



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS  
LEB5036 - Micrometeorologia de Sistemas Agrícolas



# Micrometeorologia da Radiação II: Interação com a Vegetação

Prof. Fábio Marin

Agosto de 2016

# Lei de Beer

- Quando um feixe monocromático de radiação solar  $I$  atravessa um meio absorvente, ele pode ser atenuado em função da distância percorrida no meio, de modo que a proporcionalidade torna-se válida:

$$\frac{dI_\lambda}{db} \propto -I_{o\lambda} \quad (1)$$

$dI$  é a variação infinitesimal da radiação incidente ( $I_{o,\lambda}$ ,  $\text{W m}^{-2}$ ) com comprimento de onda  $\lambda$  ao atravessar o meio ao longo da distância  $db$  (m).

Para transformar essa proporcionalidade em uma igualdade, pode-se inserir um coeficiente  $k$ , obtendo-se:

$$\frac{dI_\lambda}{db} = -k I_{o\lambda} \quad \rightarrow \quad \frac{db}{dI_\lambda} = \frac{1}{k I_{o\lambda}} \quad (2)$$

Em que  $k$  é um coeficiente adimensional que descreve a habilidade do meio em atenuar a radiação.

- Integrando-se a Eq. 2 para a distância  $b$ , tem-se:

$$-b = \int_0^b \frac{1}{k I_{o\lambda}} dI \quad (3)$$

# Lei de Beer

- Obtendo-se então:

$$-b = \frac{\ln I}{k} + C \quad (4)$$

- Em que C é a constante de integração que pode ser determinada fazendo-se  $b=0$  (assumindo que o meio tem espessura=0) e neste caso  $I=I_0$ , obtendo-se então:

$$0 = \frac{\ln I}{k} + C \quad \rightarrow \quad C = -\frac{\ln I_0}{k} \quad (5)$$

- Substituindo (5) em (4):

$$-b = \frac{\ln I}{k} - \frac{\ln I_0}{k} \quad (6)$$

$$-b = \frac{1}{k} \ln \frac{I}{I_0} \quad (7)$$

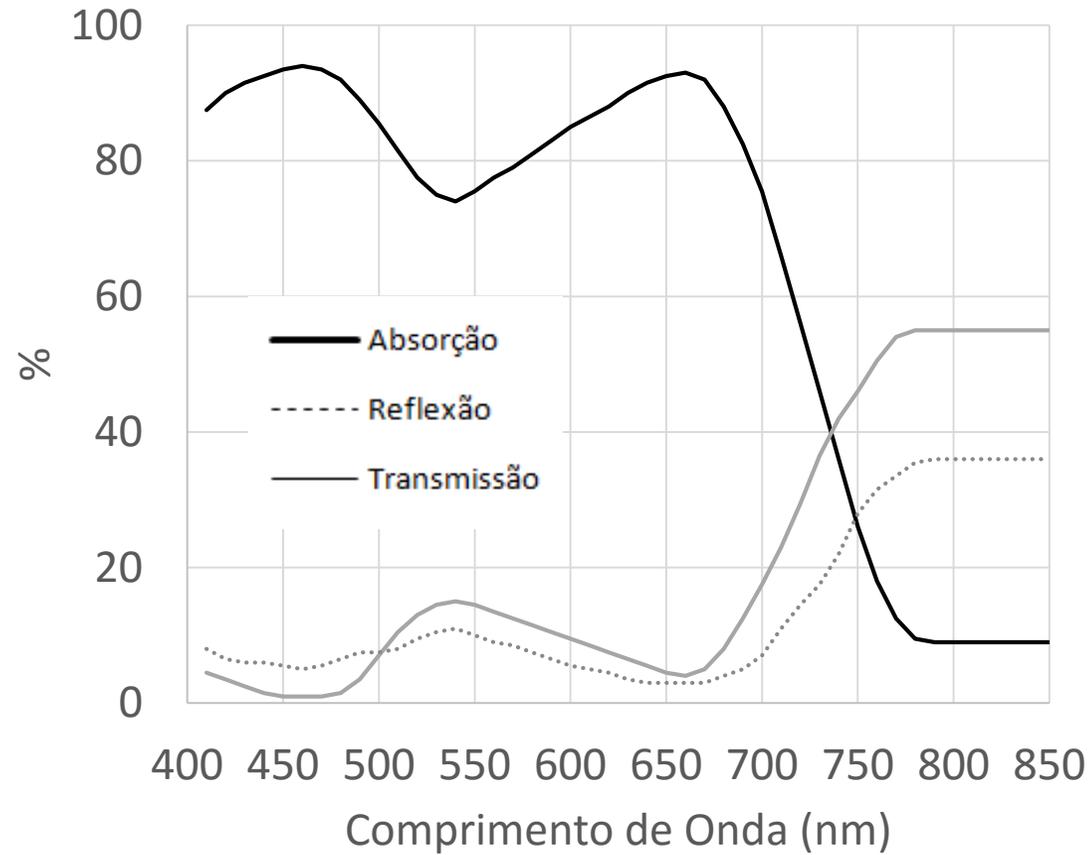
- Isolando-se I tem-se que:

$$I = I_0 e^{-k b} \quad (8)$$

# Lei de Beer (adaptada por Monsi & Saeki)

$$I = I_0 e^{-k IAF}$$

# Variação espectral da refletância, transmitância e absorbância para uma vegetação hipotética



$$\text{Absorção (A)} = (I_0 - I) / I_0$$

$$\text{Transmissão (T)} = I / I_0$$

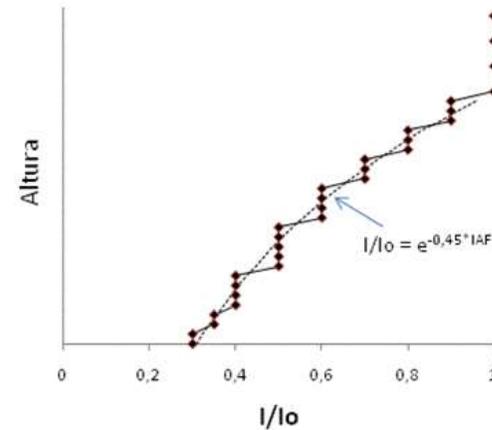
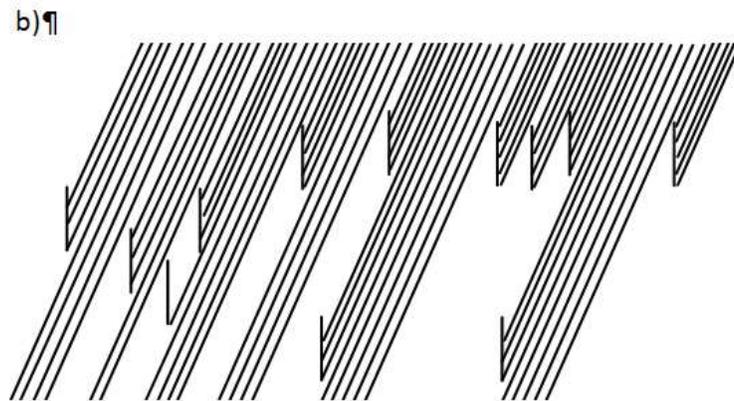
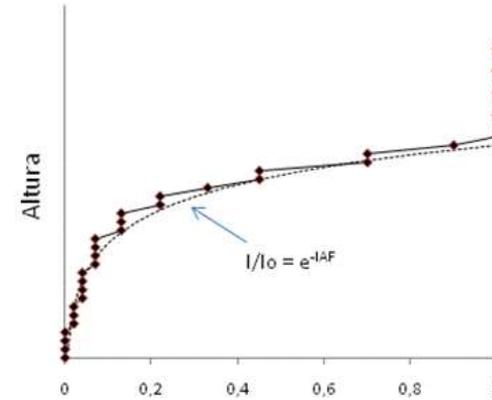
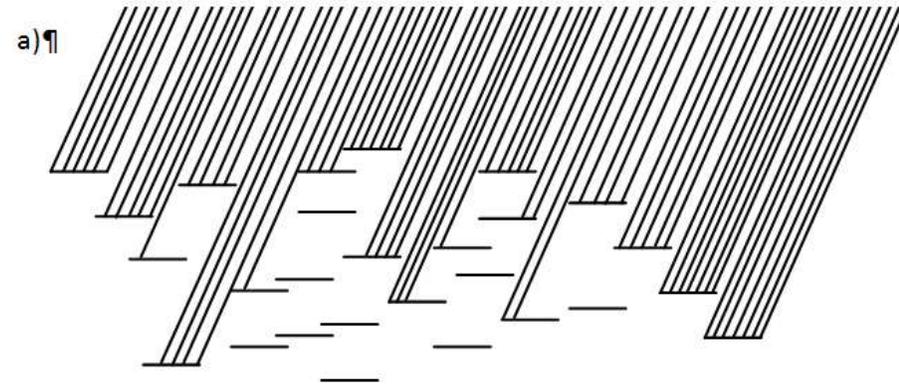
$$\text{Reflexão (r)} = I_0 (1 - r)$$

# Índice de área foliar

$$\lim_{\frac{a}{A} \rightarrow 0} \left( 1 - \frac{a}{A} \right)^N \cong e^{-\frac{N \cdot a}{A}}$$

é o índice de área foliar, uma vez que  $N$  é o número de folhas,  $a$  é a área de cada folha e  $A$  é a área da superfície do solo.

Penetração da radiação para uma elevação solar de  $66^\circ$  admitindo disposição horizontal das folhas (a) e vertical (b)



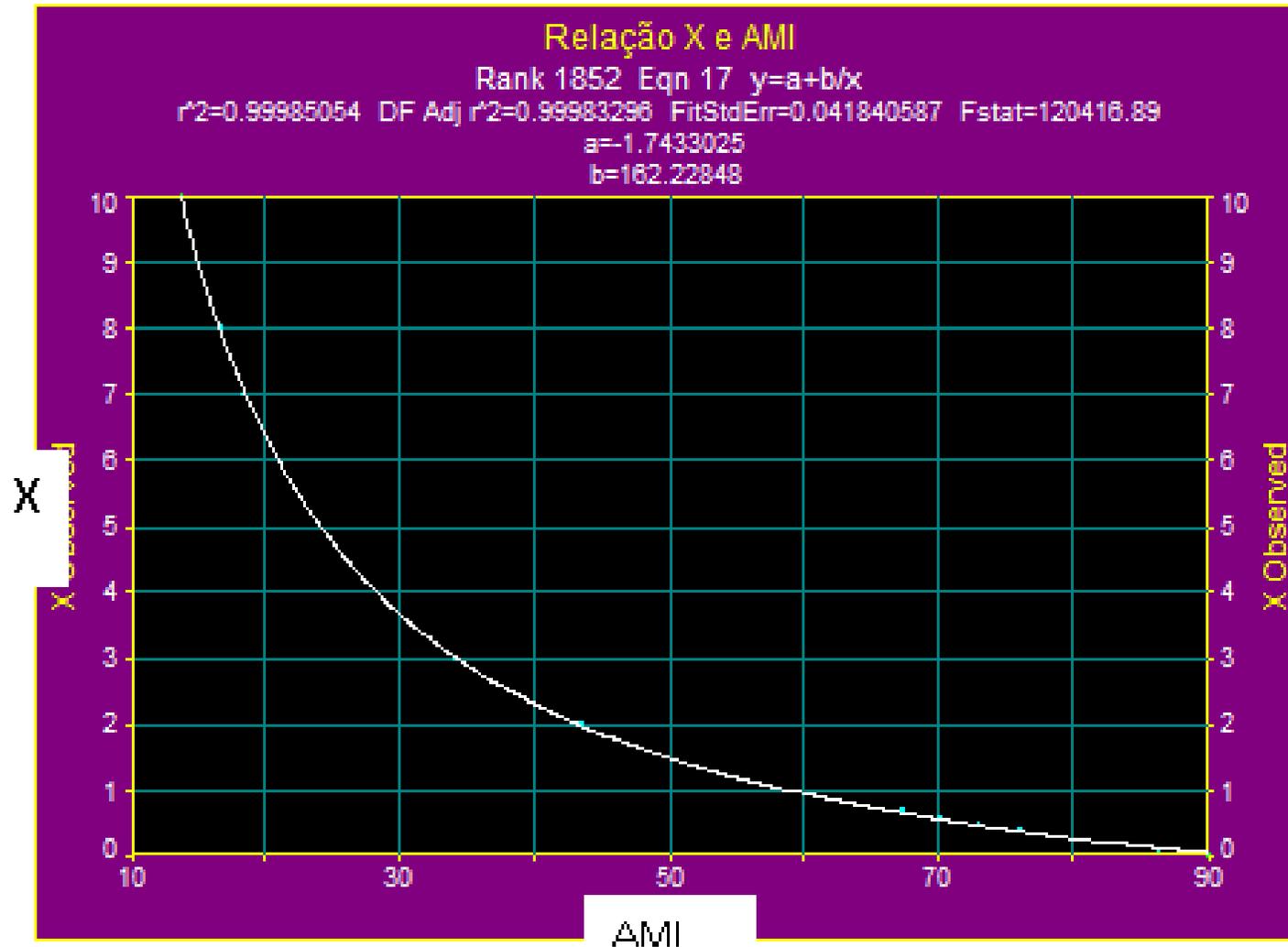
# Coeficiente de Extinção

Distribuição do Ângulo Foliar	Coeficiente de Extinção (k)
Horizontal	$k = 1$
Vertical	$k = \frac{2 \cdot \cot z}{\pi}$
Esférico	$k = \frac{2 \cdot \sin z}{\pi}$
Elipsoidal <sup>1</sup>	$k = \frac{\sqrt{x^2 + (\tan z)^2}}{x + 1,774 \cdot (x + 1,182)^{-0,733}}$
Heliotrópica	$k = \frac{1}{\sin z}$

# Valores de X

<b>Cultura</b>	<b>X</b>
Azevém	0,67-2,47
Milho	0,76-2,52
Centeio	0,8-1,27
Trigo	0,96
Cevada	1,20
Sorgo	1,43
Colza	1,92-2,13
Pepino	2,17
Tabaco	1,29-2,22
Batata	1,70-2,47
Girassol	1,81-4,1
Morango	3,03
Soja	0,81

# Relação X e AMI



# Estimando o IAF (Miller, 1967)

$$I = I_o \cdot e^{-\mu \cdot S(\theta) \cdot G(\theta)}$$

$$\mu \cdot G(\theta) = \frac{-\ln[T(\theta)]}{S(\theta)} = V(\theta)$$

$$IAF = \sum_{i=1}^{i=n} -\ln[T_i] \cdot \cos_i \cdot W_i$$