

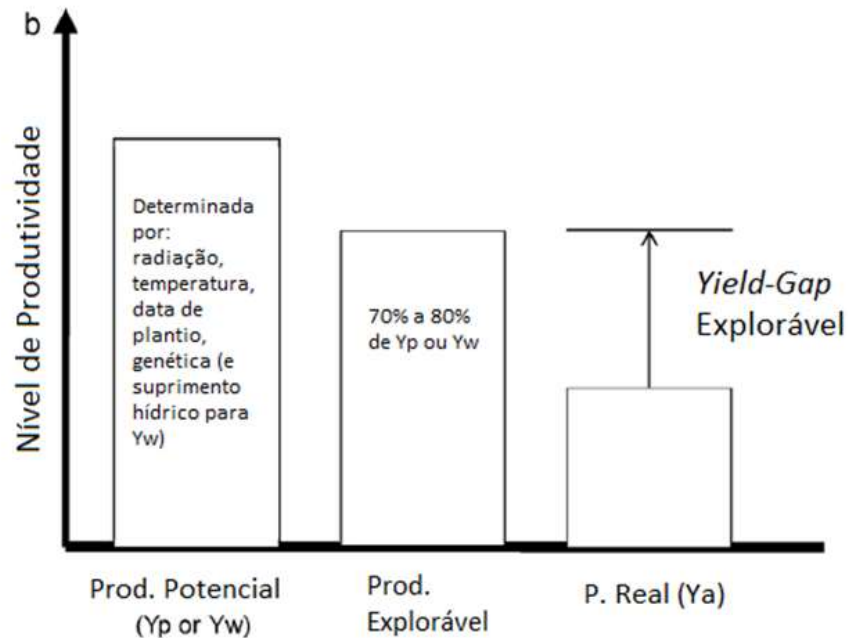
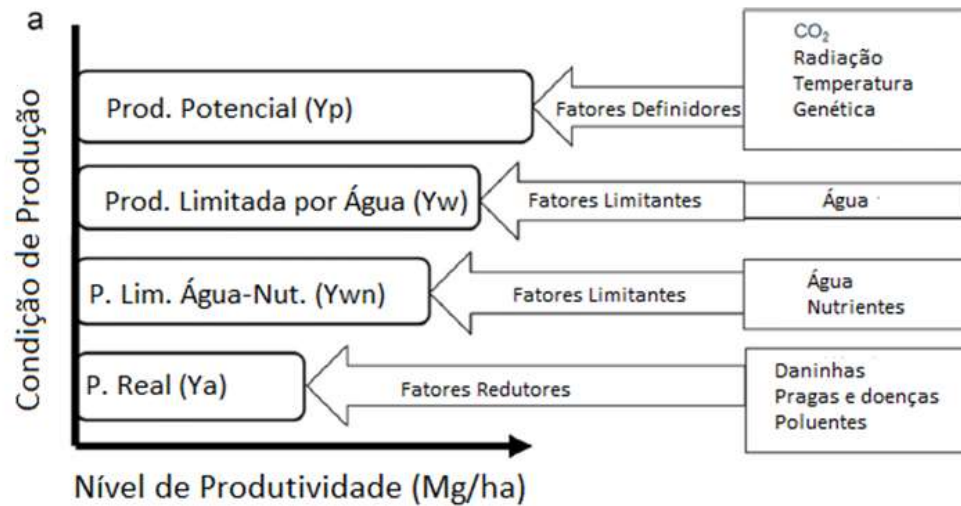


*UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS  
LEB 306 – Meteorologia Agrícola  
1º Semestre de 2018 – Prof Fábio Marin*



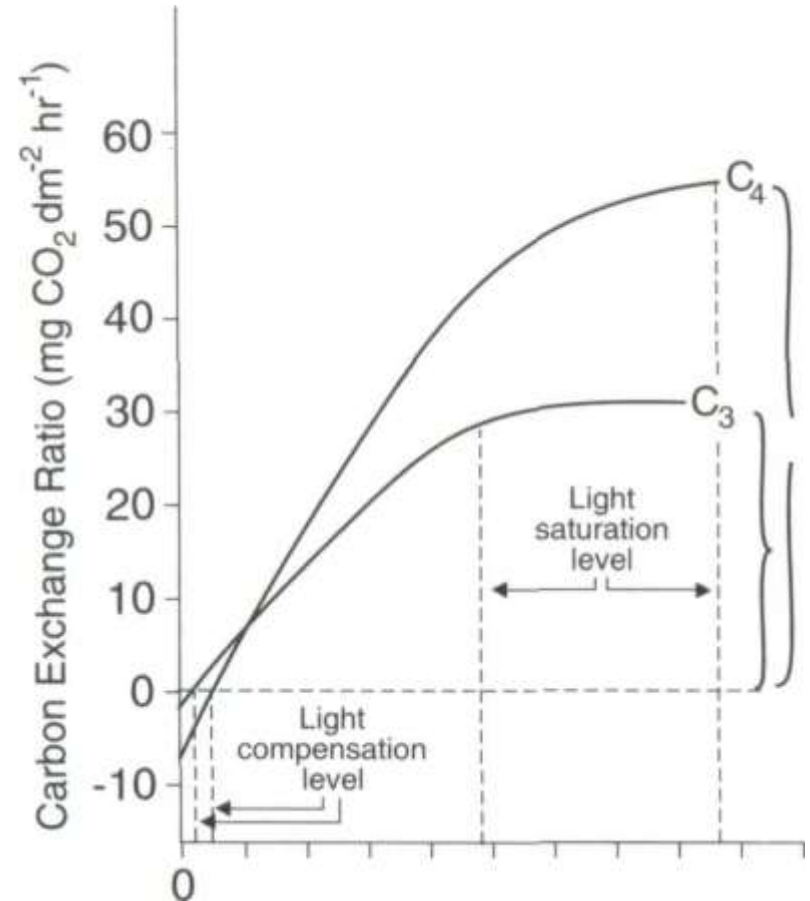
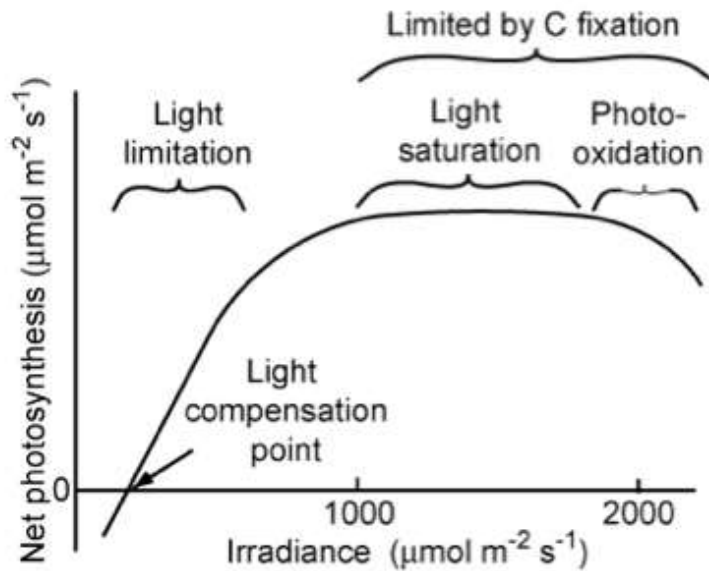
# **Quantificando a Produtividade Atingível Limitada por Água**

# Níveis de produção e seus respectivos fatores determinantes/limitantes



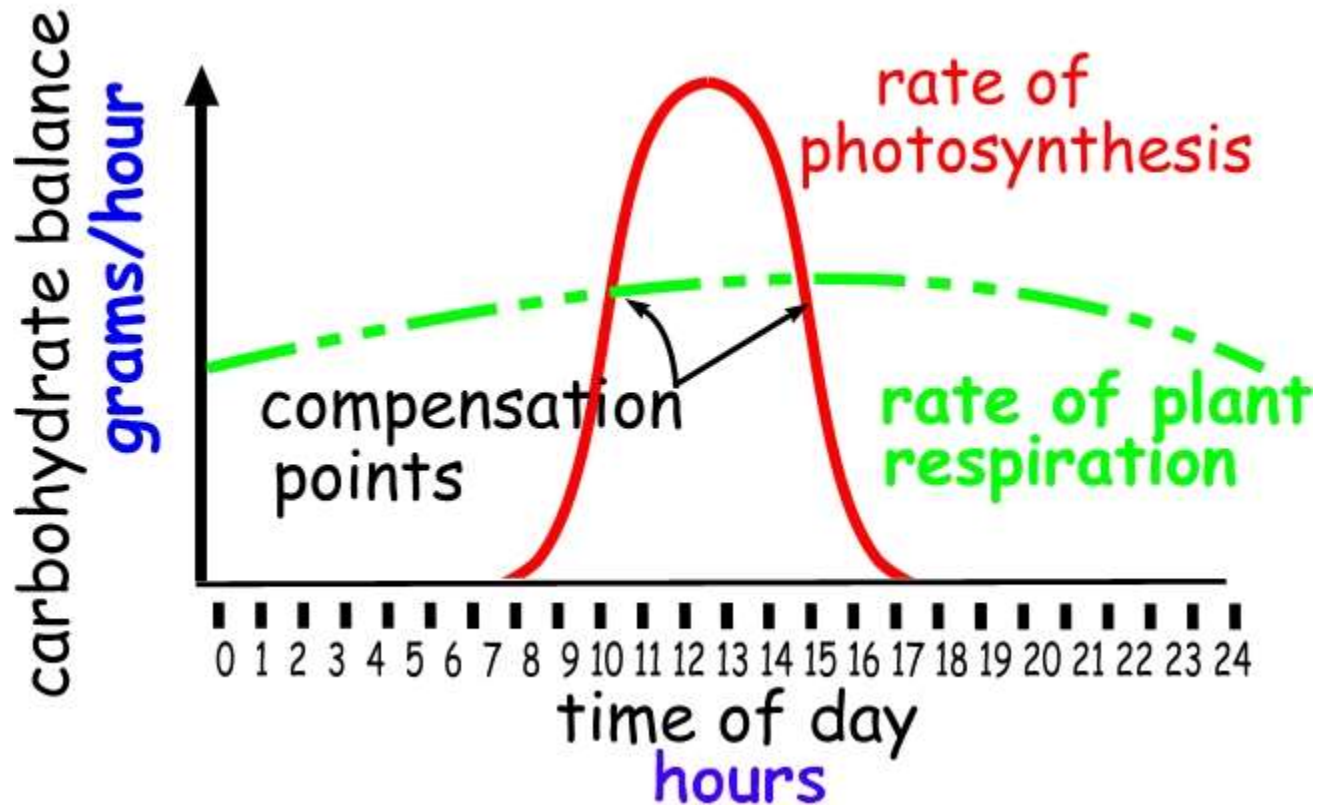
# Produção Vegetal X Radiação Solar

## Resposta à Radiação

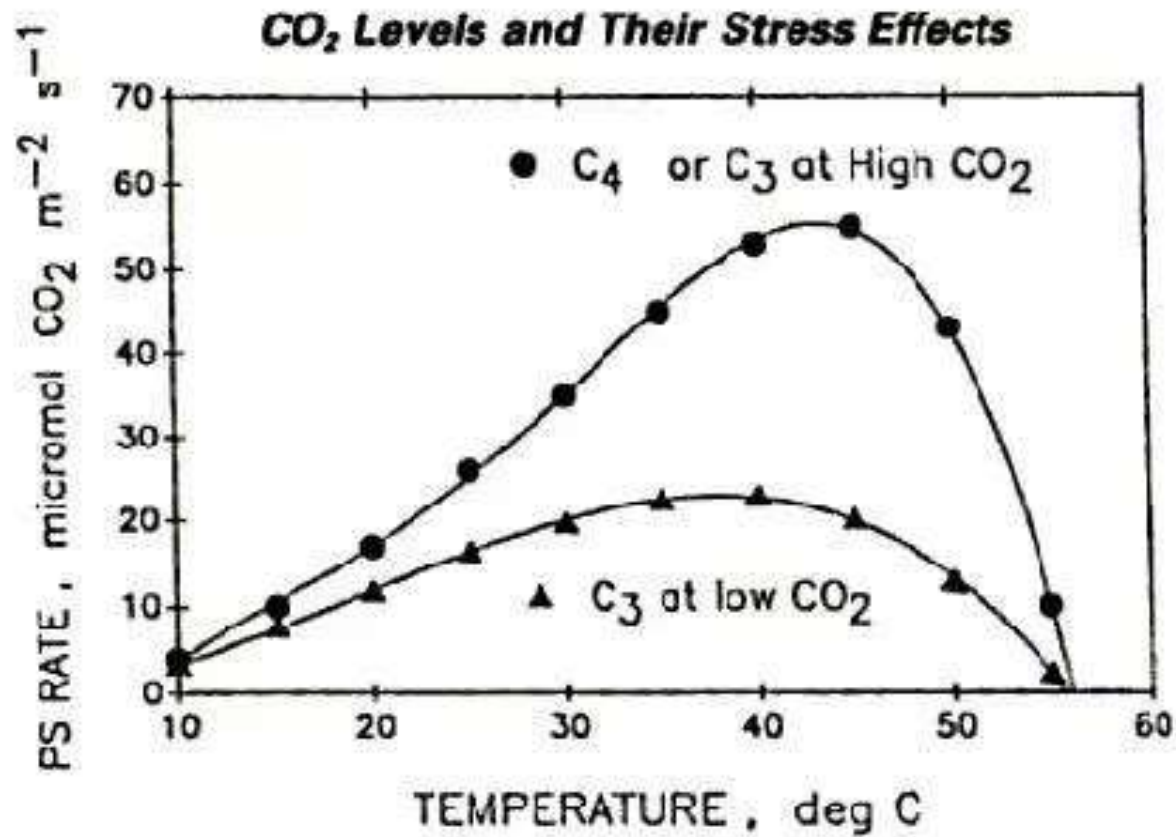


## Resposta à Radiação em diferentes espécies

# Produção Vegetal X Radiação Solar



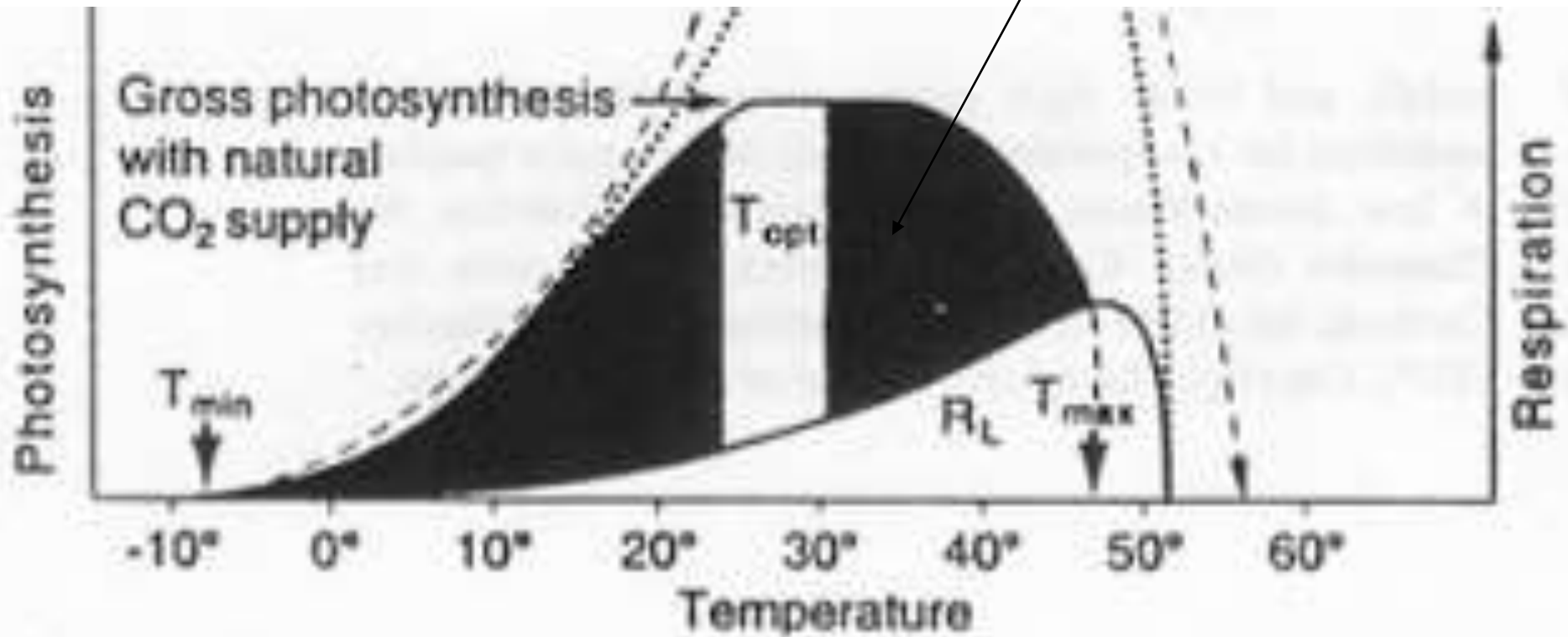
# Produção Vegetal X Temperatura



Photosynthetic rate versus temperature for C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> leaves.

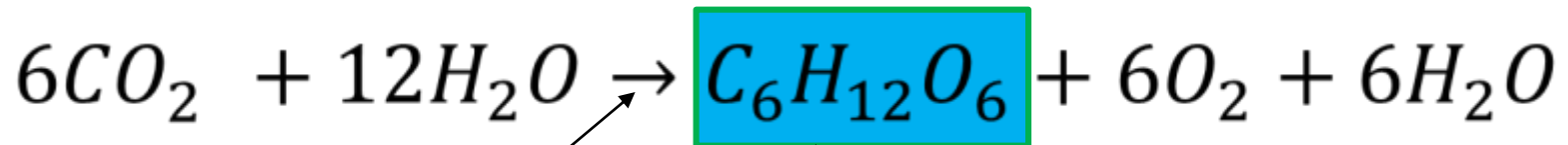
# Produção Vegetal X Temperatura

*Fotossíntese "Líquida"*



# Eficiência de Conversão (Y)

- Fotossíntese:



Radiação

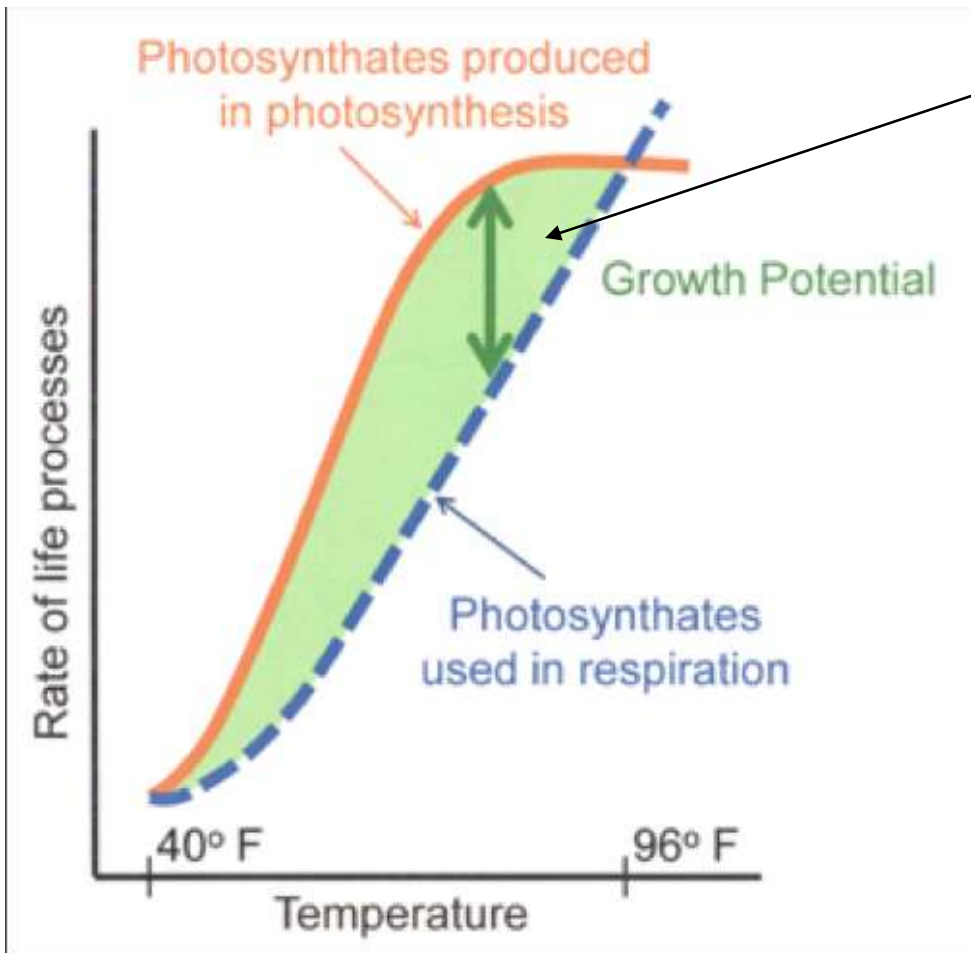
1g de  $C_6H_{12}O_6$ :

0,404g de Proteínas  
0,33g de Lipídeos  
0,472g de Lignina  
0,826g de Carboidrato estrutural  
1,104g de Ácidos Orgânicos

1 t de Cana-de-Açúcar =  
0,86 t de Feijão  
ou  
0,85 t de Amendoim

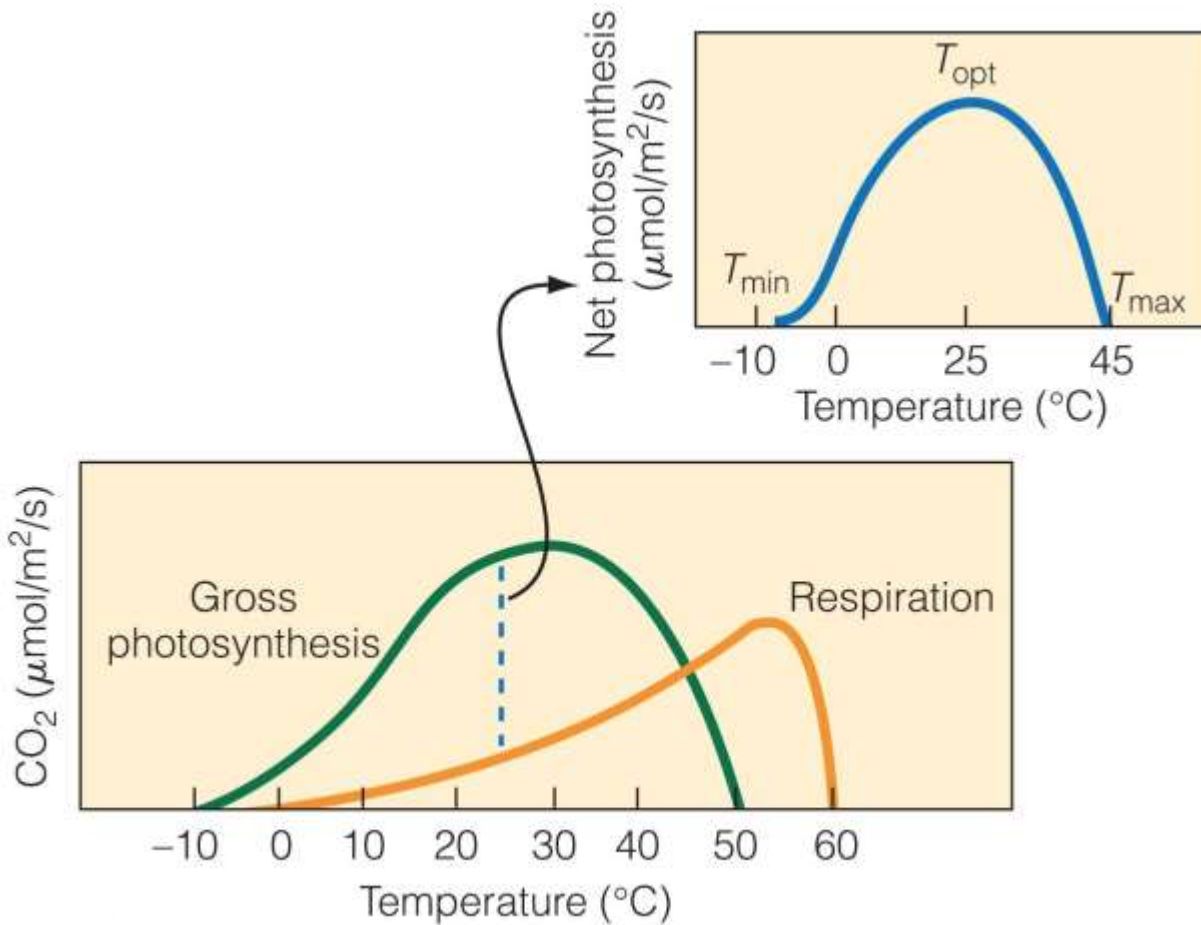
# Produção Vegetal X Temperatura

*Fotossíntese "Líquida"*





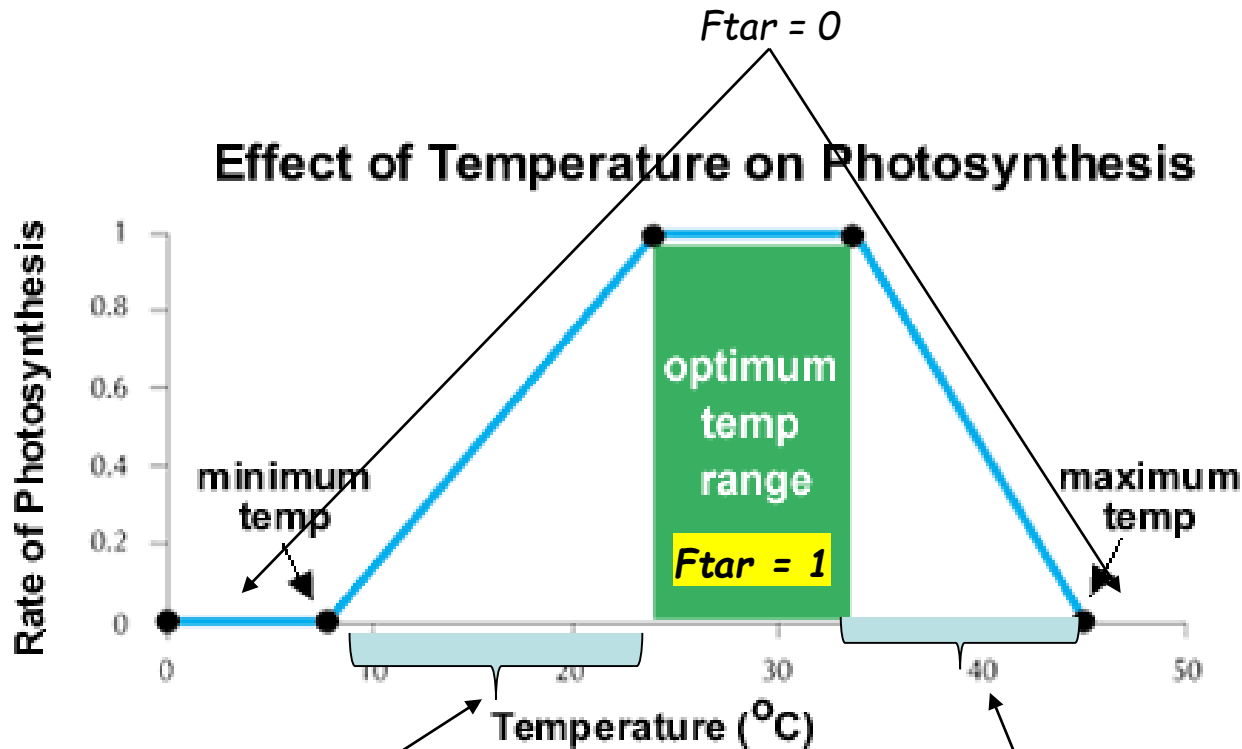
# Produção Vegetal X Temperatura



*As temperaturas cardiais para a fotossíntese líquida não são necessariamente as mesmas observadas para a fotossíntese bruta.*

# Produção Vegetal X Temperatura

Como representar matematicamente?



$$F_{tar} = \frac{(T_{ar} - T_b)}{(T_{o1} - T_b)}$$

$$F_{tar} = \frac{(T_{ar} - T_{o2})}{(T_B - T_{o2})}$$

Simplificação usado na planilha de estimativa de produtividade.

A temperatura do ar, portanto, influi em dois aspectos principais no nosso modelo de produtividade:

- No desenvolvimento, controlando a duração do ciclo;
- Na taxa de crescimento, controlando o acúmulo de matéria seca.

# Estimando a Produtividade Potencial ( $P_p$ ou $Y_p$ )

$$Yp' = aPAR * RUE * IC * FTar * \frac{1}{(1 - U)}$$

Sendo:

$Yp'$  dado em [g/m<sup>2</sup>.dia]

$aPAR = Par * (1 - r - e^{-k*IAF})$

IC o índice de colheita (adimensional)

U é a umidade (adimensional)

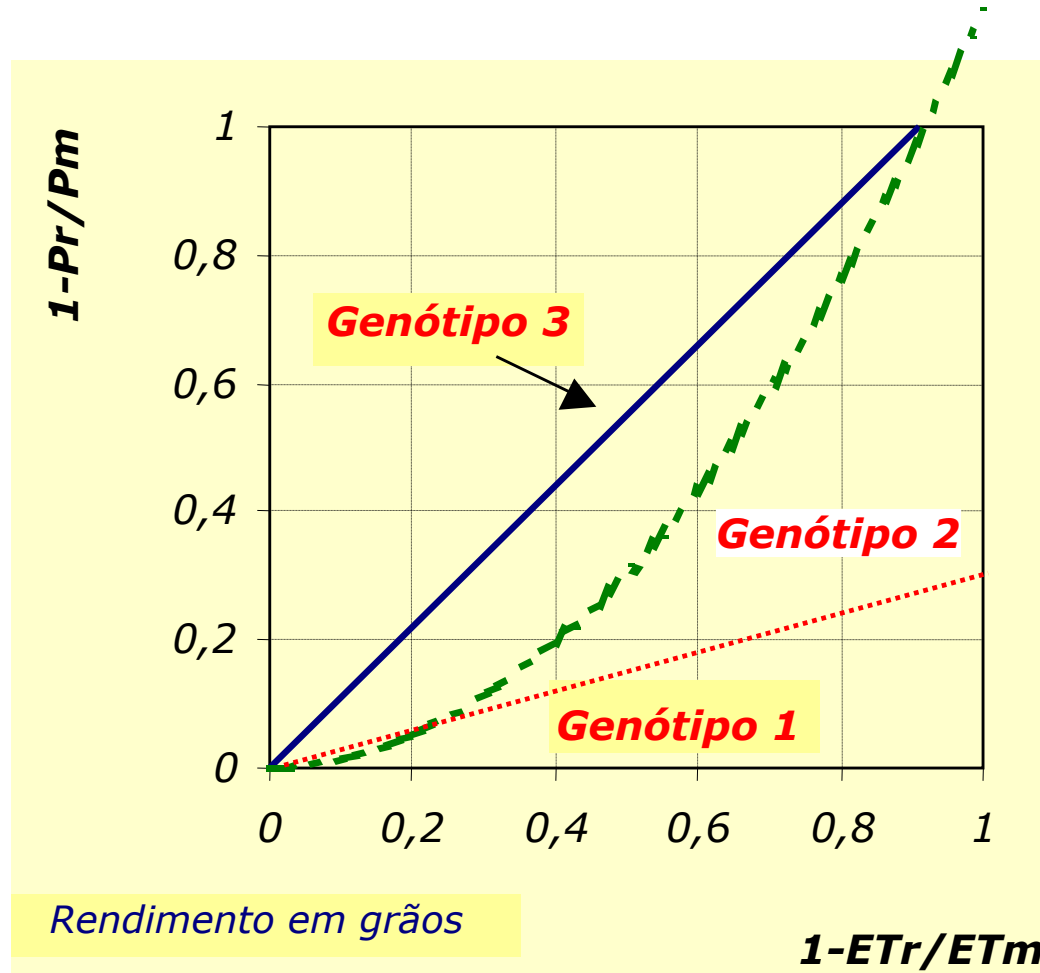
FTar – Fator de correção pelo efeito da temperatura do ar na fotossíntese (ver slide anterior)

$$Yp = Yp' \frac{10000}{1000} \text{ [kg/m}^2\text{.d]}$$

# Quantificando o Efeito da Deficiência Hídrica

- Utiliza-se a evapotranspiração relativa como indicador da suficiência hídrica ao longo do ciclo
- Utiliza-se o fator  $K_y$  como indicador da sensibilidade da cultura (em diferentes fases fenológicas)

# Representando a diferença entre genótipos na lação entre a produtividade e Deficiência Hídrica



$$K_y = \frac{(1 - Pr/P_p)}{(1 - E_{Tr}/E_{Tc})}$$

Evapotranspiração Relativa =  $\frac{E_{Tr}}{E_{Tc}}$

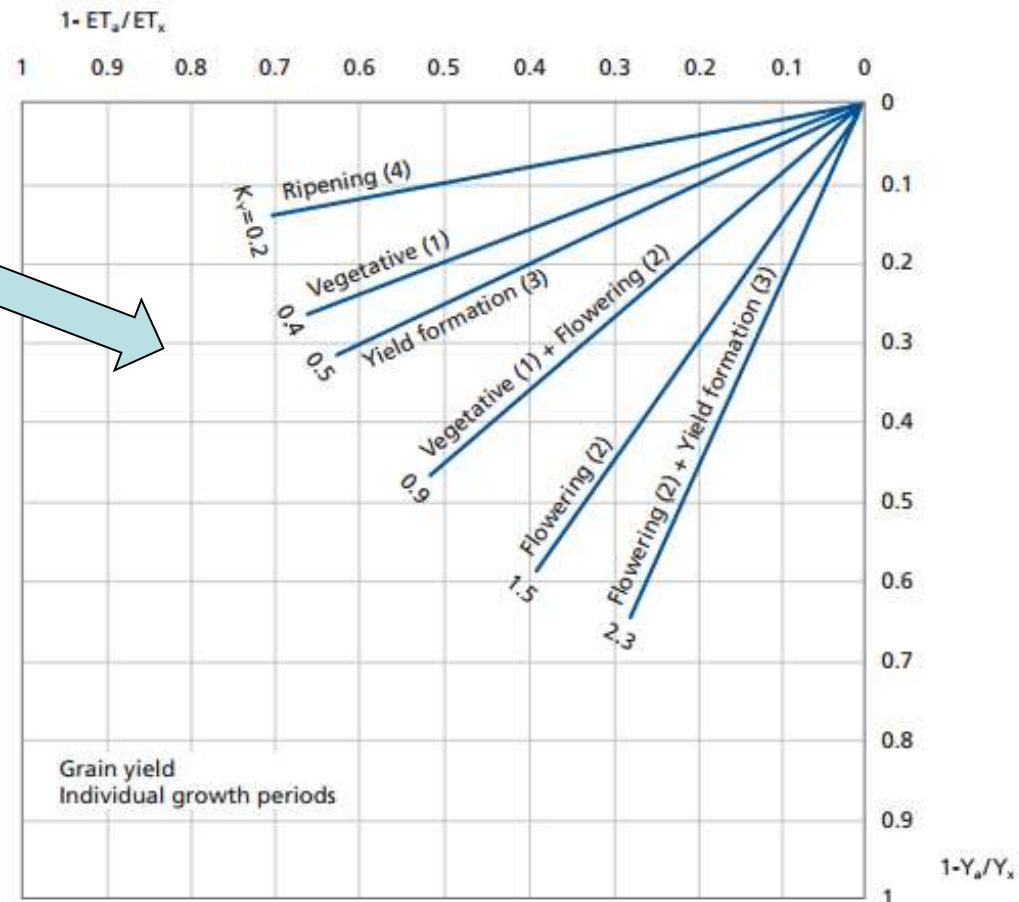
Proporcional a Produtividade

Variação entre espécies e variedades

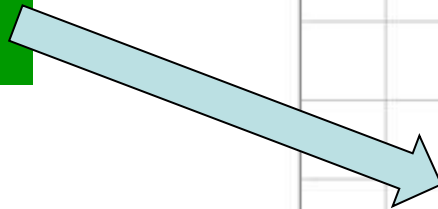
$$Y_a = Y_p [1 - K_y (1 - E_{Tr}/E_{Tc})]$$

# Efeito da Deficiência Hídrica

**FIGURE 1** Linear water production functions for maize subjected to water deficits occurring during the vegetative, flowering, yield formation and ripening periods. The steeper the slope (i.e. the higher the  $K_y$  value), the greater the reduction of yield for a given reduction in ET because of water deficits in the specific period.



Variação  
entre fases  
fenológicas



# Valores de $K_y$ para diferentes Culturas

**TABLE 1** Seasonal  $K_y$  values from *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33*.

Crop	$K_y$	Crop	$K_y$
Alfalfa	1.1	Safflower	0.8
Banana	1.2-1.35	Sorghum	0.9
Beans	1.15	Soybean	0.85
Cabbage	0.95	Spring wheat	1.15
Cotton	0.85	Sugarbeet	1.0
Groundnuts	0.70	Sugarcane	1.2
Maize	1.25	Sunflower	0.95
Onion	1.1	Tomato	1.05
Peas	1,15	Watermelon	1.1
Pepper	1.1	Winter wheat	1.05
Potato	1.1		

# Exemplos de valores de Ky e Fases Fenológicas

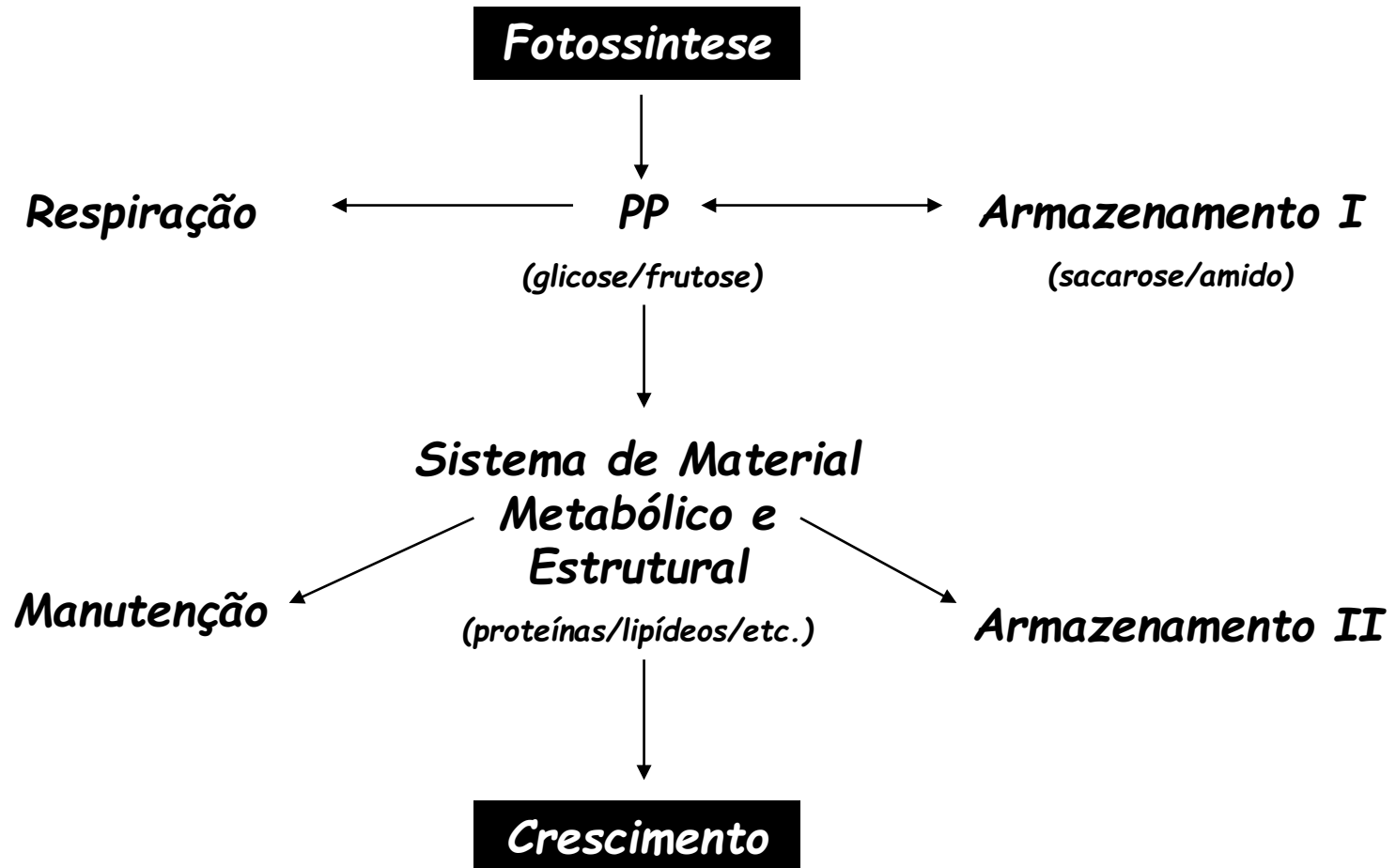
Valores de Ky				
	Des. Inicial	Fase Rápido Crescimento	Maturação	
Cana-de-açúcar	0.75	0.5	0.1	
	Des. Inicial	Floração	Frutificação	Maturação
Soja	0.2	0.8	1	0
Milho	0.4	1.5	0.5	0.2

$$Y_a = Y_p [1 - K_y (1 - E_{Tr}/E_{Tc})]$$



# Informações Complementares

# Crescimento de Plantas Cultivadas



*Fluxo de matéria e energia, a partir da fotossíntese. Fonte: Benincasa, 2003*

# Crescimento de Plantas Cultivadas

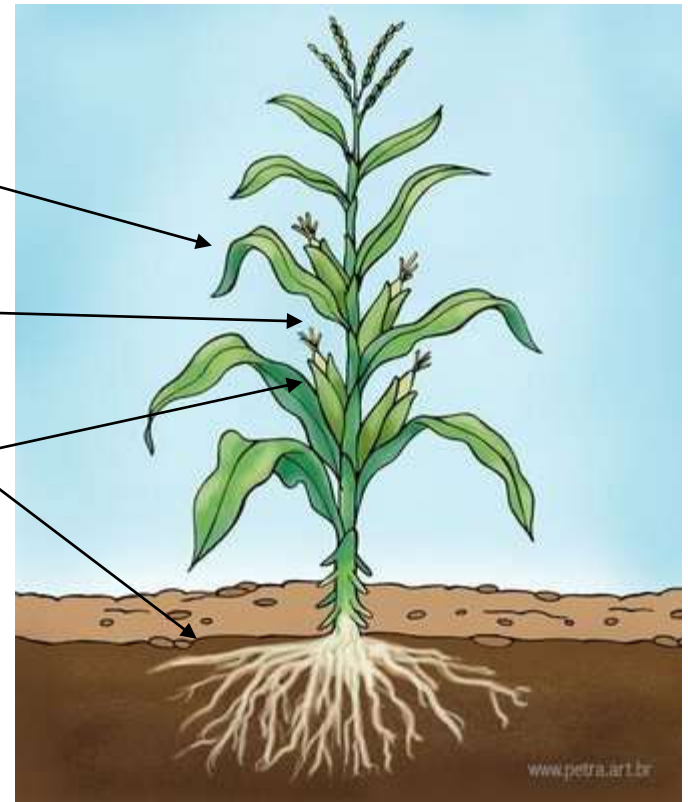
➤ Crescimento de plantas pelo aumento de fitomassa:

✓ Sítios de Produção de Metabólitos:

✓ Sítios de Consumo de Metabólitos:

✓ Sítios de Acumulação de Metabólitos:

Metabólitos: primários e secundários



# Crescimento de Plantas Cultivadas

## Metabólitos: primários e secundários

- **Metabolismo primário:** conjunto de processos metabólicos que desempenham uma função essencial no vegetal, tais como a fotossíntese, a respiração e o transporte de solutos. Os compostos envolvidos no metabolismo primário possuem uma distribuição universal nas plantas. Esse é o caso dos aminoácidos, dos nucleotídeos, dos lipídios, carboidratos e da clorofila.
- **Metabolismo secundário:** origina compostos que não possuem uma distribuição universal, pois não são necessários para todas as plantas. Como consequência prática, esses compostos podem ser utilizados em estudos taxonômicos. Ex.: terpenos, compostos fenólicos e alcalóides.

# Crescimento de Plantas Cultivadas

- Níveis de controle do crescimento e desenvolvimento vegetal:
- ✓ Controle Intracelular ou Genético: atividade celular depende da ação gênica para a síntese protéica e enzimática.
- ✓ Controle Intercelular ou Hormonal: promovem, retardam ou inibem processos fisiológicos e morfológicos (ex.: Algumas classes de hormônios vegetais → Auxinas, Giberelinas e Citocininas (promotores), o Etileno (ligado a senescência), Ácido abscísico (Inibidor)).
- ✓ Controle Extracelular ou Ambiental (abiótico - elementos e fatores climáticos e edáficos; bióticos)

## Interpretação fisiológica das diferentes fases do crescimento - Curva de Crescimento:

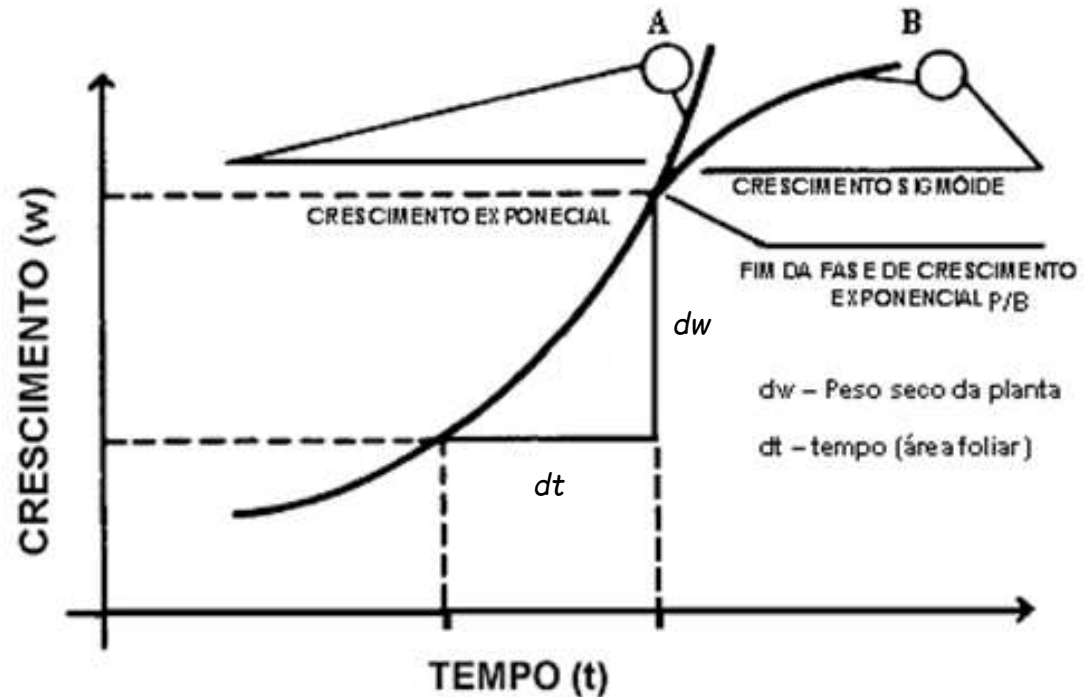
a) Inicialmente a planta depende das reservas da semente para a produção dos diferentes órgãos componentes. O espaço ainda não foi ocupado pelas plantas. Cada nova folha formada contribui para maior interceptação da luz. Não há sombreamento mútuo (folhas) e a contribuição das poucas folhas é semelhante. A taxa de crescimento relativa é constante e a cultura é principalmente vegetativa, caracterizando a fase exponencial.

b) Com o desenvolvimento do sistema radicular e expansão das folhas, a planta retira água e nutrientes do substrato em que se desenvolve e inicia os processos anabólicos dependentes da fotossíntese. As folhas serão gradualmente auto-sombreadas, aumenta o índice de área foliar (IAF), passando a uma fase de crescimento linear, com o maior incremento na taxa de matéria seca. Quando água e nutrientes não são limitantes, o IAF poderá facilmente exceder o seu ótimo sem, contudo, significar maior aumento em fitomassa.

c) Ao atingir o tamanho definitivo, a planta entra para a fase de senescência, diminuindo o IAF, com menor interceptação da energia luminosa, resultando em decréscimo no acúmulo de matéria seca, com a translocação desta para os órgãos de reservas, e conseqüente degeneração do sistema fotossintético.

## Curva Padrão de Crescimento de Plantas

O crescimento das células e de órgãos individuais seguiria um modelo exponencial caso não houvesse certas limitações no crescimento. Com isso, a curva que melhor expressa o crescimento é a sigmóidal.



**Figura 3** Padrões de crescimento em planta: exponencial (A) e sigmóide (B). (Reis e Muller, 1987).

Segundo Lucchesi (1987), uma cultura anual em condições ecológicas adequadas, ocupa no período de crescimento, em termos de percentagem, 10% para germinar, 6% para emergir, 51% no grande período de crescimento (fase linear), 15% para a reprodução, 18% na maturação até a colheita

# Entendendo a Curva de Crescimento

$$\frac{\Delta W}{\Delta t} = Y(Fb - M \cdot W)$$

$\frac{\Delta W}{\Delta t}$  - taxa de produção de biomassa

Y – eficiência de conversão bioquímica (razão entre o substrato disponível e o massa vegetal efetivamente produzida), dependente da composição química da espécie;

FB – fotossíntese Bruta;

M – coeficiente representando a respiração de manutenção, dependente da espécie e do ambiente no qual se desenvolveu.

W – biomassa total da planta.

$$Fb = f(T, RS, [CO_2], \text{espécie})$$