

# INTRODUÇÃO AO CULTIVO PROTEGIDO



**SIMONE DA COSTA MELLO**

**DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO VEGETAL, ESALQ/USP**

[scmello@usp.br](mailto:scmello@usp.br)

**Fone: 19-34476702**

# **CULTIVO PROTEGIDO**

**Cultivo de plantas em ambiente onde é possível controlar totalmente ou parcialmente um ou mais fatores climáticos e outros fatores envolvidos no processo de produção.**

# Cultivo protegido no mundo e no Brasil



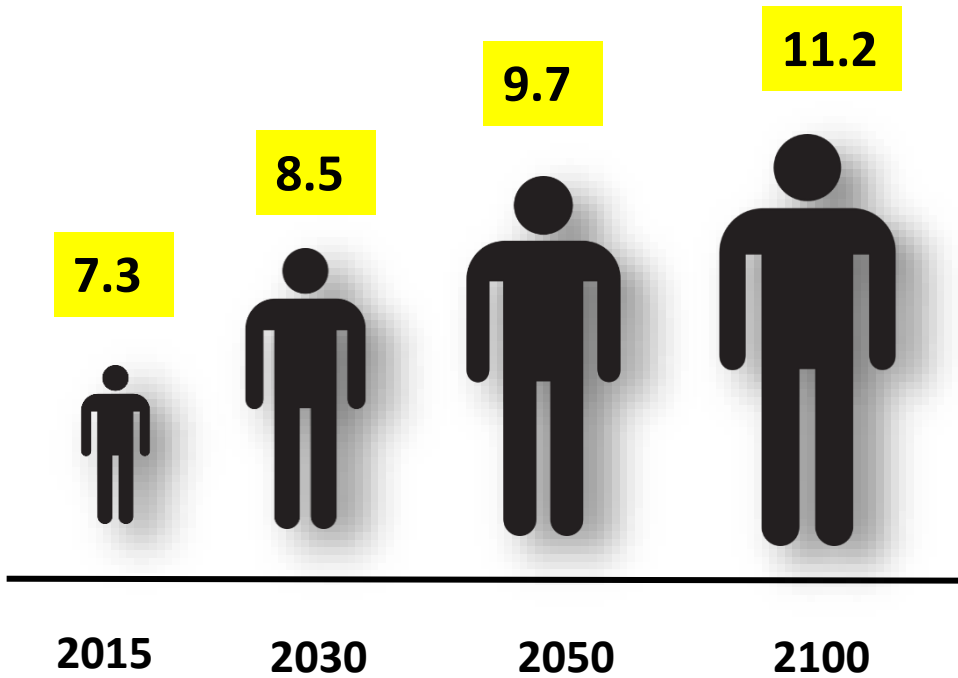
Aumento de 400% nas últimas duas décadas



No Brasil, estima-se que haja 35 mil hectares de cultivo protegido.

# Crescimento populacional e producao agrícola

Desafio: sistemas de produção cada vez mais eficientes (recursos naturais, energia, etc)

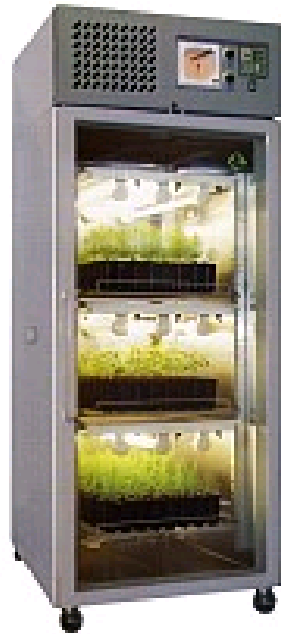


# Novas tendências do setor de alimentos

- 1. Desenvolvimento tecnológico para a produção de alimentos focada em plantas.**
- 2. Serviços robóticos e digitalização de restaurantes.**
- 3. Comercialização livre de plásticos.**
- 4. Transparência e valores comuns.**
- 5. Produção de alimentos cada vez mais sustentável**
- 6. Produção de alimentos mais nutritivos (alimentos funcionais)**

# **CLASSIFICAÇÃO DOS AMBIENTES PROTEGIDOS**

# Câmaras de crescimento



Gabinete de crescimento



Growth rooms (Wageningen UR)



Germinadores

# Estruturas de produção comercial



**Casa de vegetação:**  
Ambientes controlados



**Estufa:**  
Pouco ou quase nenhum  
controle sobre os parâmetros  
climáticos.

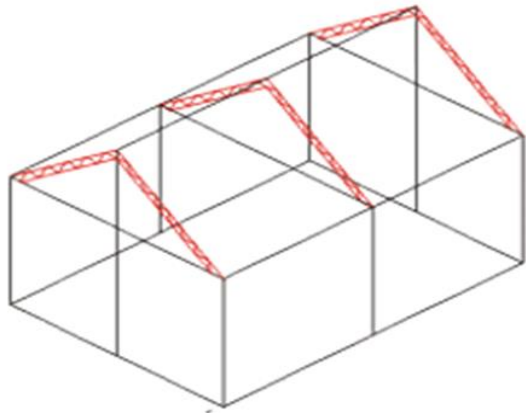


**Túnel**

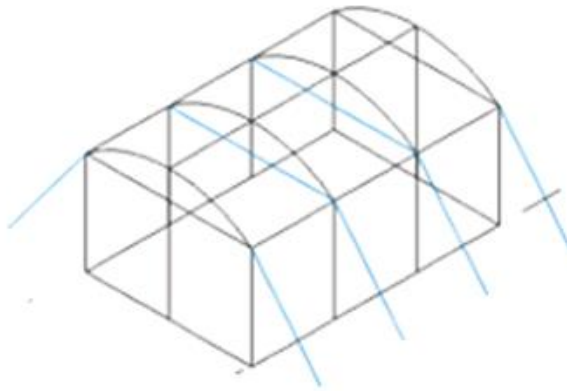


# PRINCIPAIS ESTRUTURAS COMERCIALIZADAS NO BRASIL

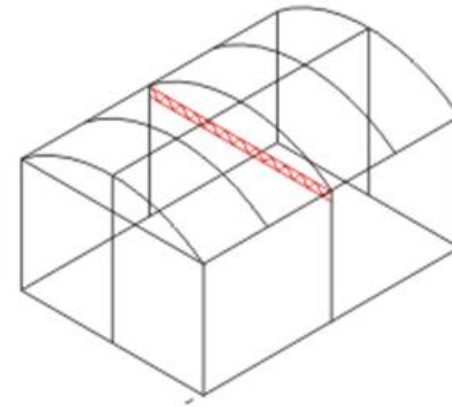
**Duas águas – Capela**



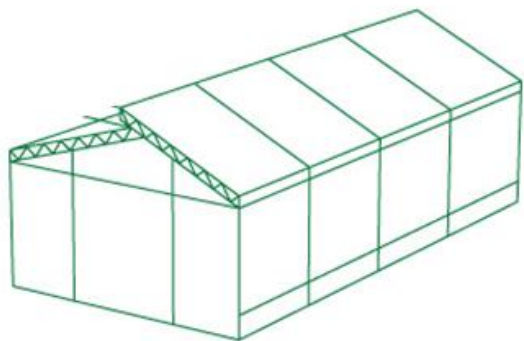
**Arco com tirantes de aço**



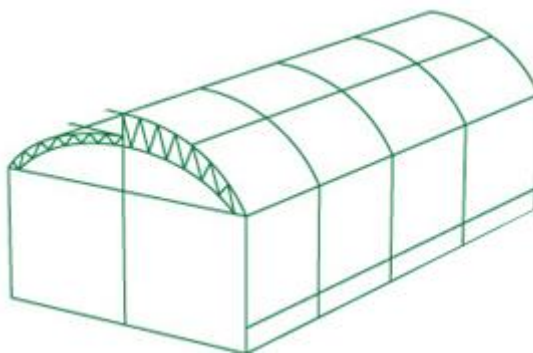
**Arco com treliças**



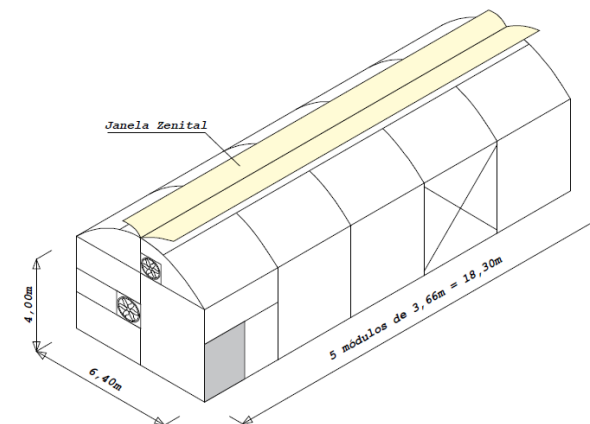
## Capela Dente-de-Serra



## Arco Dente-de-Serra



## Arco



**Lanternim em arco**



**Lanternim em duas-águas**



**Janelas frontais**



# SISTEMAS DE CULTIVO

# CULTIVO EM SOLO







22 10:13



# Vantagens e desvantagens

## **Vantagens:**

**Sistema mais econômico;**

**Menor variação do pH e da CE ao longo do tempo;**

**Volume de substrato (solo) sem limitações para o desenvolvimento do sistema radicular;**

**Menor frequência de irrigação e adubação**

## **Desvantagens:**

**Maior contaminação por pragas e doenças;**

**Sistema mais complexo**

# CULTIVO EM SUBSTRATOS



19 9:13





24 9:08





16 16:31

# Sacolas plásticas - Slabs





# Vantagens e desvantagens

## Vantagens

Menor contaminação por doenças

Maior controle da irrigação e nutrição (maior produtividade)

## Desvantagens:

Maior custo de produção

Maior variação do pH e da CE ao longo do tempo em relação ao cultivo em solo (exige controle rigoroso do manejo da irrigação e nutrição)

Maior dependência de energia elétrica

# CULTIVO HIDROPÔNICO

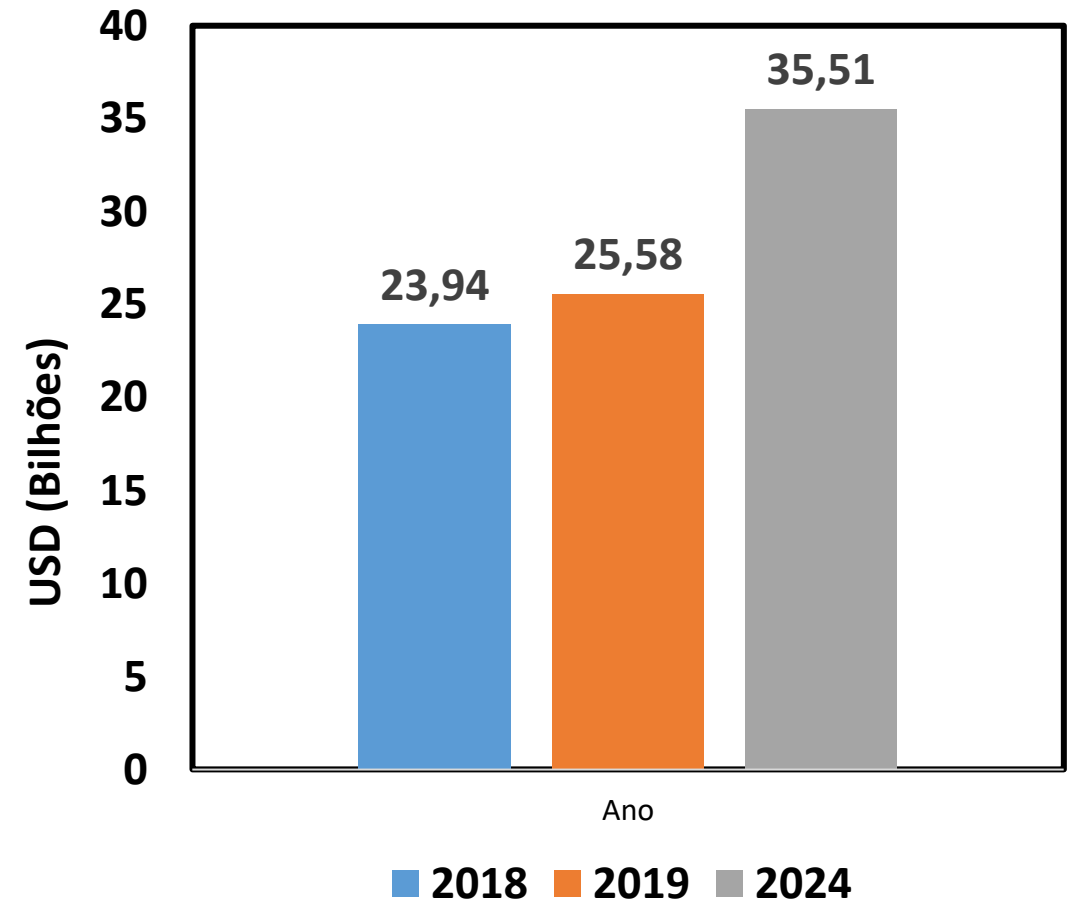


27 14:24

# Cultivo hidropônico – ESALQ



# Benefícios do cultivo hidropônico



Mercado global hidropônico USD bilhões)

## **Porque esse sistema também está crescendo significativamente no Brasil??**

- **Alta pressão por pragas e doenças de solo.**
- **Degradação do solo: baixa produtividade**
- **Instabilidade de preços das hortaliças produzidas em sistemas convencionais durante o ano.**
- **Maior qualidade dos produtos na entressafra.**
- **Menor uso de mão de obra.**
- **Produção de alimentos mais saudáveis**

# CULTIVO HIDROPÔNICO

**Substituição da produção no campo pelo cultivo hidropônico de hortaliças (folhosas, morango) em estufas agrícolas.**



# Cultivo hidropônico em estufas agrícolas

- **Maior controle das condições climáticas de cultivo (temperatura, luminosidade e umidade relativa do ar),**
- **Redução da ocorrência de pragas e doenças**





## **Produção em pequenas áreas e desenvolvimento de mercado local**

- **Logística: reduz custos transporte, afeta a qualidade do produto**
- **Maior integração produtor/consumidor**
- **Credibilidade à marca**
- **Possibilidade de venda direta do produto**

# Desvantagens

## **Desvantagens:**

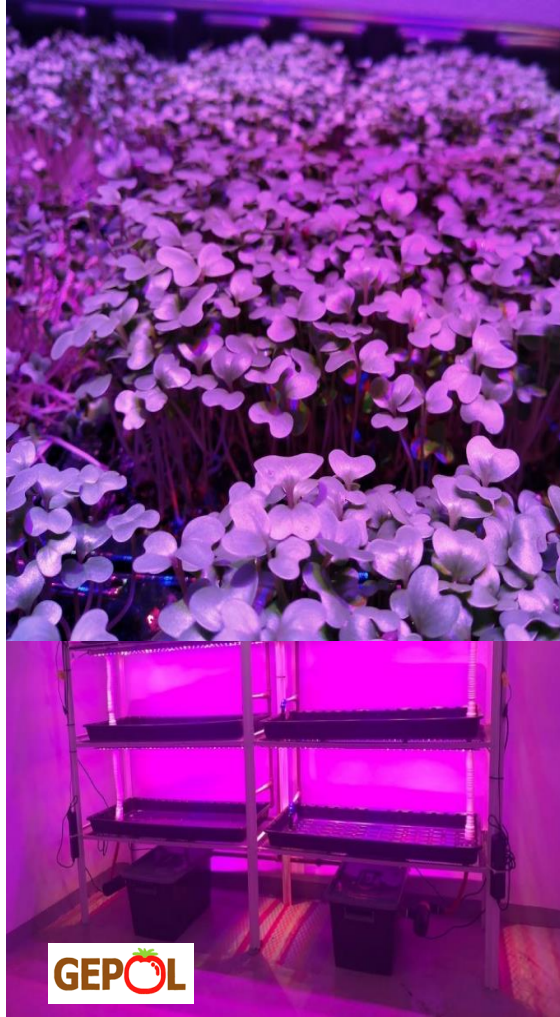
**Maior custo de produção**

**Maior dependência de energia elétrica**

**Necessidade de limpeza do sistema de cultivo**

**Contaminação do sistema por doenças afeta toda as plantas alimentadas pelo mesmo reservatório**

# Cultivo indoor



# Vantagens

**Produtos padronizados**

**Livres de pesticidas**

**Limpo**

**Otimização do espaço**

# Desvantagens

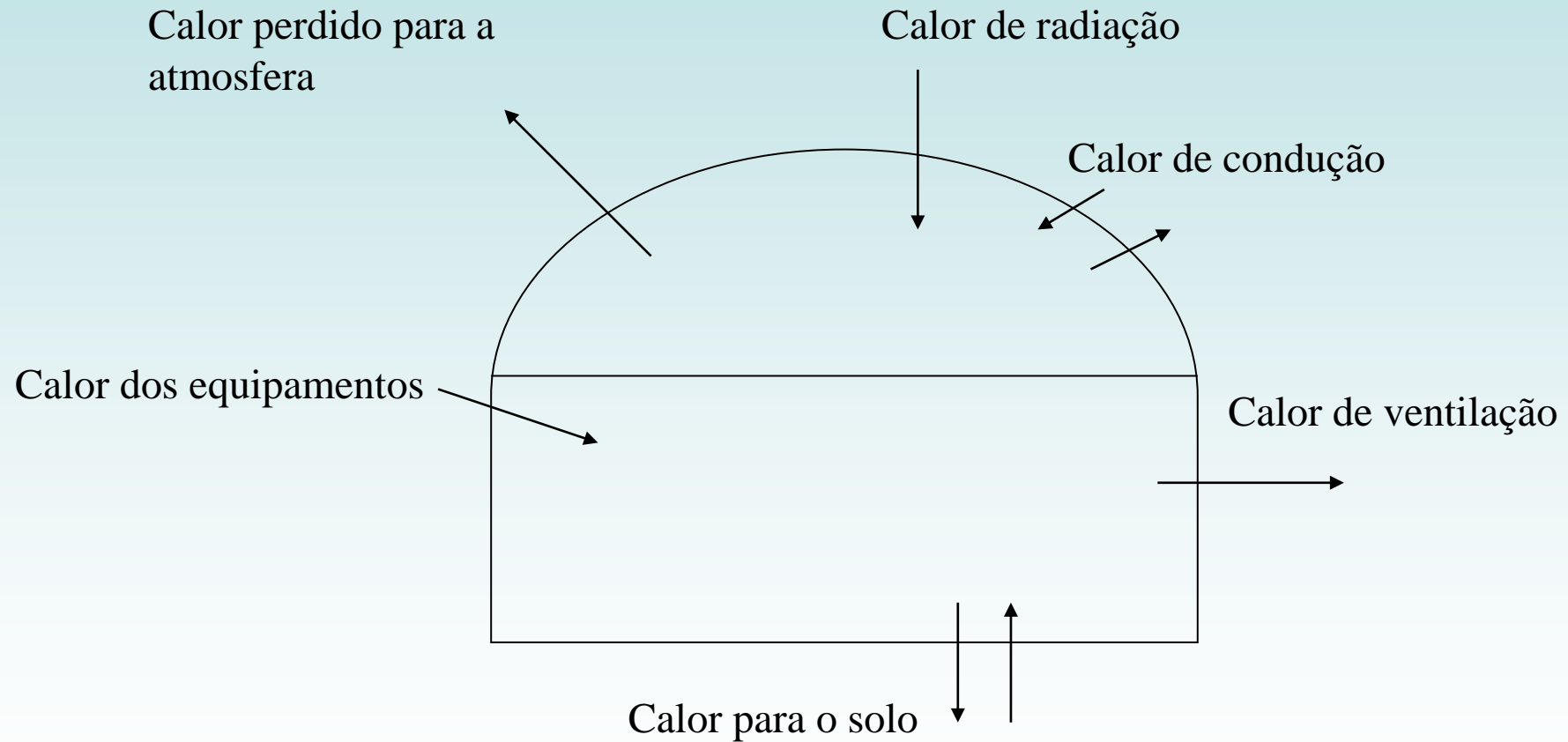
**Maior custo de produção**

**Alto investimento inicial (climatização e estruturas)**

**Dependência de energia elétrica**

**Elevado custo de produção**

# Fontes de calor no interior da casa-de-vegetação



# Ventilação natural

- Ocorre por diferença de pressão pelo vento
- Ocorre por diferença de temperatura entre o ambiente interno e externo

# Índice de ventilação

- $IV = \text{Superfície das aberturas} / \text{superfície coberta de solo} \times 100$
- IV entre 15 e 30%
- $0,15 = x/500 \quad x = 75 \text{ m}^2$  (50m compr. X 10 m largura)
- Lanternin =  $0,3 \times 50 = 15 \text{ m}^2$



# Por diferença de temperatura

Depende:

- Depende da diferença de temperatura entre o ambiente interno e externo
- Diferença de altura entre as aberturas de entrada e saída

# Laternin



# Ventilação artificial

# Sistema Pad and Fan

- Uso de exaustores: não devem ser espaçados mais do que 9 m
- Exaustor – 8,5 a 9,5 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>
- O painel e o exaustor não devem distanciar mais do que 45 m
- 30 cm de altura de painel evaporativo é necessário para cada 6 m de painel distanciado do exaustor
- Para cada litro de água são absorvidos 1879,89 J.
- Volume água 30 a 40 L m<sup>-2</sup> de parede
- Vazão do ar = 5 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>

# Painel evaporativo



# Painel evaporativo de celulose



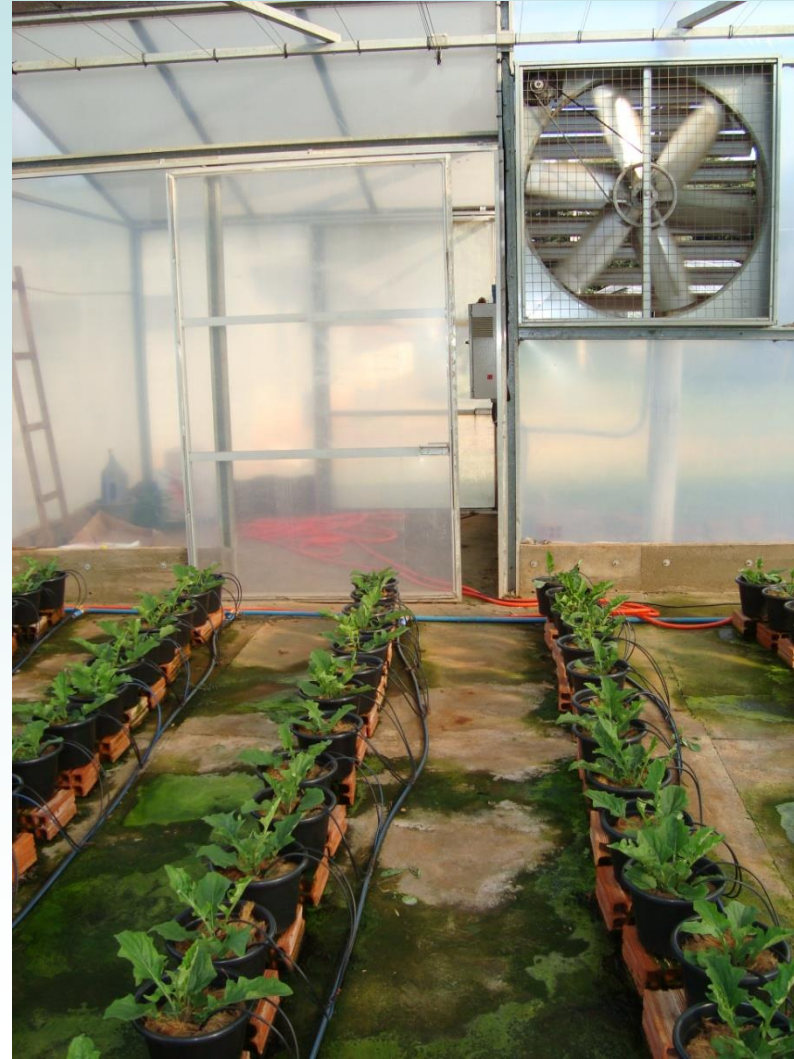
# Painel evaporativo de manta







# Exhaustor



# Exhaustores



# Cálculo da vazão de ar desejada

- $Va = Vt \cdot N$

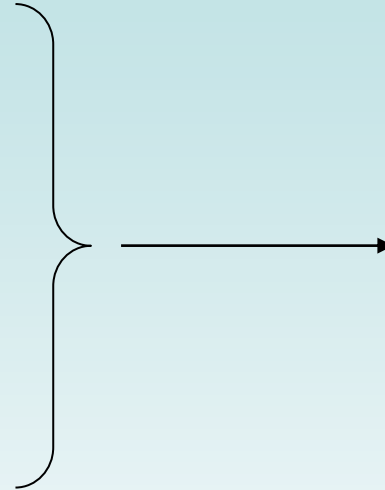
- $Va$  = vazão de ar desejada ( $m^3 h^{-1}$ )
- $Vt$  = volume total de ar desejado ( $m^3$ )
- $N$  = número de trocas de ar desejado por hora (30 a 60)

# Número de aparelhos

- $N_{ap} = \frac{V_a}{V_e}$
- $N_{ap}$  = número de aparelhos
- $V_a$  = vazão de ar desejada ( $m^3 h^{-1}$ )
- $V_e$  = vazão do aparelho ( $m^3 h^{-1}$ )

# Filmes plásticos

- Absorção
- Reflexão
- Transmissão



Coloração

Transparência

# Controle da luminosidade

- Controle manual através da abertura e fechamento de cortinas



# Telas termo-refletores



# Radiação solar global e transmitância das coberturas com malha termo-refletora externa e interna.

<b>Ciclo</b>	<b>Qg (MJm<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>)</b>			<b>Transmitâncias (%)</b>	
	<b>Malha externa</b>	<b>Malha interna</b>	<b>Amb. externo</b>	<b>Malha externa</b>	<b>Malha interna</b>
<b>1</b>	<b>5,1</b>	<b>3,3</b>	<b>15,2</b>	<b>33,6</b>	<b>21,7</b>
<b>2</b>	<b>4,7</b>	<b>3,1</b>	<b>17,3</b>	<b>27,2</b>	<b>17,9</b>

Pandorfi (2006)



# Aditivos em filmes plásticos

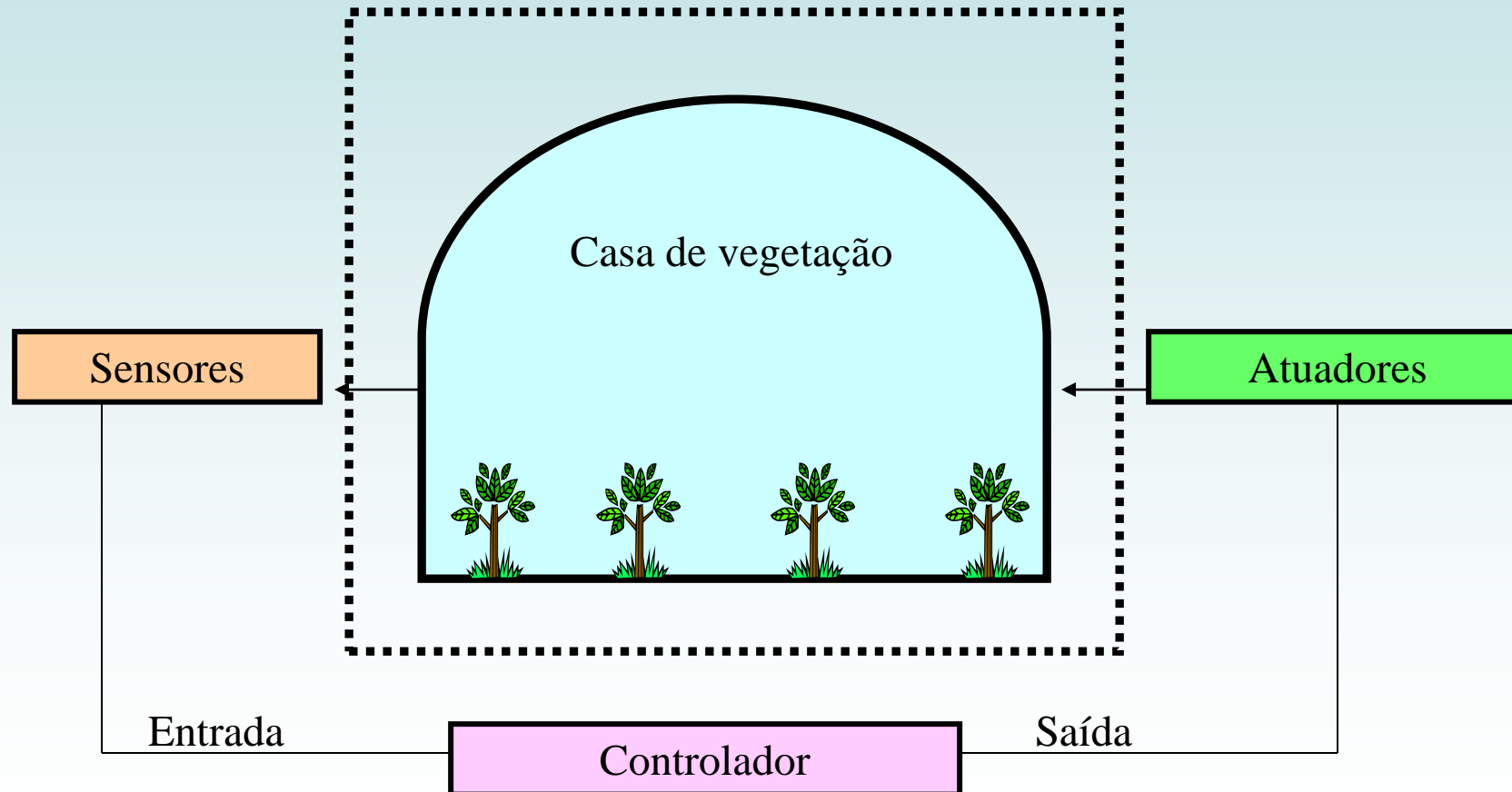
Filmes aditivados	Propriedades
Anti-UV	Aumenta a vida útil do plástico
<b>Leitoso</b>	<b>Redução na intensidade de luz</b>
Térmico	Relativamente opaco às radiações infravermelhos
Fotosseletivo	Modificam a composição do espectro de luz
<b>Difusor de luz</b>	<b>Aumenta a proporção de luz difusa</b>
Anti-gotejo	Evita a condensação do vapor d'água no plástico

# Aplicações do plásticos na Olericultura

## Polietileno difusor de luz 150 um (P150d)

Parâmetro	P150d <sup>(1)</sup>	
	Protegido	Campo
Rg (MJ.m <sup>-2</sup> )	2.307,79a	3.237,50b
BOC (MJ m <sup>-2</sup> )	2.077,99a	2.836,51b
BOL (MJ m <sup>-2</sup> )	643,19a	1.182,02b
Rn (MJ m <sup>-2</sup> )	1.434,80a	1.654,49b
Rr (MJ m <sup>-2</sup> )	229,80a	391,65b
TARMIN (°C)	14,54a	14,61a
TARMAX (°C)	28,51a	24,83b
TARMED (°C)	20,24a	19,25b
UARMIN (%)	37,5a	45,48b
UARMAX (%)	85,21a	87,89b
UARMED (%)	63,41a	68,06b

# ESTUFAS CLIMATIZADAS





## Sistema Pad-Fan





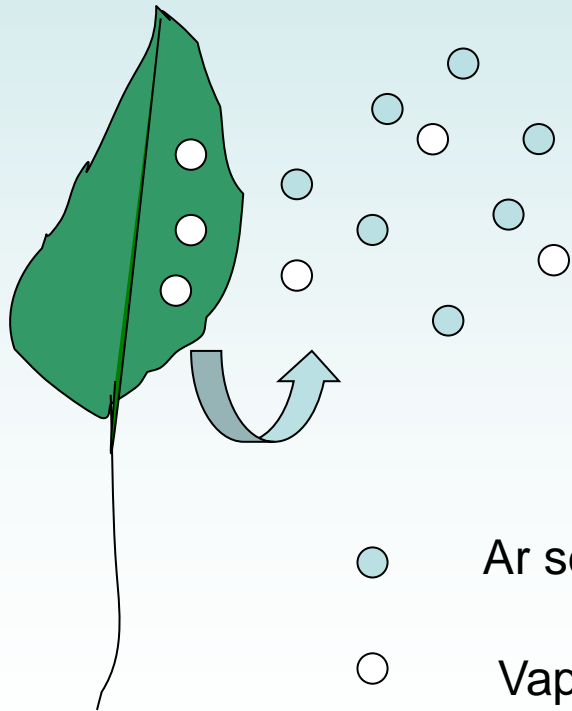
# Nebulização



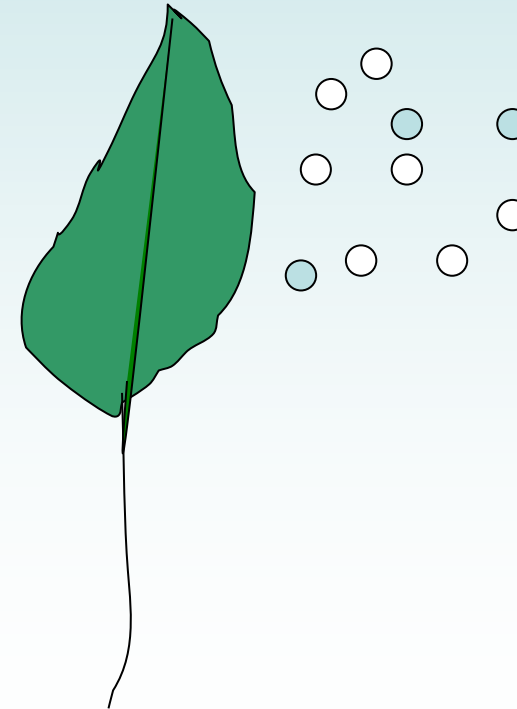
Micronet Single  
Fogger Assembly

# Umidade relativa do ar

Alto DPV



Baixo DPV



- Ar seco
- Vapor de água

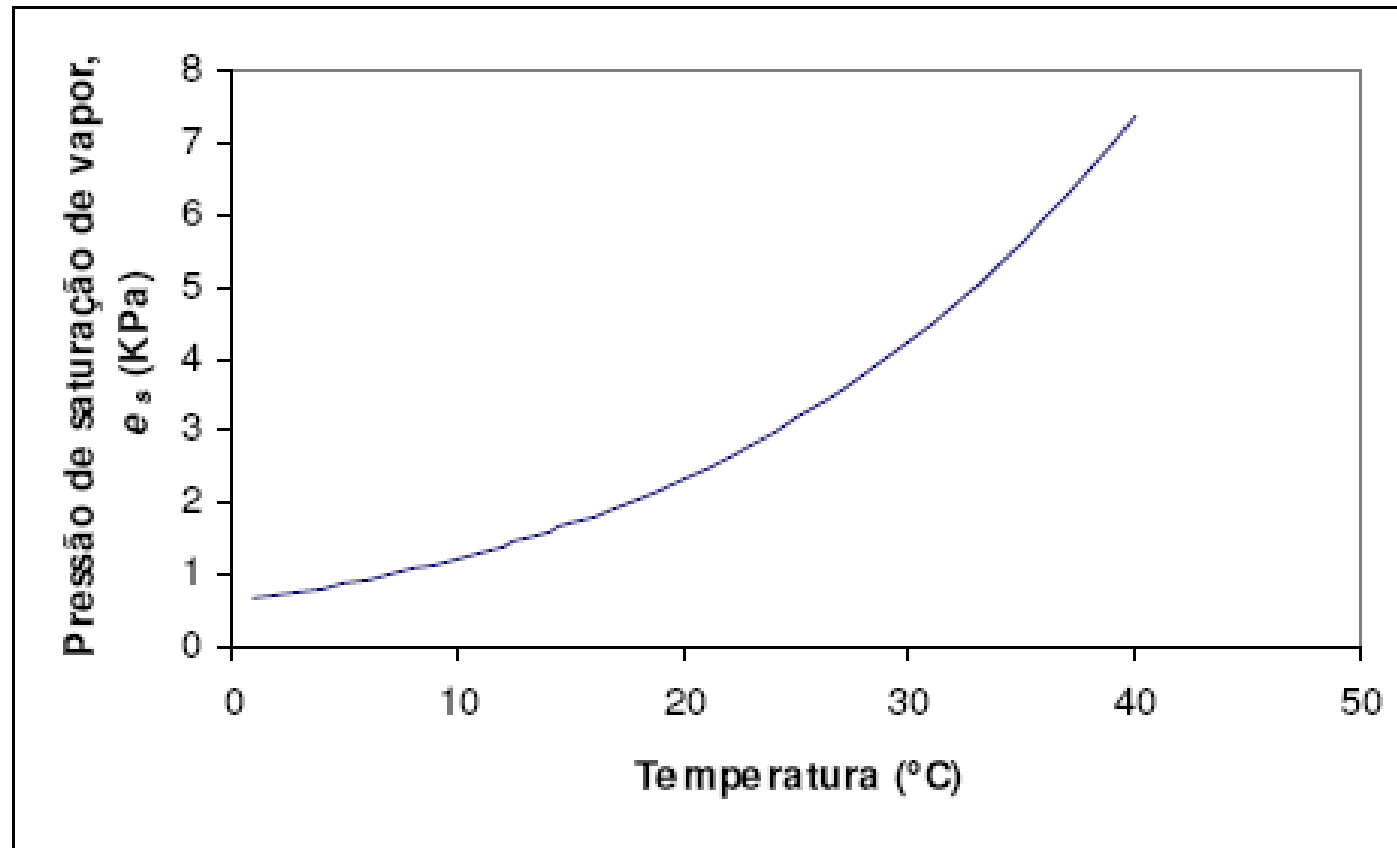


## Déficit de saturação de vapor do ar ( $\Delta e$ )

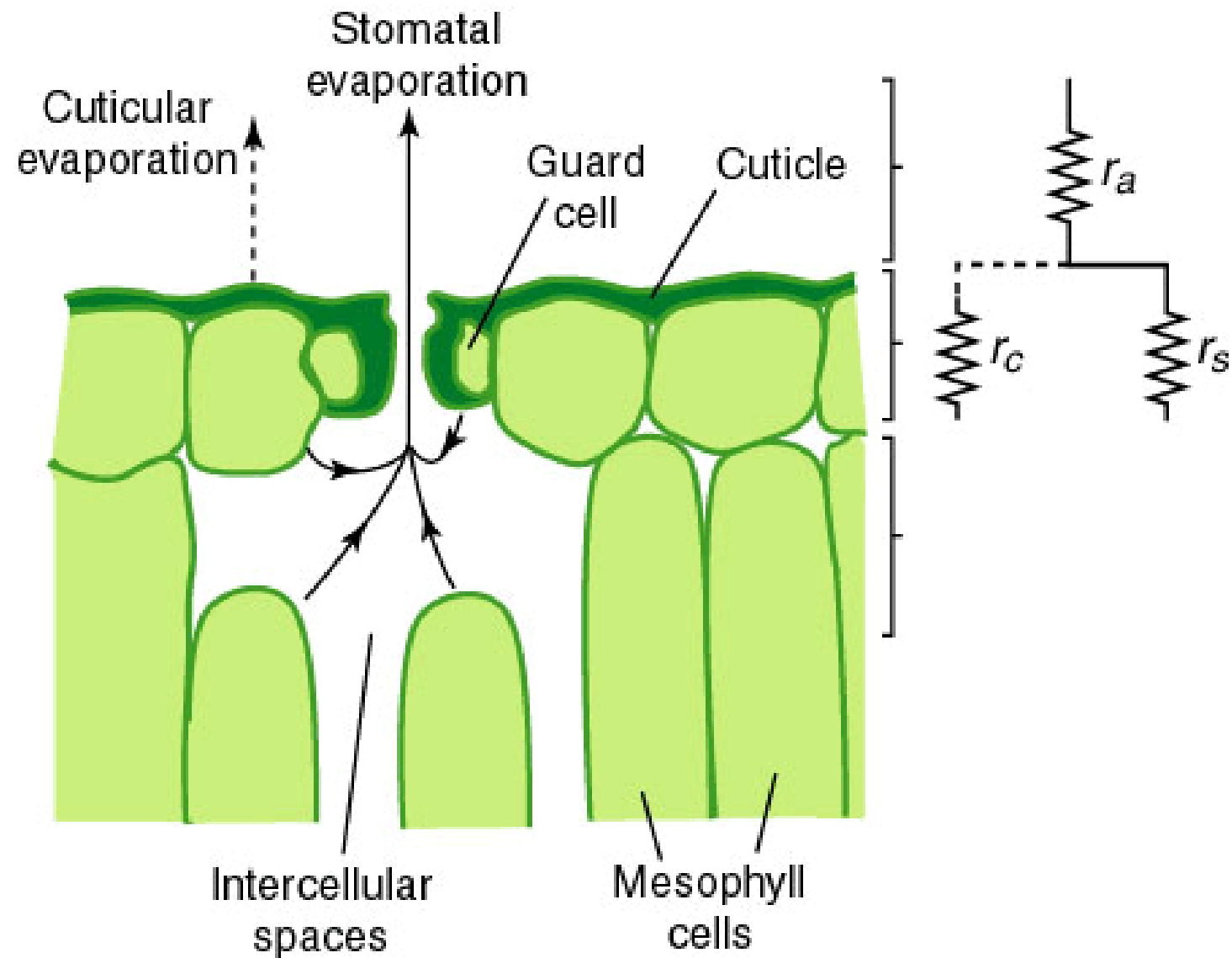
- $\Delta e = e_s - e_a$
- $e_s$  = pressão de saturação de vapor
- $e_a$  = pressão parcial de vapor

$$e_s = 0,6108 \exp[17,269T/T + 237,3] \text{ KPa}$$

$$\text{UR}(\%) = \frac{e_a}{e_s} \times 100$$

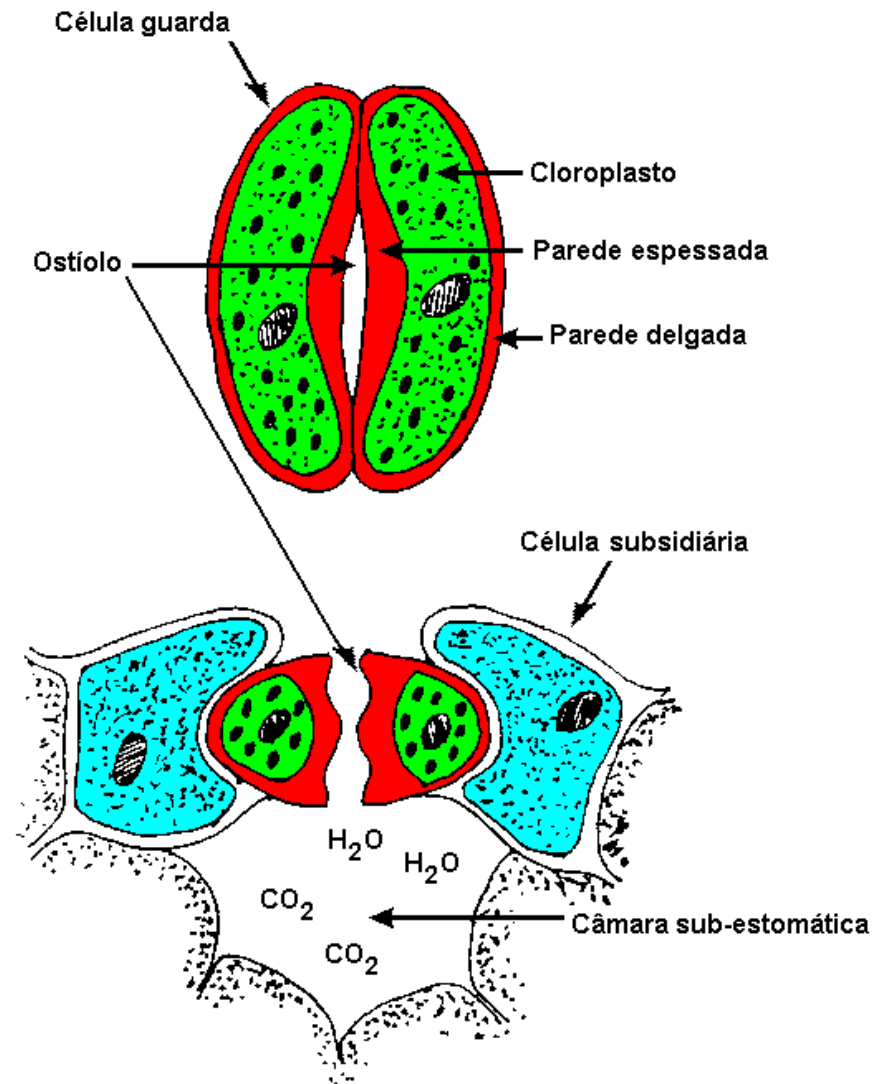


Pressão de saturação de vapor em função da temperatura



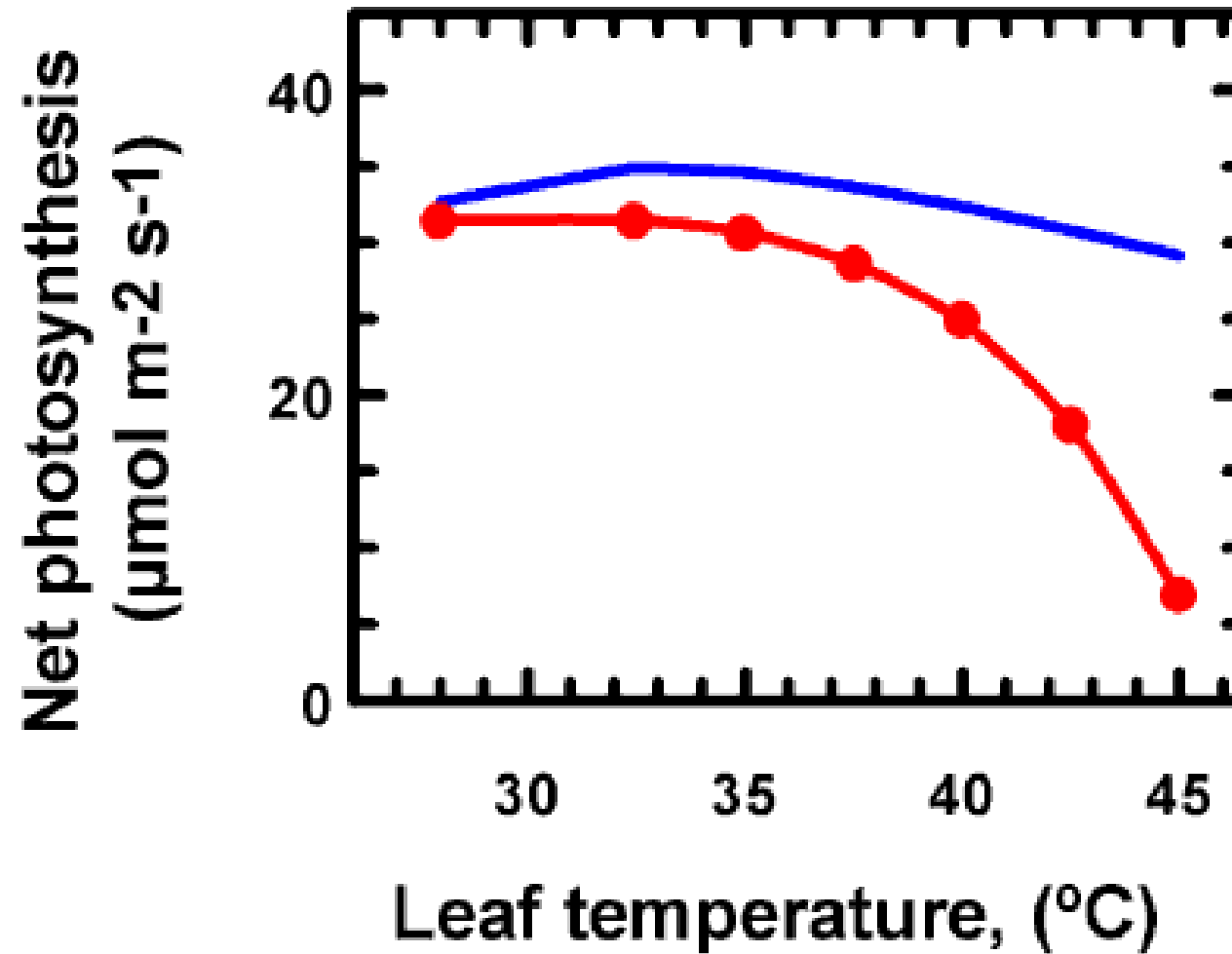
**Figure 7.1** Pathways for water loss from one surface of a leaf, showing the boundary layer ( $r_a$ ), cuticular ( $r_c$ ) and stomatal ( $r_s$ ) resistances. The leaf resistance is in parallel sums of two resistances, one representing  $r_s$  and the other plus  $r_c$  (Freely adapted from Jones, 1983; p. 110)

# Gás carbônico



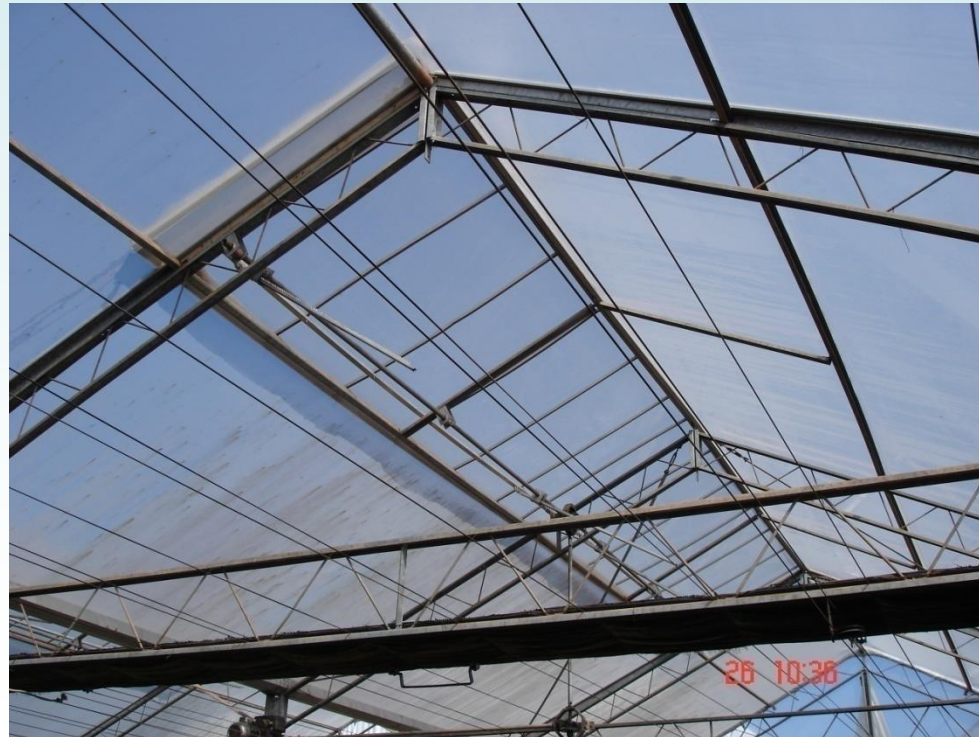
# Temperatura

# Fotossíntese x temperatura



# Controle da temperatura

- Aberturas (Janelas zenitais, lanternins laterais e frontais)







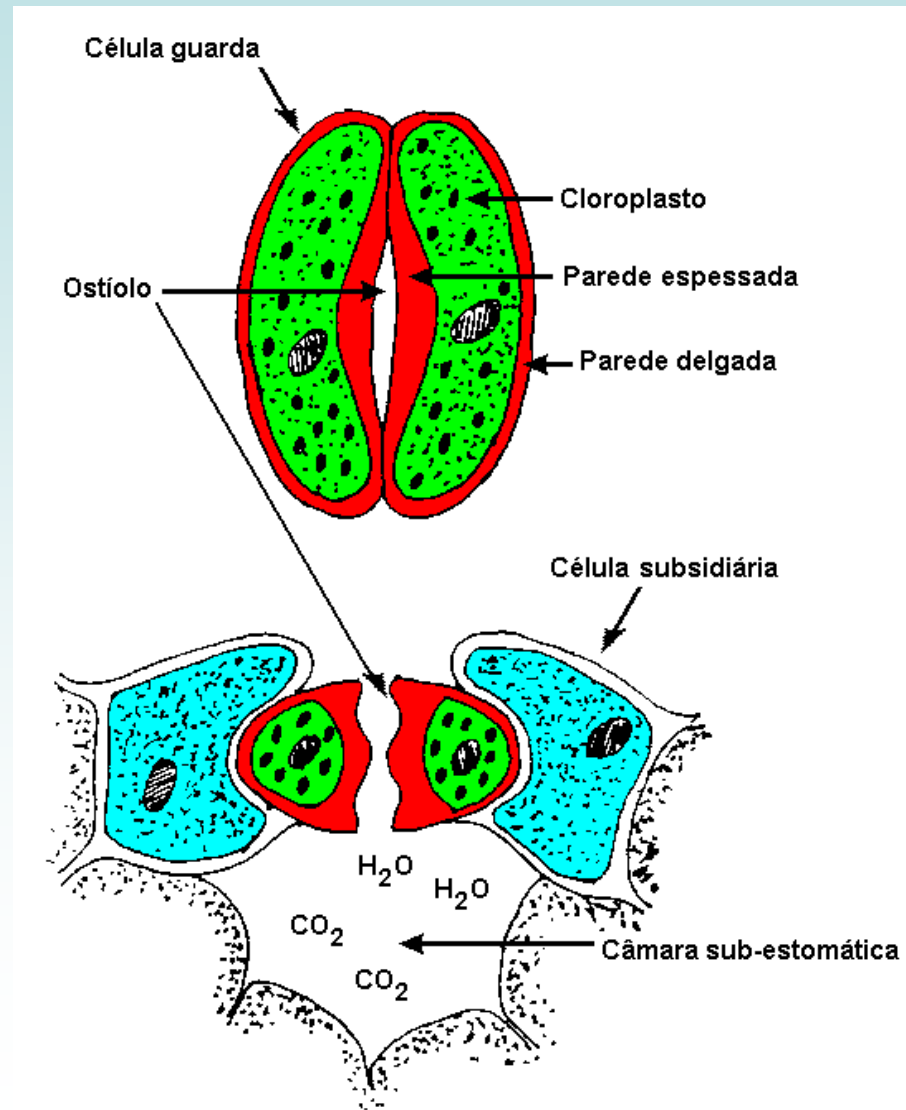




16 16:29



# Gás carbônico



## EXIGÊNCIAS CLIMÁTICAS DO PIMENTÃO

<b>Estádio de desenvolvimento</b>	<b>Temperatura em °C</b>	
Germinação	Mínima	13
Germinação	Ótima	25
Germinação	Máxima	40
Desenvolvimento ótimo	Diurna	20-25
Desenvolvimento ótimo	Noturna	16-18
Floração	Mínima	18-20
Floração	Ótima	25
Floração	Máxima	35
Desenvolvimento deficiente		15
Paralisação do desenvolvimento		10
Congelamento da planta		1

## Pimentão (*Capsicum annuum*)





Estufa de 3 m de altura, com telhado plano; laterais e telhado cobertos com plástico comum; abertura das laterais durante o dia.





# Exigências climáticas da alface

- Temperaturas diurnas: 20 a 24°C
- Temperaturas noturnas: 10-15 °C

# Alface

Produção em estufa de 2,30 m de altura de pé-direito, coberta com plástico anti-UV e com as laterais com tela anti-afídeos; saída de ar na cobertura. Período de produção: novembro a dezembro de 2006, Piracicaba (SP).

**Pendoamento precoce**



**T elevada**





8 15:35



# Produção em túneis cobertos com malhas



## Exigências climáticas do pepino

Fases de desenvolvimento	Temperatura ótima em °C
Germinação	25-30
Crescimento de mudas	27-30
Crescimento vegetativo	27-30 dia 18-19 noite
Floração e Frutificação	27-28 dia 18-19 noite
Temperatura anual (média mensal)	18-24
Temperatura anual (média mínima)	16
Temperatura anual (média máxima)	32
Temperatura média mínima	24 dia 20 noite

Produção de pepino em estufa de de 2,80 m de pé-direito coberta com filme plástico anti-UV; laterais protegidas com telas de sombreamento 50%; ausência de aberturas para ventilação.

**Distúrbio fisiológico**

**T elevada**



# FISIOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO DO TOMATEIRO

Fases do desenvolvimento	Temperatura ótima (°C)
Germinação da semente	26 a 32
Emergência	16 a 20
Crescimento das mudas	25 a 26
Desenvolvimento vegetativo	20 a 30
Formação do pólen	20 a 26
Crescimento do tubo polínico	22 a 27
Fixação do fruto	18 a 20
Amadurecimento do fruto	24 a 28



# Efeitos da temperatura

- **Temperaturas elevadas**

**Abortamento de flores**

**Redução na taxa fotossintética**

**Redução na fixação de frutos**

**Distúrbios fisiológicos (maturação irregular, rachaduras, lóculo aberto, podridão apical)**

# Distúrbios fisiológicos



# Podridão apical

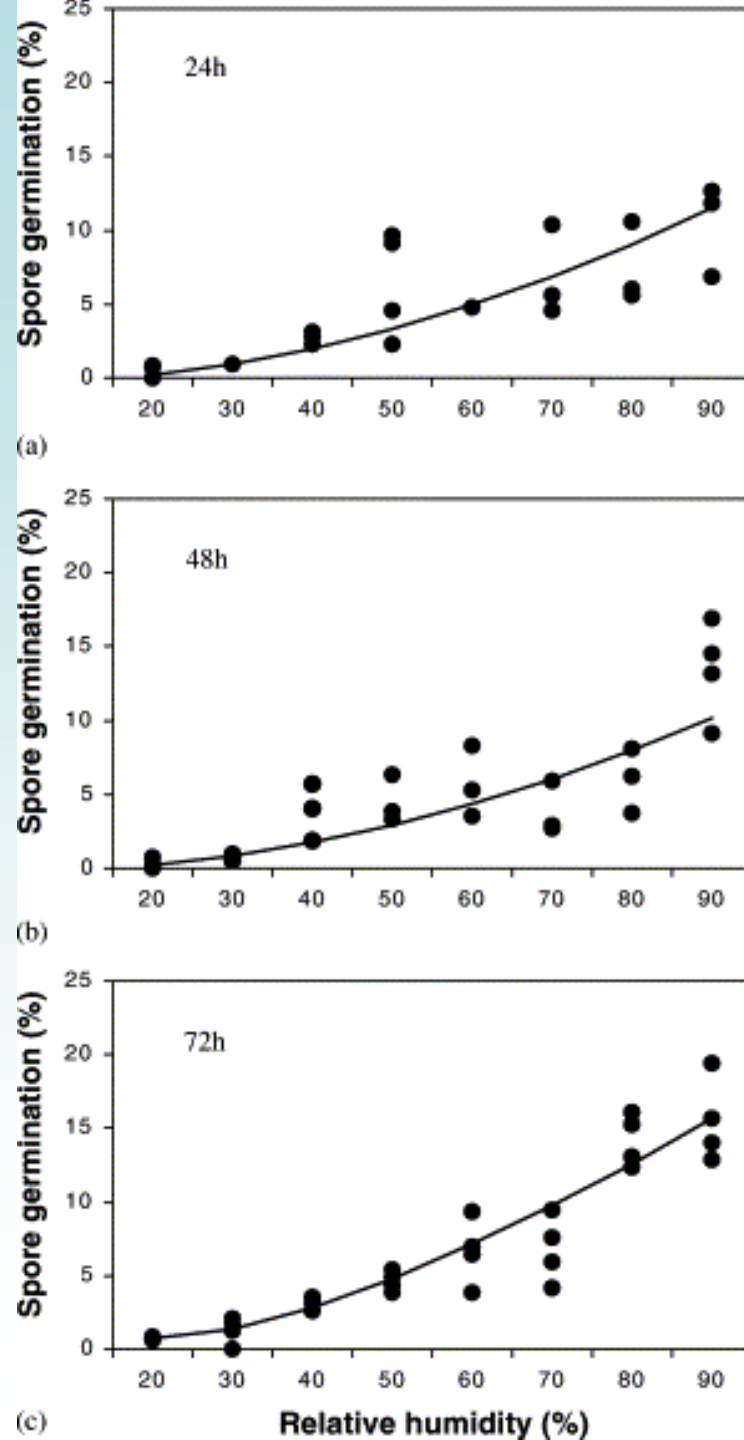


# LUMINOSIDADE

- **Baixa intensidade luminosa**
- Órgãos florais defeituosos
- Redução na produção de pigmentos
  
- **Alta intensidade luminosa**
- Queimadura de frutos
- Redução da produção de frutos coloridos

# UMIDADE RELATIVA DO AR

Efeito da umidade sobre o desenvolvimento de *Oidium lycopersici*



## Queimadura pelo sol

