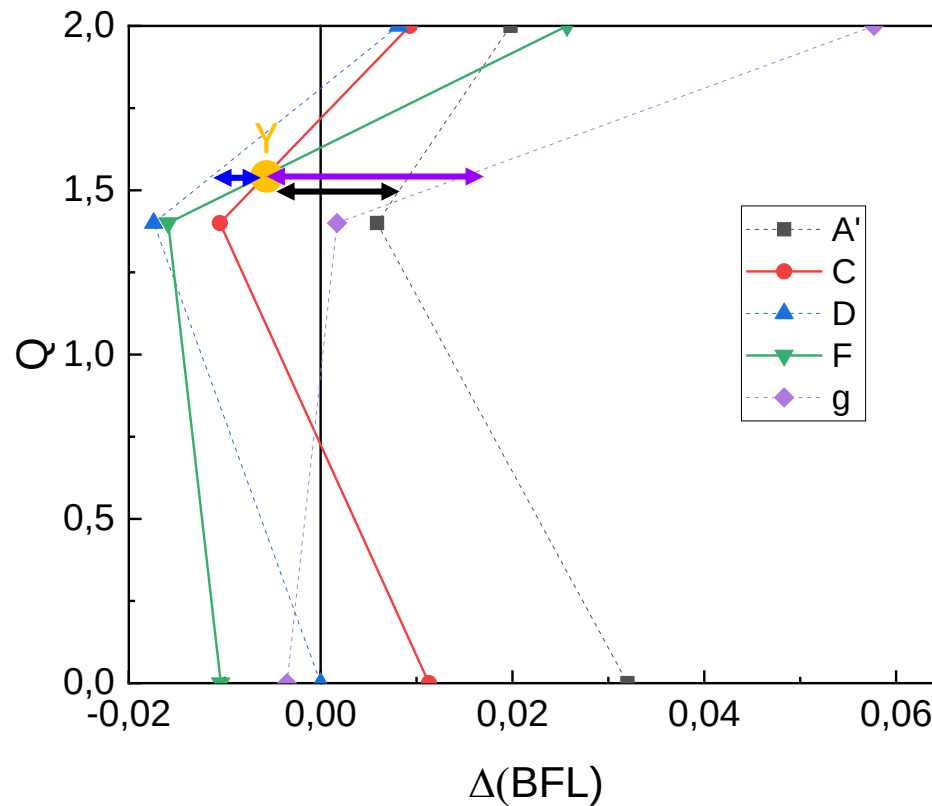
$$\text{Esferocromatismo}=(L'_F-L'_C)-(l'_F-l'_C)$$

Esferocromatismo=Aberração Cromática Marginal-Aberração Cromática Paraxial

$$\begin{aligned}\text{Esferocromatismo}&=(11,3115-11,2754)_F-(11,2951-11,2971)_C \\ &0,0361-(-0,002)=0,0381 \text{ (Dubleto)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Esferocromatismo}&=(10,564-11,163)_F-(10,739-11,337)_C \\ &-0,599-(-0,598)=0,001 \text{ (Singleto)}\end{aligned}$$

5 - Espectro secundário (ES): As linhas espectrais F e C podem se cruzar numa certa posição Y. A Distância de Y para outras raia é o espectro secundário.



ES(g)~0,02
 ES(A')~0,01
 ES(D)~-0,005