



**HIDRÁULICA, IRRIGAÇÃO
E DRENAGEM
ZEB1037/2023**

PANORAMA DA IRRIGAÇÃO
Água disponível
Necessidade hídrica das culturas
Manejo de Irrigação

Prof. Tamara Gomes

Irrigação

Utilizada a mais de 5.000 A.C a irrigação é uma forma artificial de simular chuva às plantas, com a finalidade de garantir o crescimento e produção dos cultivos agrícolas.

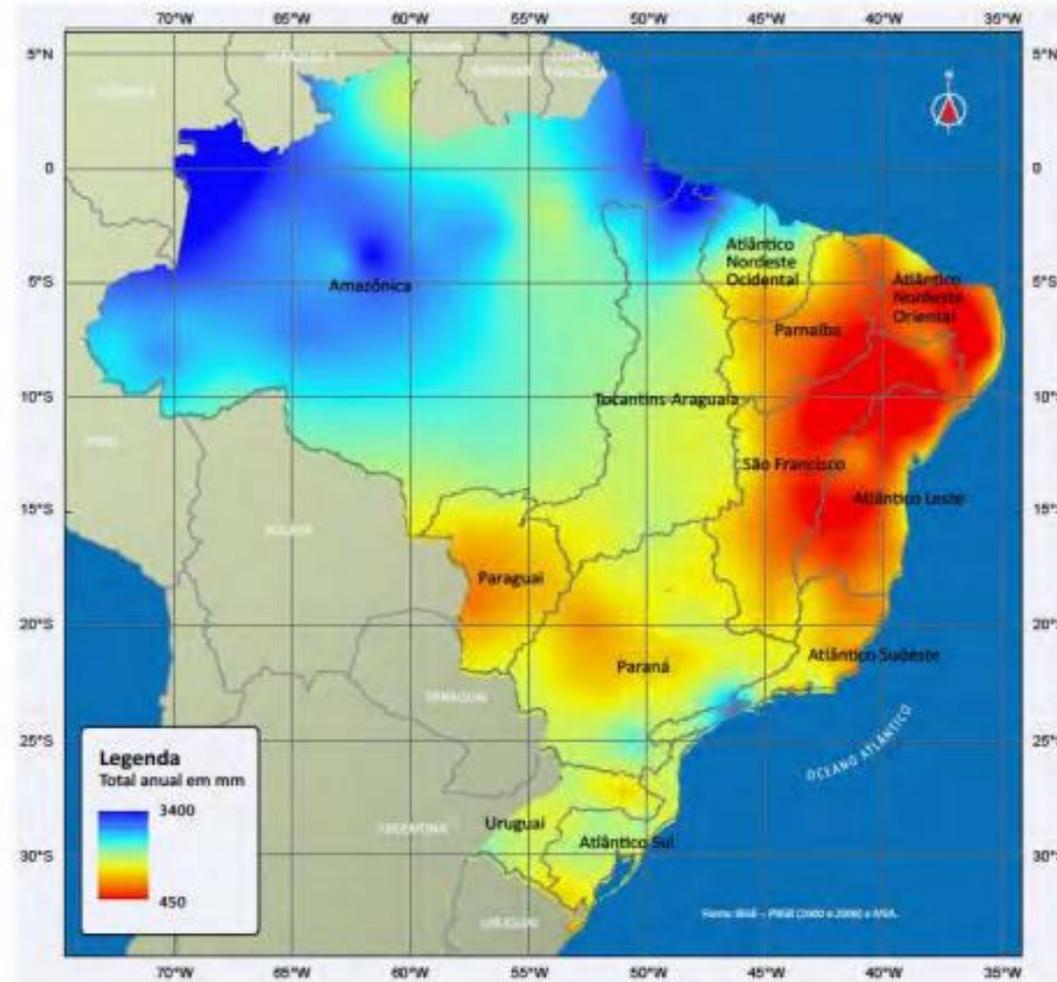


Regiões hidrográficas no Brasil



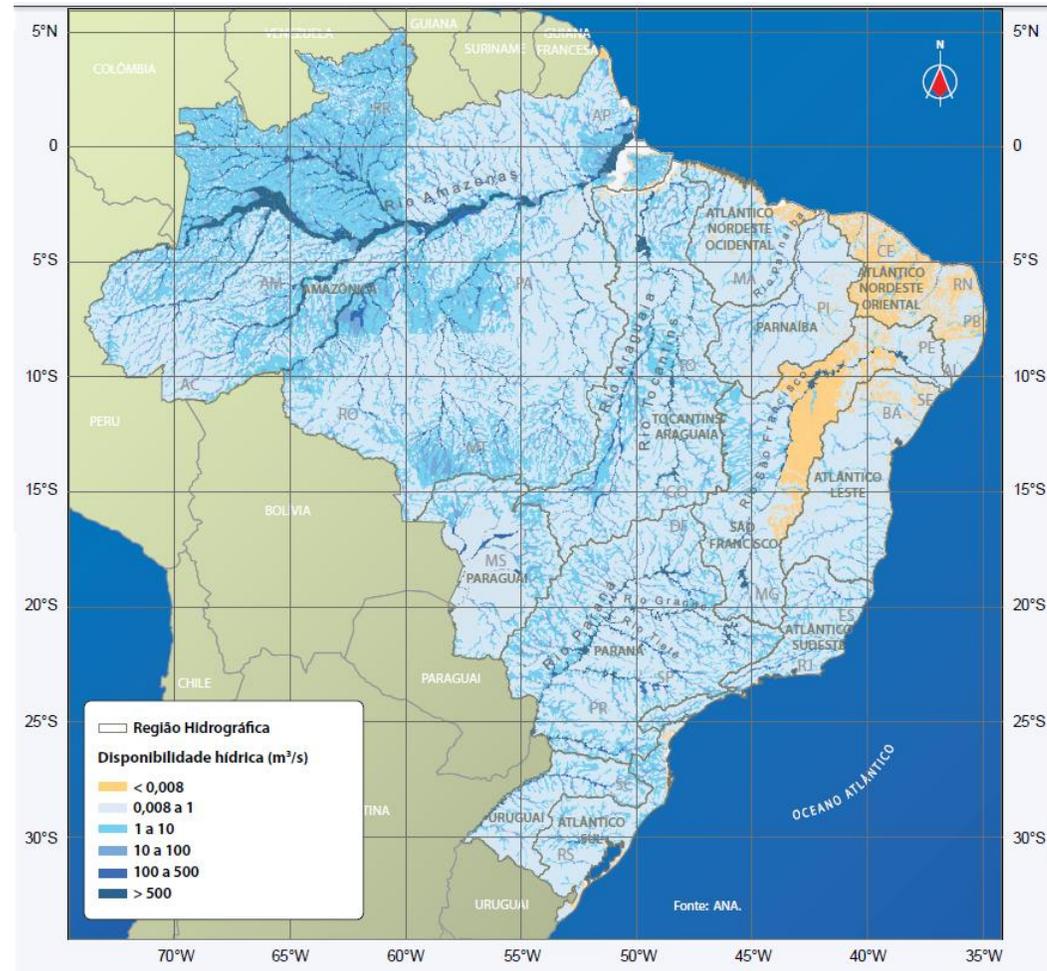
Fonte: ANA, 2016

Precipitação Anual (média 1961 a 2007)



Fonte: ANA, 2013

Disponibilidade Hídrica Superficial no Brasil



Fonte: ANA, 2012

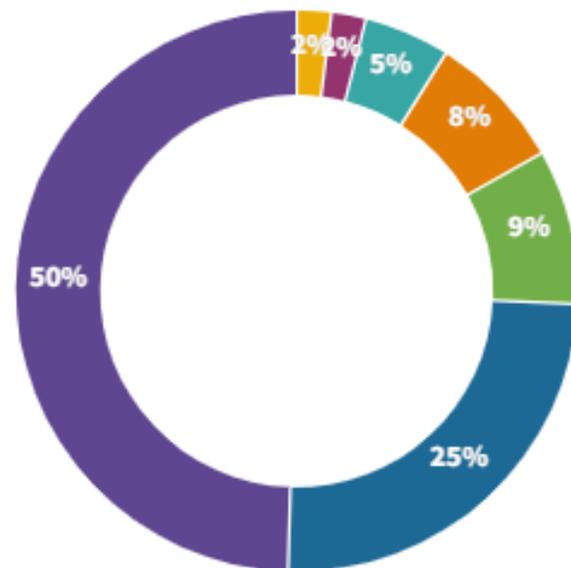
USO CONSUNTIVO DA ÁGUA

Os usos múltiplos da água podem ser classificados em duas categorias:

- **Uso consuntivo:** quando ocorre o consumo de água, ou seja, a quantidade de água retirada não retorna imediatamente, no mesmo local de onde foi retirada e na mesma quantidade;
- **Uso não consuntivo:** quando não existe consumo de água na atividade.

Usos da Água no Brasil

Retirada dos usos consuntivos setoriais



■ Abastecimento Urbano ■ Abastecimento Rural ■ Indústria ■ Mineração ■ Termelétrica ■ Animal ■ Irrigação
■ Evaporação Líquida dos Reservatórios

A retirada para irrigação aumentou de **640 para 965 m³/s** nas últimas duas décadas e representa aproximadamente 50% da retirada total pelos usos consuntivos setoriais de água em 2020 - esse setor tem grande potencial de expansão e continuará liderando o crescimento das retiradas.

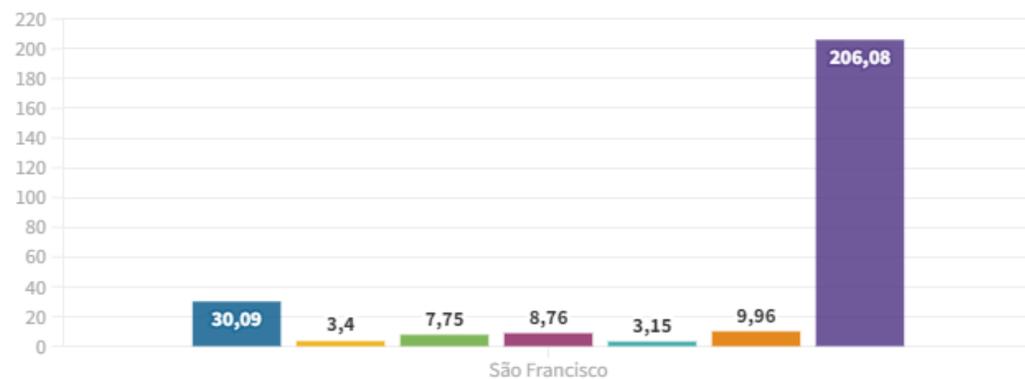
Fonte: [Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico](#) • Figura atualizada em novembro de 2021.

Fonte: ANA, 2021

Vazão retirada por BH para diferentes usos

Retirada em 2020, em m³/s

São Francisco

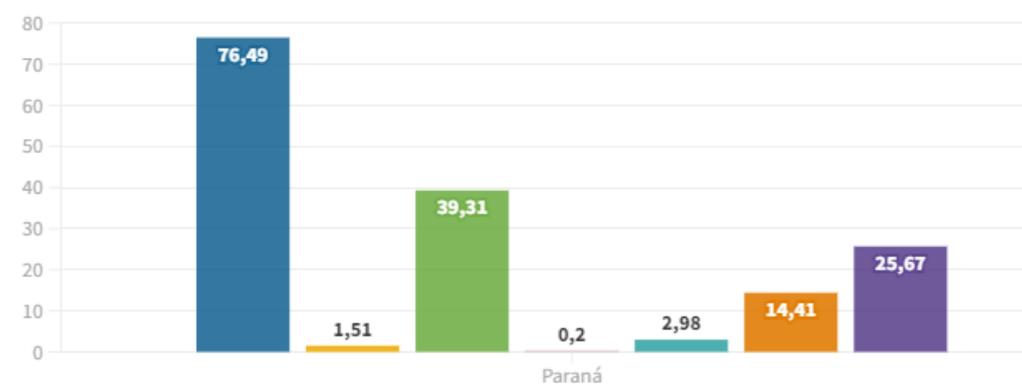


● Abastecimento Urbano ● Abastecimento Rural ● Indústria ● Mineração ● Termelétrica ● Animal ● Irrigação

Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico • Figura atualizada em novembro de 2021.

Retirada em 2020, em m³/s

Paraná



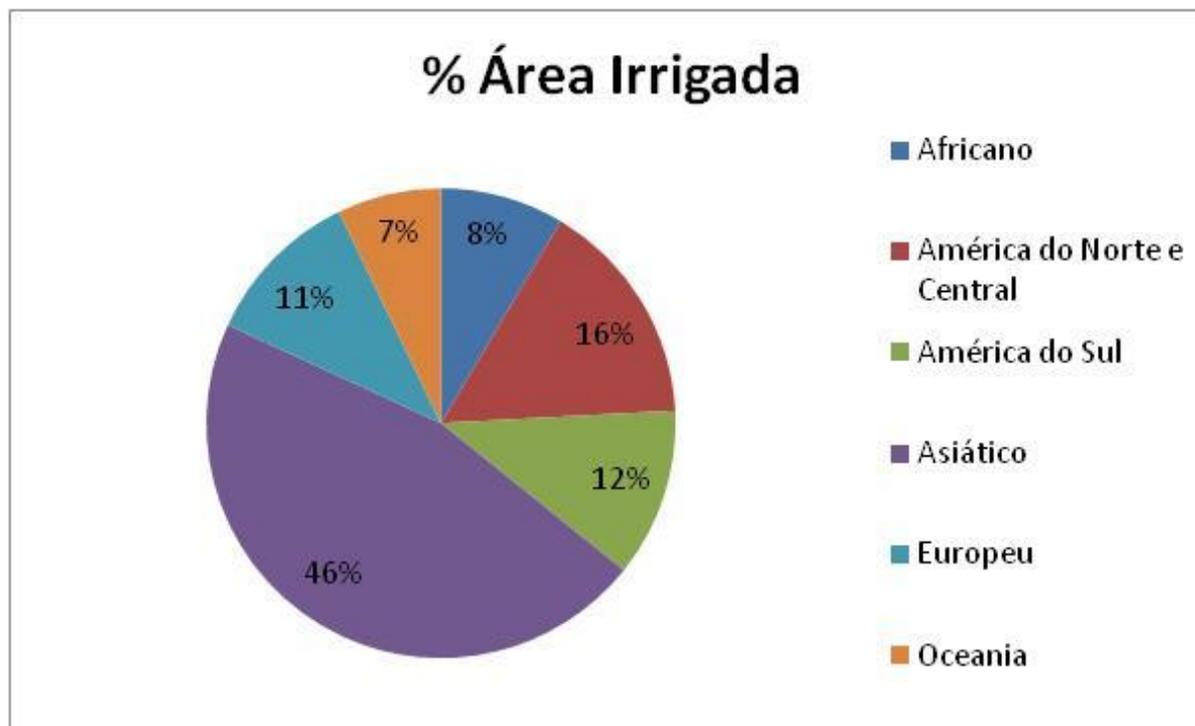
● Abastecimento Urbano ● Abastecimento Rural ● Indústria ● Mineração ● Termelétrica ● Animal ● Irrigação

Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico • Figura atualizada em novembro de 2021.

Fonte: ANA, 2021

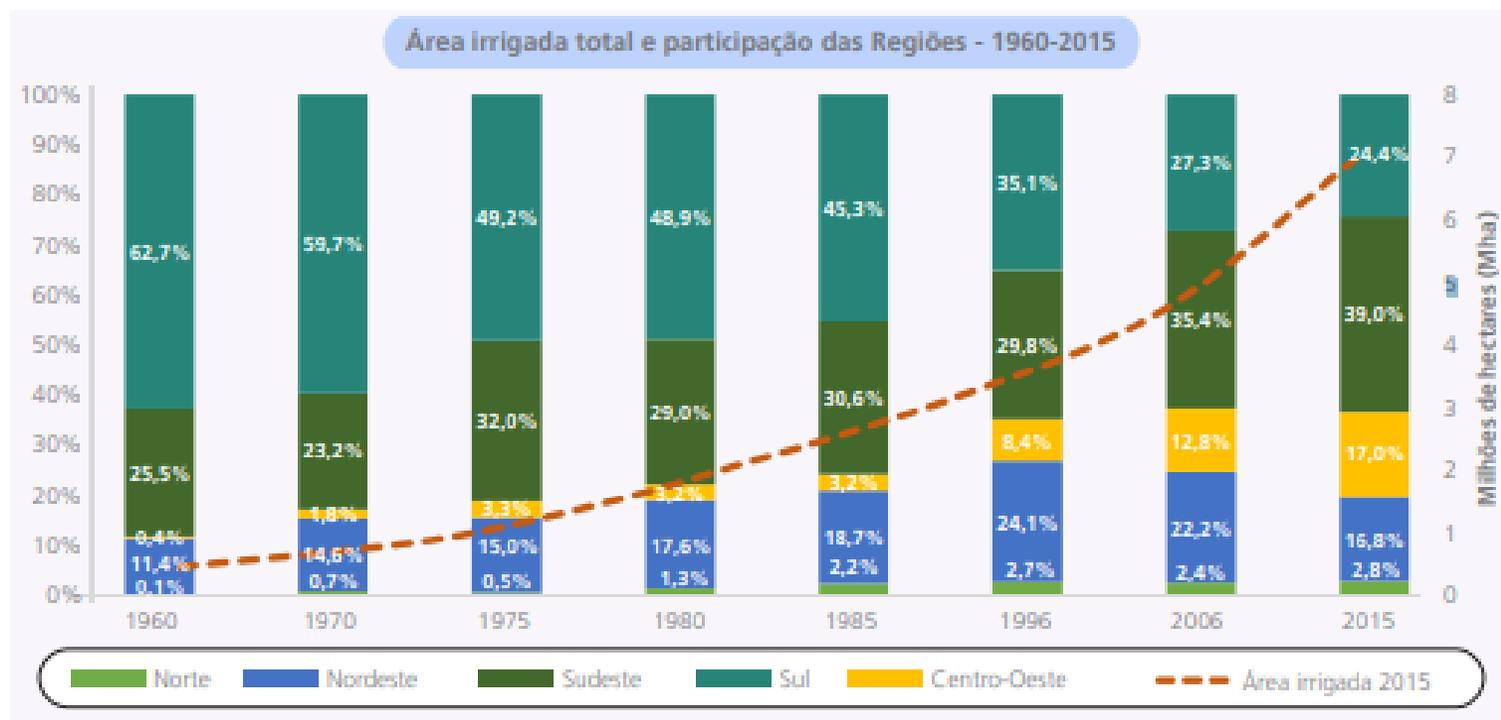
IRRIGAÇÃO NO MUNDO E NO BRASIL

Embora a agricultura irrigada esteja presente somente em cerca de 3,3 milhões de km² representando apenas **2,5% da área total**, isso representa **20% da terra cultivada** e gera cerca de **40% da produção agrícola global** (UNESCO, 2020).



Irrigação no Brasil

Segundo dados da FAO, o Brasil está entre os quatro países com maior área potencial para irrigação, embora apenas uma pequena parte seja utilizada. O grande potencial se deve tanto à extensão territorial quanto ao conjunto de fatores físico-climáticos favoráveis ao desenvolvimento da atividade.

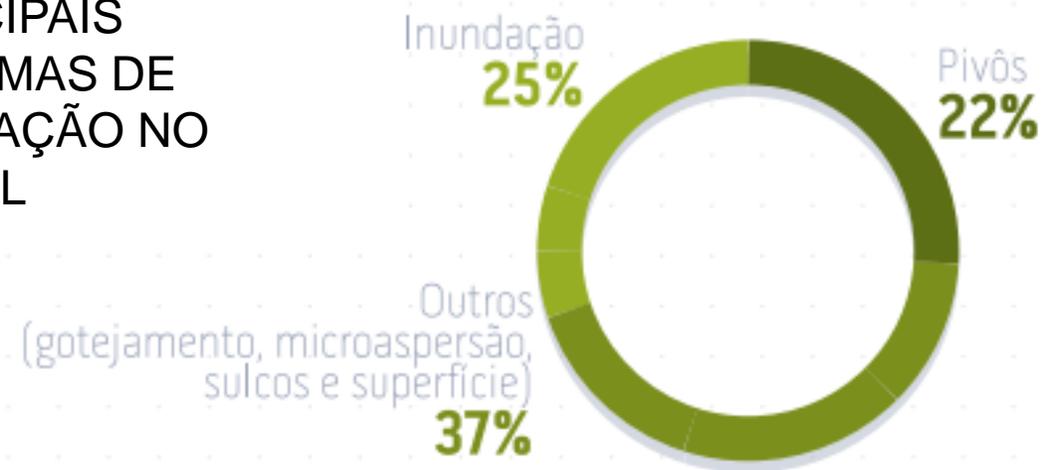


O Centro-Oeste foi a região de maior expansão nos últimos 20 anos, quadruplicando a área para 1,2 Mha (2015).

Evolução da área irrigada no Brasil

Irrigação no Brasil

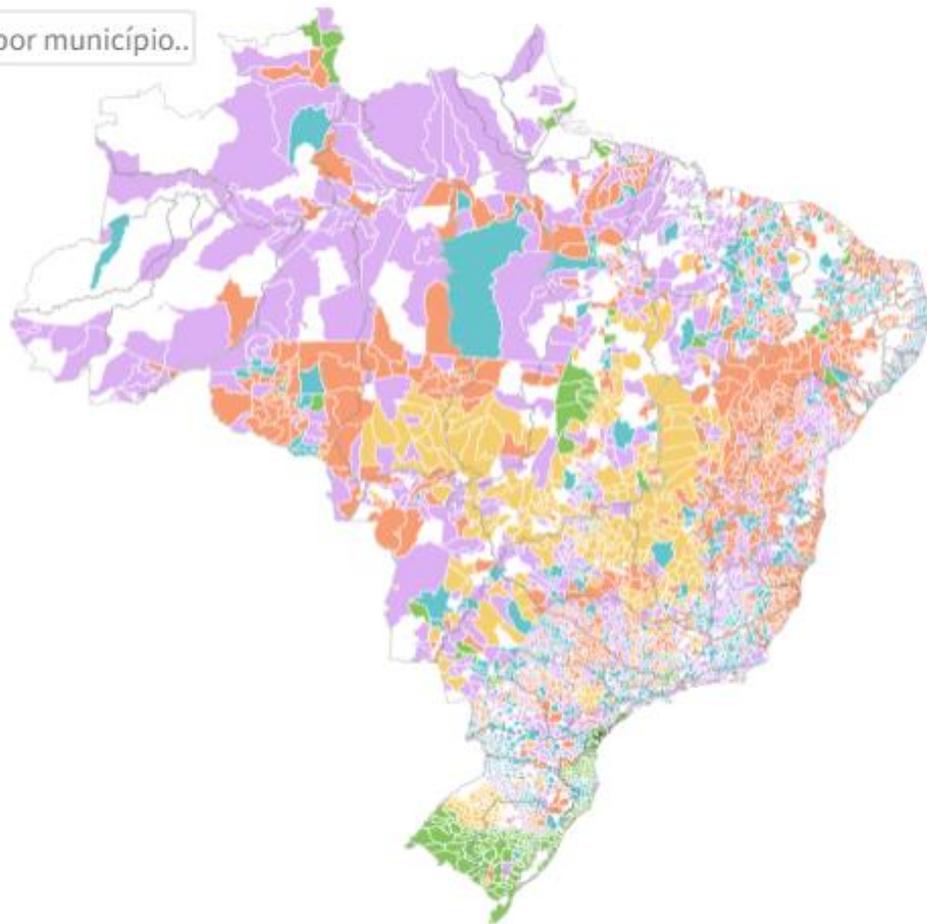
PRINCIPAIS
SISTEMAS DE
IRRIGAÇÃO NO
BRASIL



Métodos de Irrigação

Aspersão - Outros Aspersão - Pivôs Centrais Localizada Outros ou sem predominância Superficial

Busca por município..

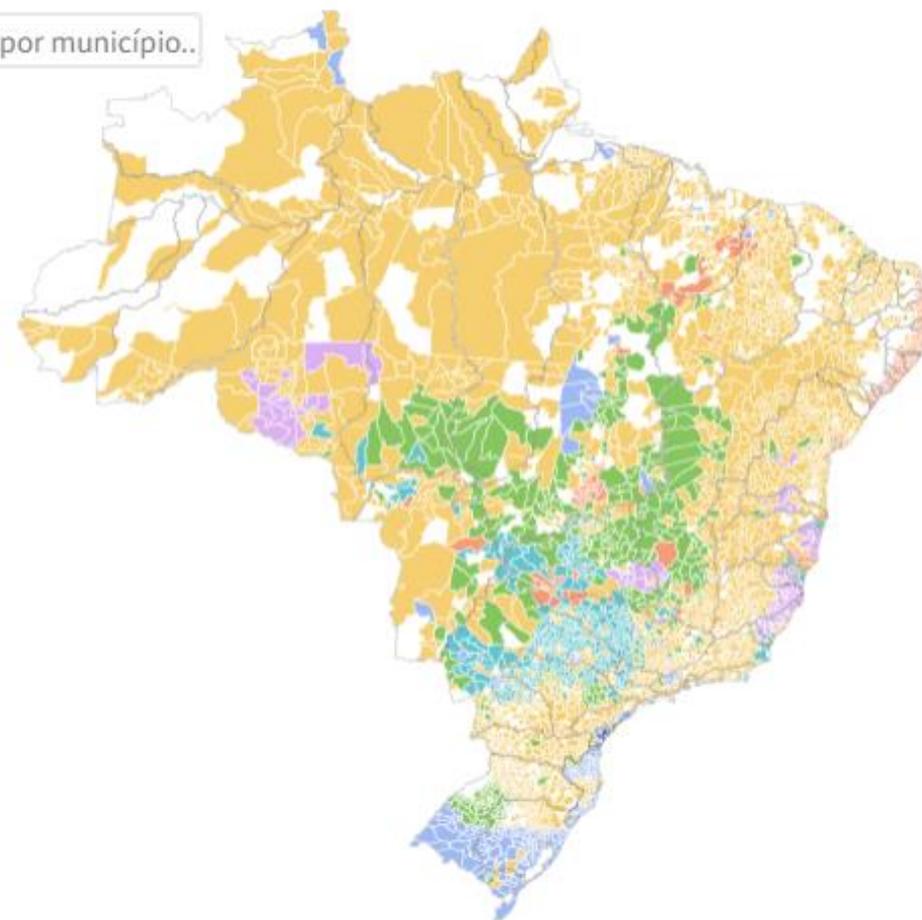


Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico • Mapa atualizado em novembro de 2021.

Culturas Irrigadas

Cana fertirrigada Outras culturas e sistemas Cana irrigada Café Pivôs centrais Arroz

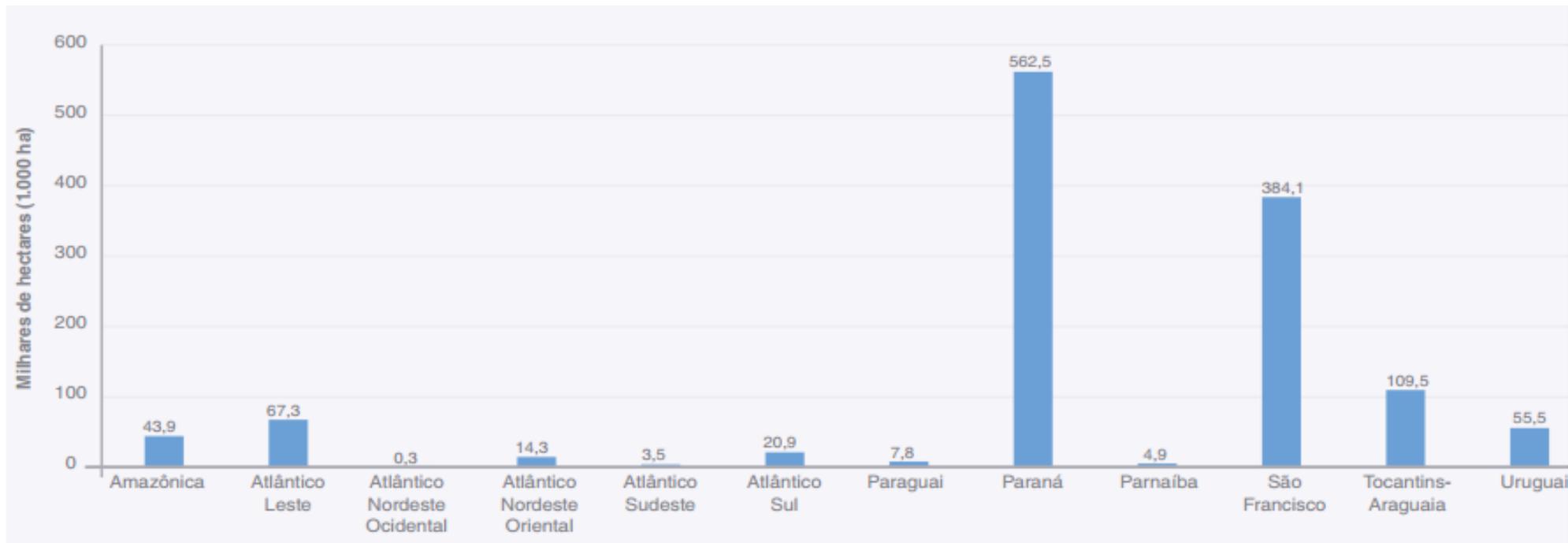
Busca por município..



Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico • Mapa atualizado em novembro de 2021.

Fonte: ANA, 2021

Principais polos de irrigação com Pivô Central



Aumento de 32% a partir de 2006

Total de 19.892 equipamentos (1,3 milhão de hectares)

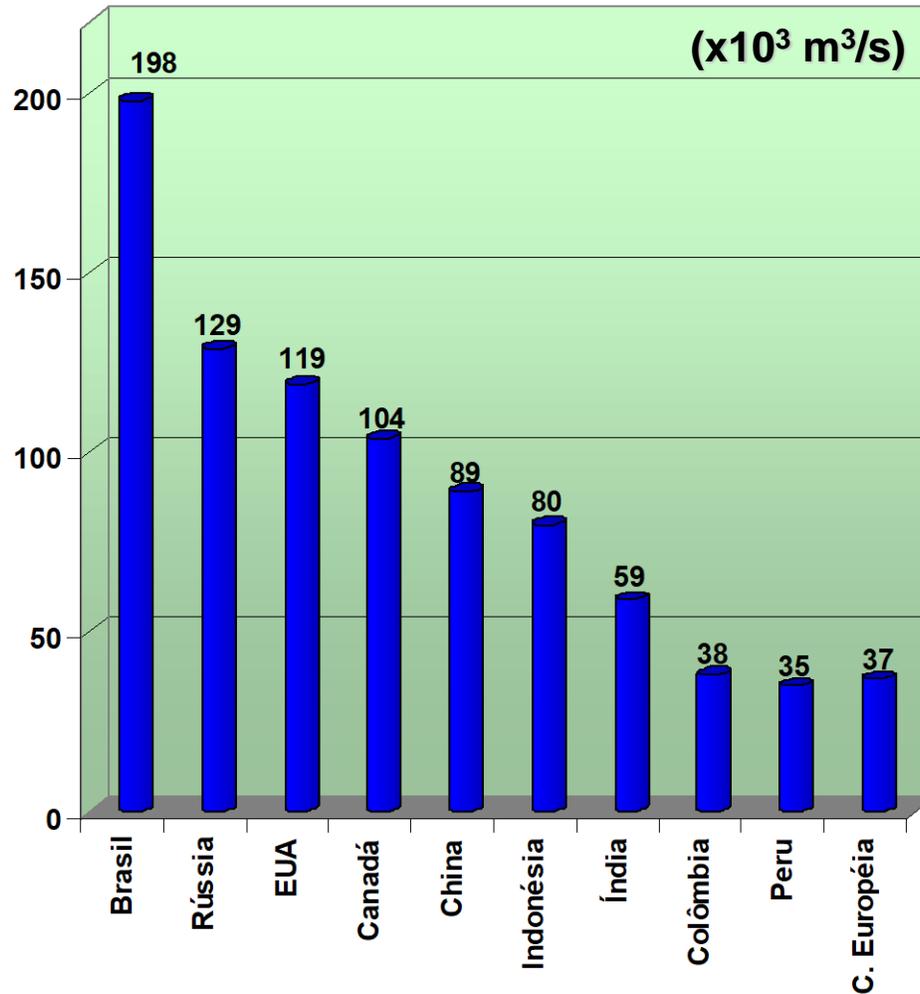
Minas Gerais, Goiás, Bahia e São Paulo concentram cerca de 80% da área ocupada por pivôs centrais.

Fonte: ANA (2016).

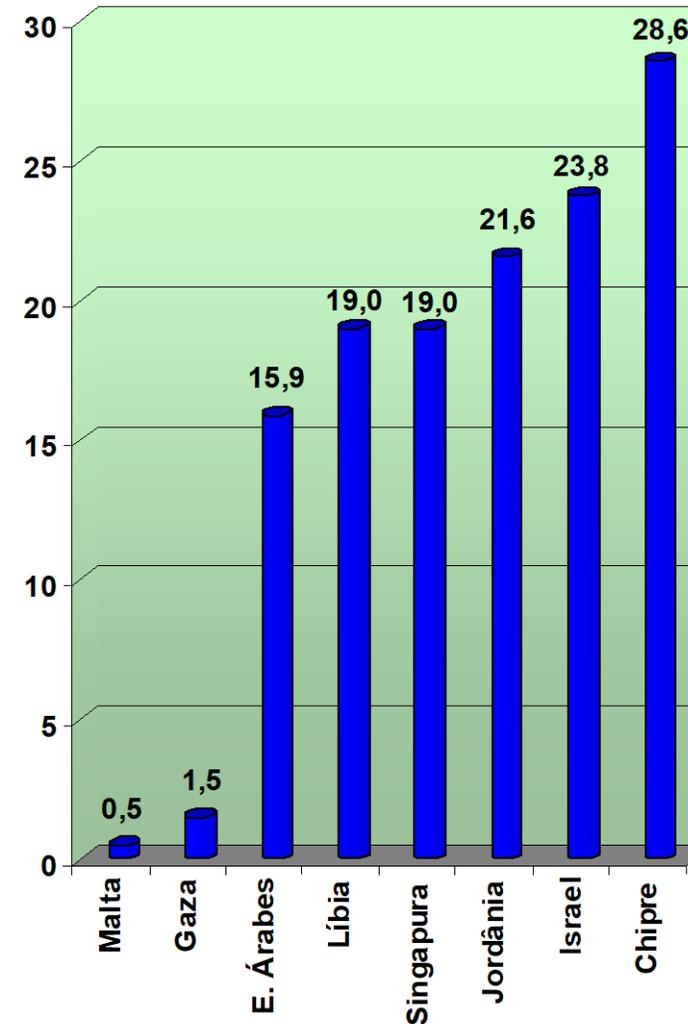
DISPONIBILIDADE DE ÁGUA

VAZÃO MÉDIA DOS RIOS DE ALGUNS PAÍSES DO MUNDO

**MAIOR
DISPONIBILIDADE**

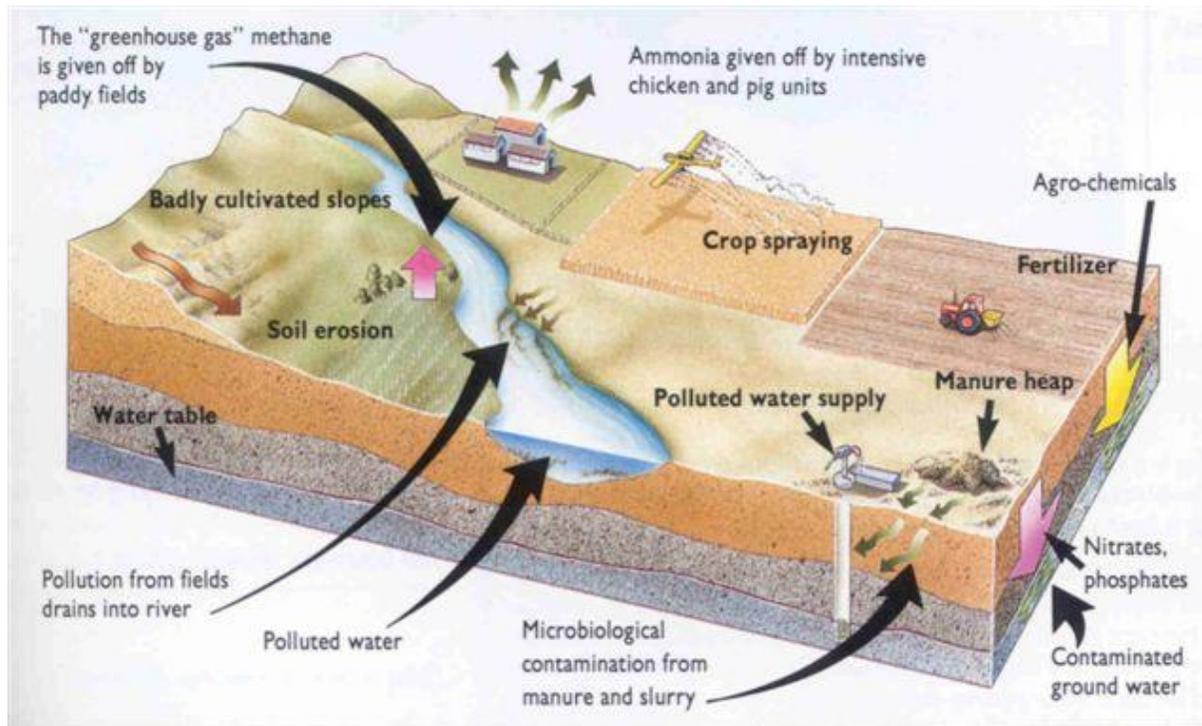


**MENOR
DISPONIBILIDADE (m³/s)**



AGRICULTURA VISTA COMO VILÃ (E A SUSTENTABILIDADE ?)

- ALTO USO CONSUNTIVO EM CULTIVOS IRRIGADOS
- ELEVADO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO



- Lixiviação de fertilizantes
- Salinização dos solos
- Lavagem de pesticidas
- Carreamento de partículas do solo (EROSÃO + ASSOREAMENTO)

SOLUÇÃO → RACIONALIZAR

Irrigação

Denomina-se irrigação o conjunto de técnicas destinadas a deslocar a água no tempo ou no espaço para modificar as possibilidades agrícolas de cada região. A irrigação visa a corrigir a distribuição natural das chuvas.

Objetivo:

- maior produtividade;
- segurança de produção;
- antecipação da safra;
- melhoria na qualidade do produto.



Retorno
Financeiro

VANTAGENS

- Incorporação de áreas improdutivas a produção agrícola;
- Garantia de produção → deficiências hídricas;
- Colheita na entressafra;
- Permite a fertirrigação;
- Geração de empregos;
- Melhor qualidade dos produtos;
- Aumento da produtividade.

LIMITAÇÕES

- Alto consumo de água;
- Alto custo de implantação;
- Falta de mão-de-obra especializada;
- Salinização de solos inadequadamente manejados;
- Impactos ambientais → Resíduos, mosquitos, alteração de ecossistemas;
- Disponibilidade hídrica;

Utilização

- **Obrigatória:**

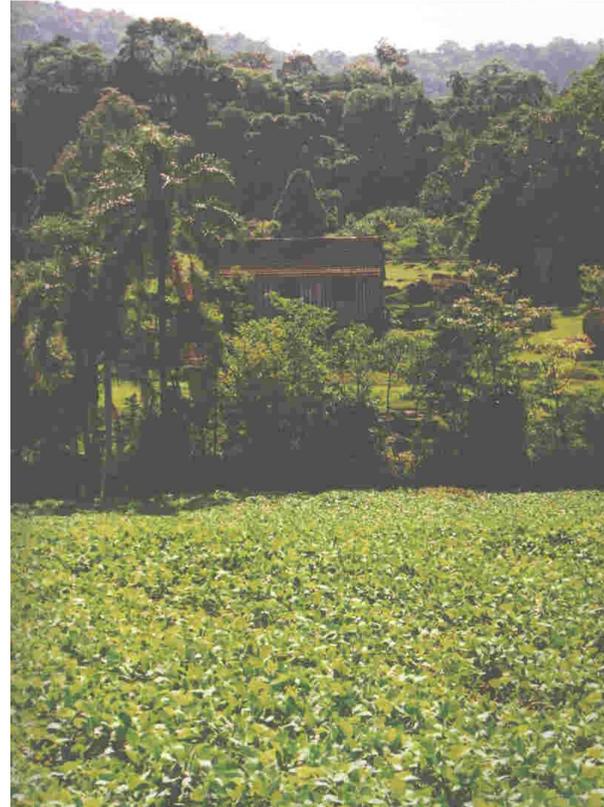
zonas áridas (< 400 mm anuais) e semi-áridas (400-500 mm anuais) e cultivos em ambientes protegidos.



Utilização

- **Suplementar:**

regiões úmidas (> 600 mm anuais) com má distribuição temporal e espacial das chuvas.



Fontes de água para irrigação



RESERVATÓRIOS



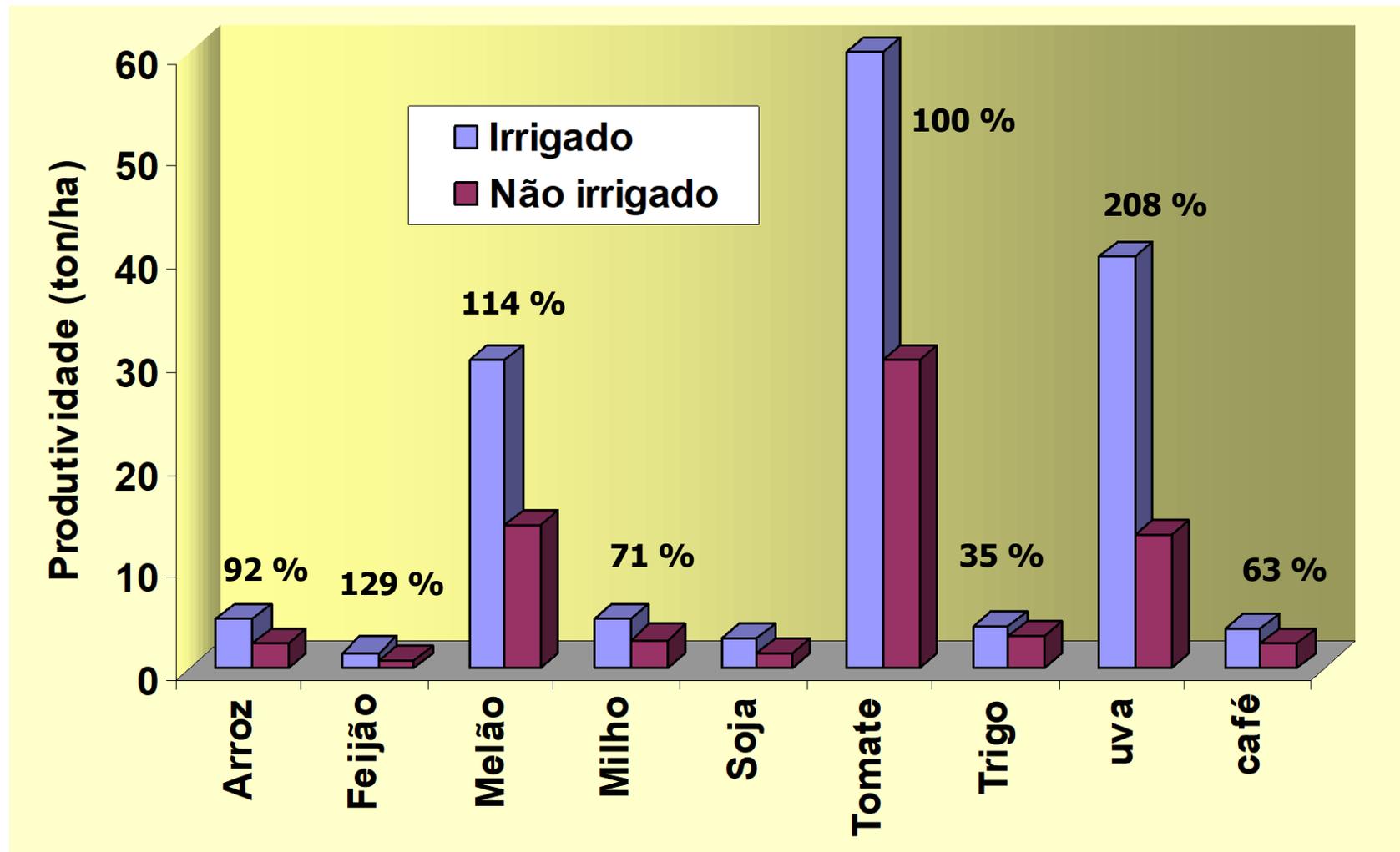
POÇOS PROFUNDOS



RIOS

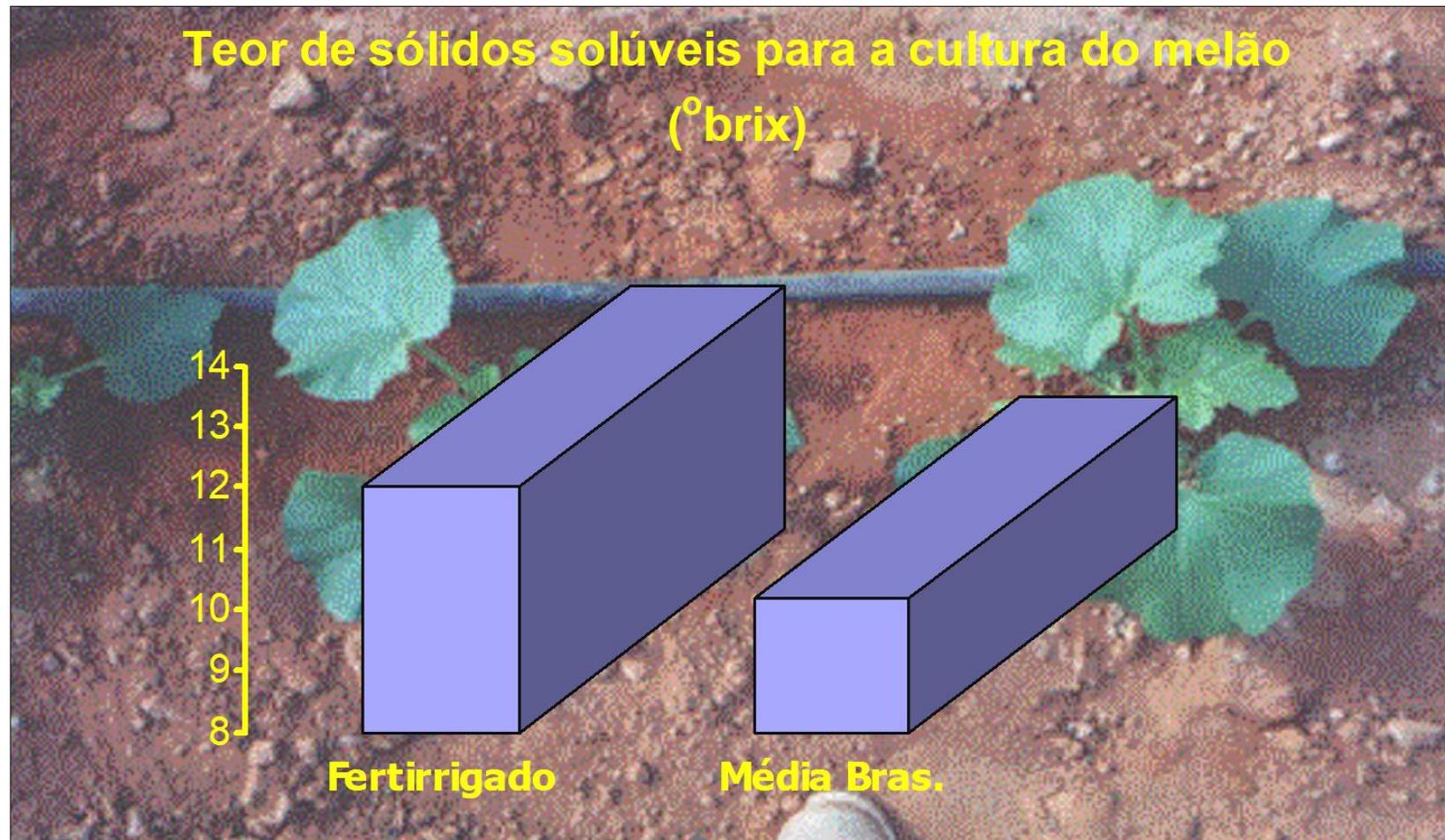
Uso da Irrigação - Impactos positivos

- Aumento de produtividade



Uso da Irrigação - Impactos positivos

- Melhoria na qualidade da produção



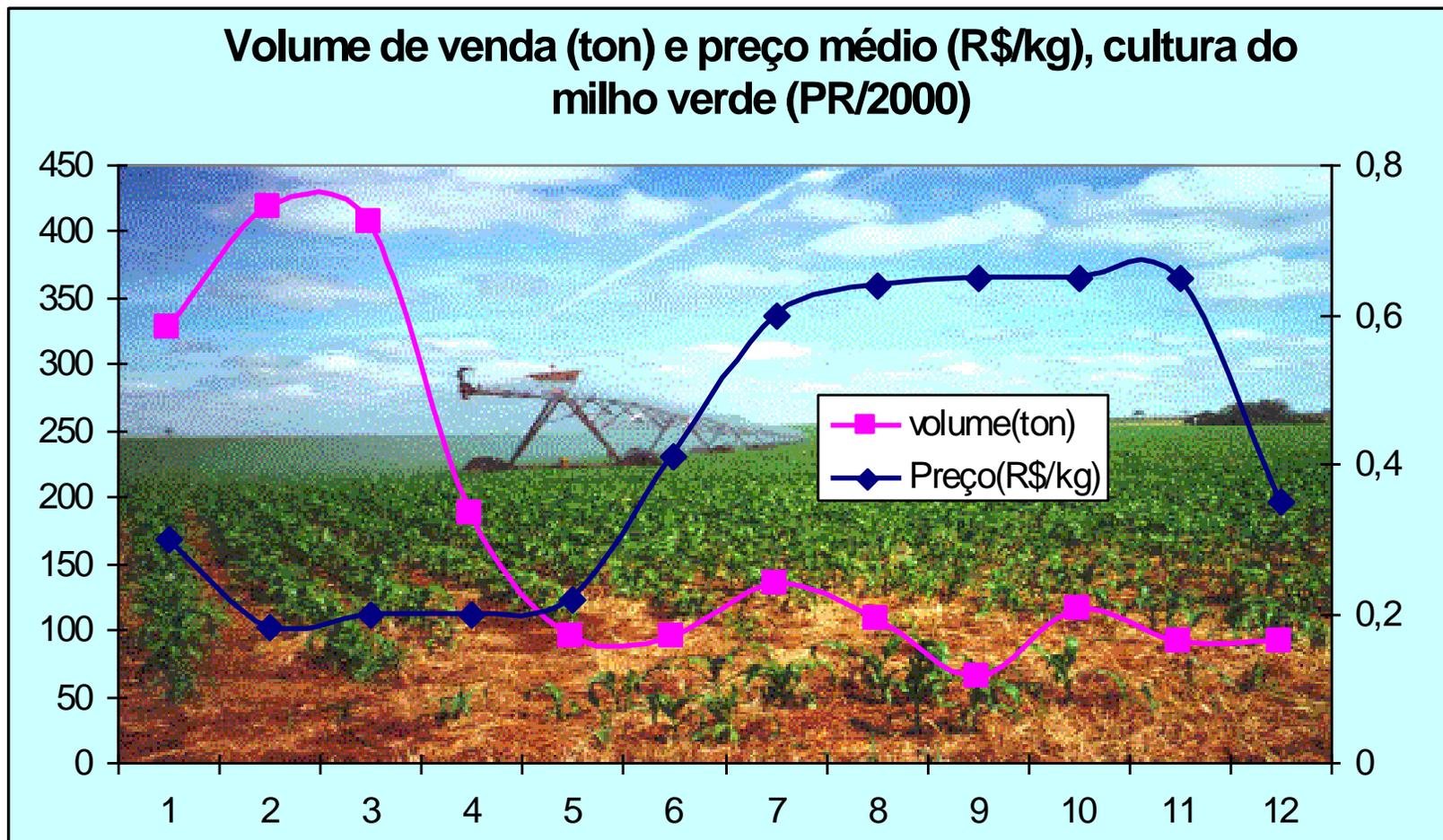
Uso da Irrigação - Impactos positivos

- Redução de Mecanização



Uso da Irrigação - Impactos positivos

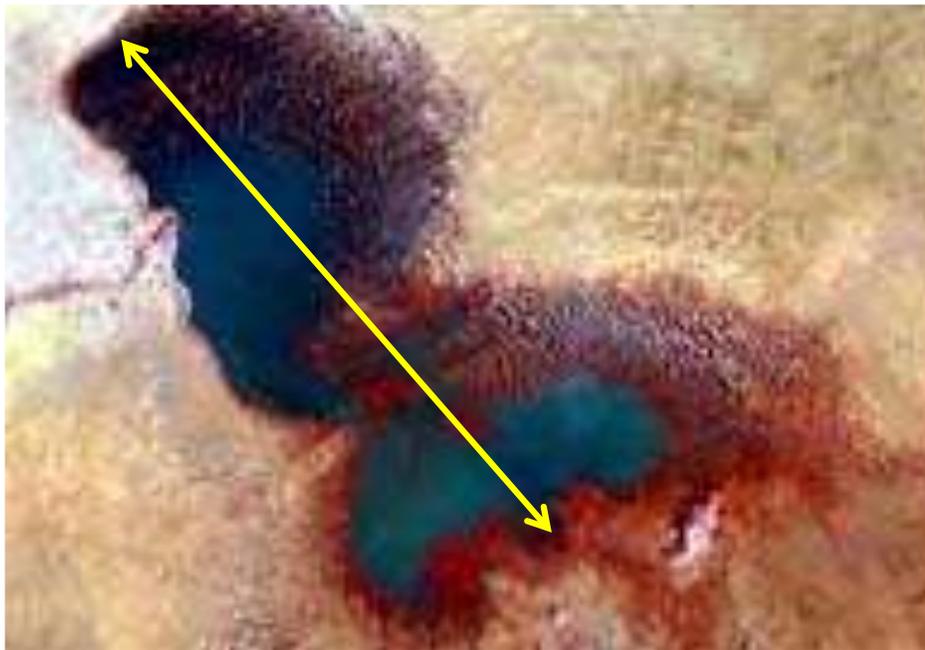
- Aumento no número de safras agrícolas e colheita na entressafra



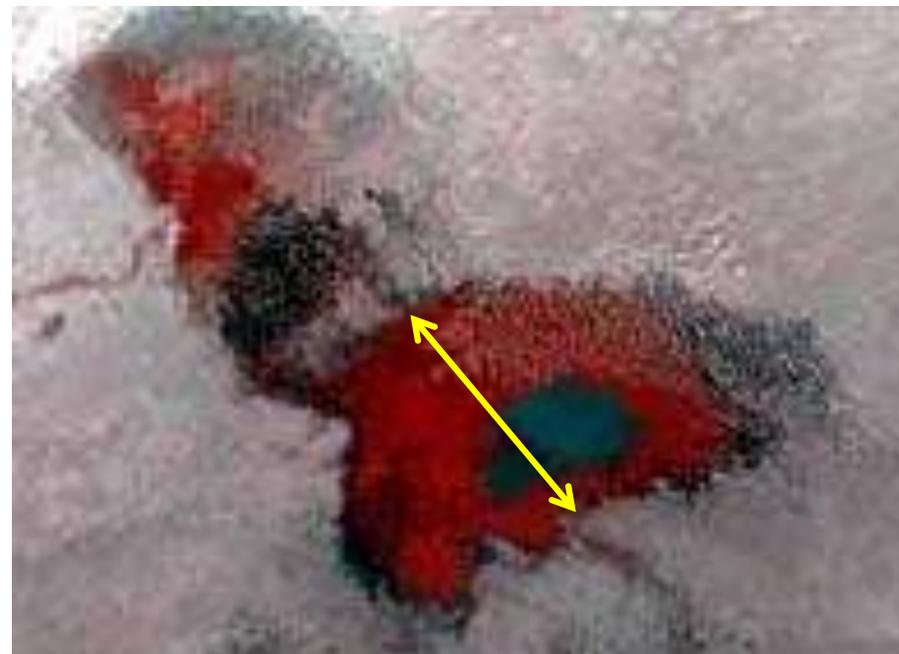
Uso da Irrigação - Impactos negativos

- **Consumo excessivo dos recursos hídricos**
 - A escassez de água em uma bacia hidrográfica pode gerar conflitos de ordem social.

- Ex: Lago Chade (África).



25.000 km² (1963)



1.350 km² (2001)

Uso da Irrigação - Impactos negativos

- **Contaminação de águas superficiais e lençol freático.**
 - Eutrofização de corpos de água.



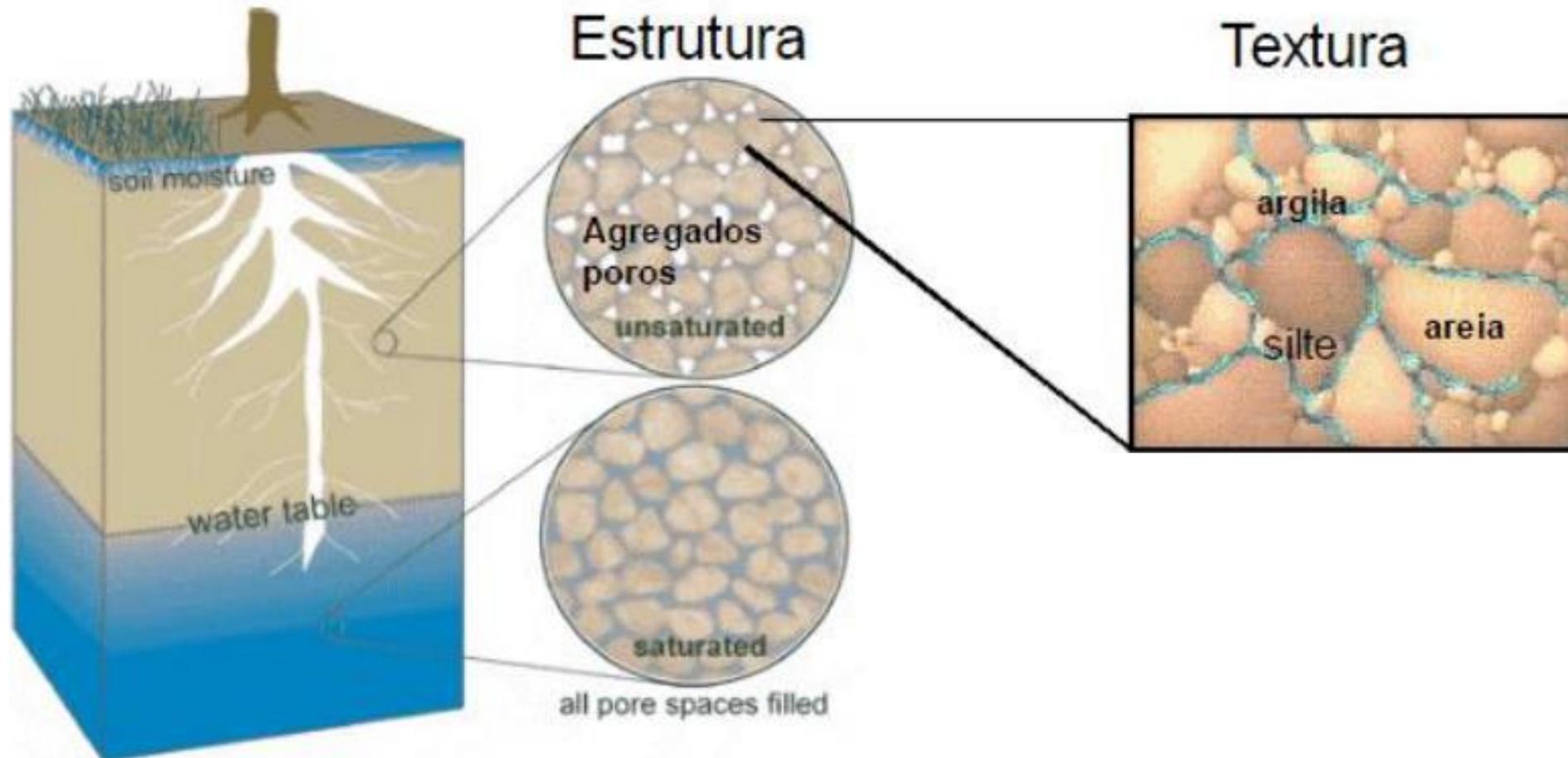
É causada por processos de erosão e decomposição que fazem aumentar o conteúdo de nutrientes, permitindo proliferações de algas, que tornam a água turva, causando deficiência de oxigênio.

Uso da Irrigação - Impactos negativos

- **Compactação e erosão dos solos**



Propriedades Físicas do Solo



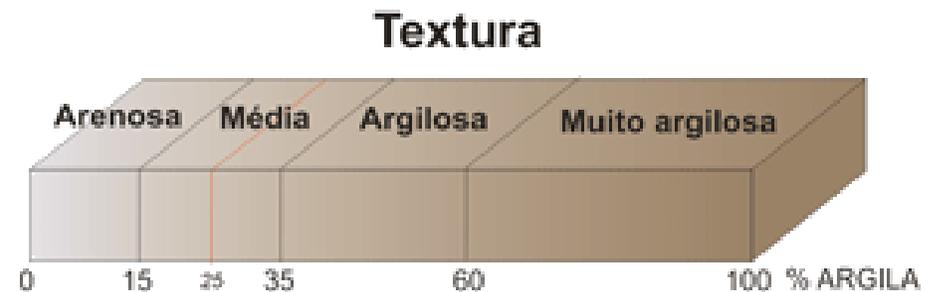
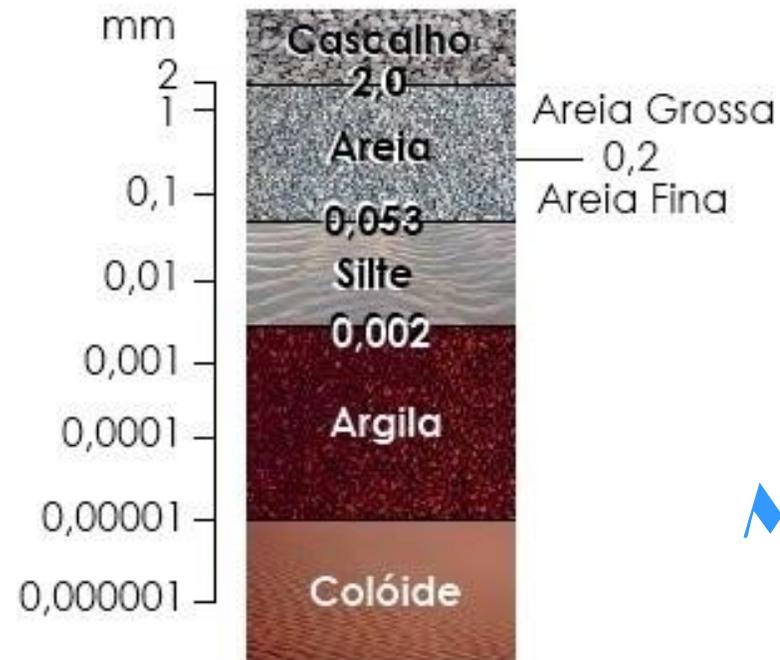
Fonte: COOPER, M.

Propriedades Físicas do Solo

Textura - Análise Granulométrica



Escala de Textura Utilizada Para o Solo



Fonte: Pedologia fácil

Maior Retenção de Água

Fonte: Solo Eco-Humin

Propriedades Físicas do Solo

Amostras Indeformadas – Densidade do Solo

Solo desestruturado



Solo com estrutura adequada



Solo compactado



Fonte: e-disciplinas

Propriedades Físicas do Solo

Relação *massa - volume* dos constituintes do solo

Densidade do solo (d_s)

$$d_s = \frac{M_s}{V_t} \quad \text{g/cm}^3$$

M_s = massa do solo seco;
 V_t = volume total

SOLOS TEXTURA:	d_s
GROSSA	1,3 – 1,8 g/cm³
FINA	1,0 – 1,4 g/cm³
ORGÂNICO	0,2 – 0,6 g/cm³

função (granulometria, estrutura, grau compactação)

Propriedades Físicas do Solo

Relação *massa - volume* dos constituintes do solo

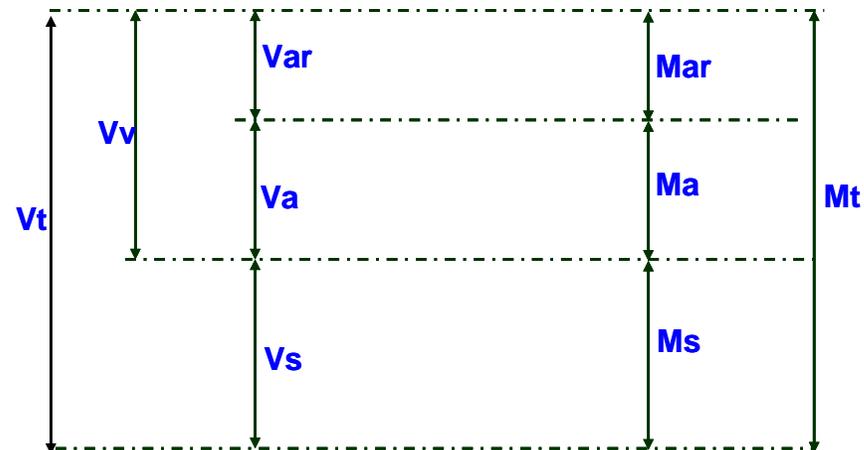
Umidade do solo com base em massa (U)

$$U = \frac{M_a}{M_s} = \frac{M_t - M_s}{M_s} = \frac{g_{H_2O}}{g_{soloseco}}$$

$$M_s = \frac{M_t}{1 + U}$$

M_s = massa do solo seco;

M_t = massa total



Propriedades Físicas do Solo

Relação *massa - volume* dos constituintes do solo

Umidade do solo com base em massa (U) - Determinação

$$U = \frac{M_t - M_s}{M_s} \times 100$$

U = UMIDADE (PESO) %
M_t = massa total (g)
M_s = massa solo seco (g)



Estufa – (105 – 110°C – 24 a 48 horas)

Propriedades Físicas do Solo

Relação *massa - volume* dos constituintes do solo

Umidade do solo com base em volume (Θ)

$$\Theta = \frac{V_a}{V_t} = \frac{cm^3_{H_2O}}{cm^3_{solo}}$$

$$da = \frac{M_a}{V_a}$$

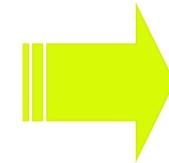
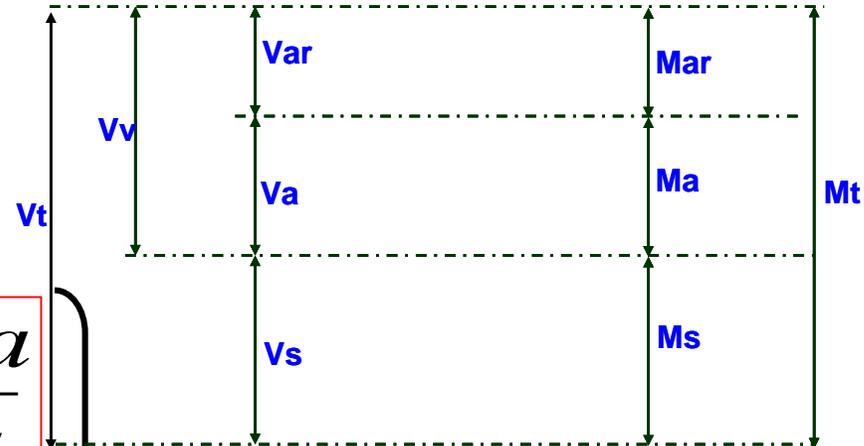


$$V_a = \frac{M_a}{da}$$

$$ds = \frac{M_s}{V_t}$$



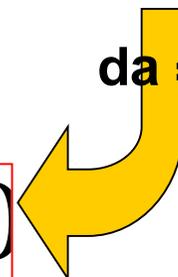
$$V_t = \frac{M_s}{ds}$$



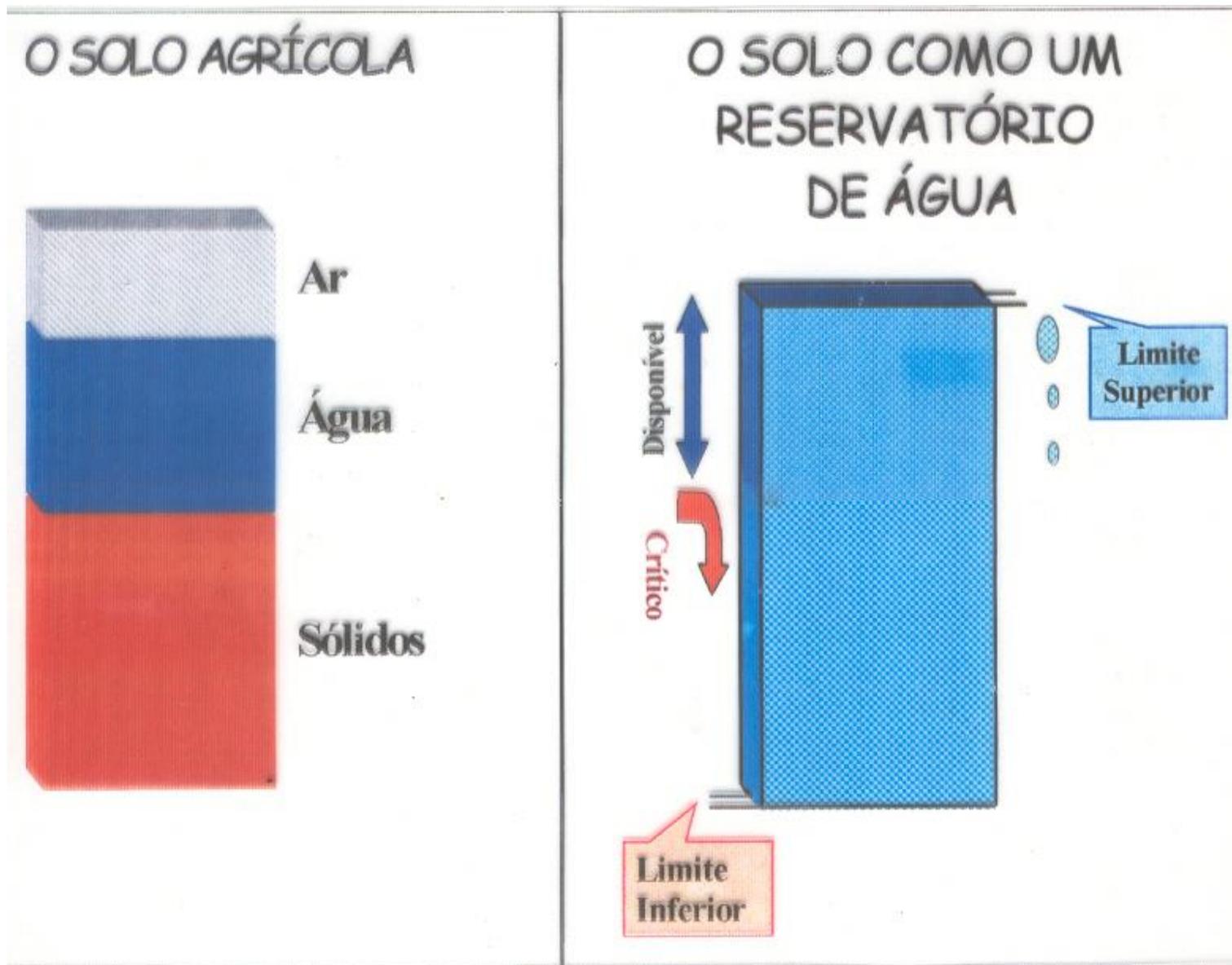
$$\Theta = \frac{M_a}{M_s} \times \frac{ds}{da}$$

$$da = 1g/cm^3$$

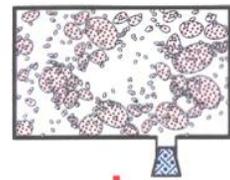
$$\Theta = (U \times ds) \times 100 \%$$



Água disponível no solo

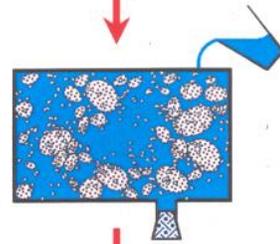


Água disponível no solo



solo seco

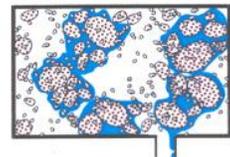
Irrigação ou Chuva (em demasia)



solo saturado

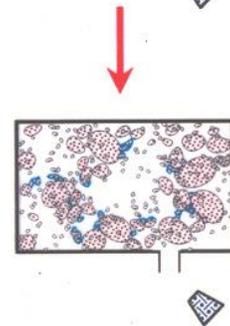
Macro e microporos cheios de água

drenagem



solo na capacidade de campo

consumo pelas plantas



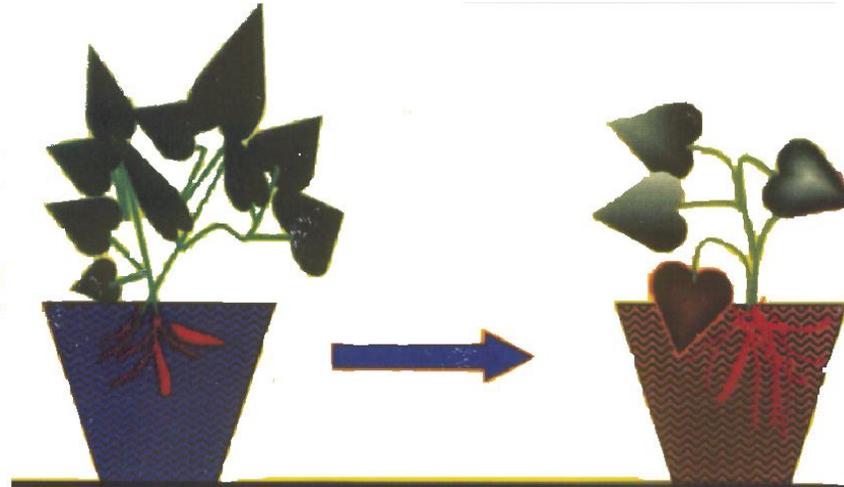
solo no ponto de murchamento permanente

retenção nos microporos

Água disponível no solo

**SOLO COM UMIDADE A
CAPACIDADE DE CAMPO – (CC)**

**SOLO COM UMIDADE NO
PONTO DE MURCHA
PERMANENTE (PMP)**

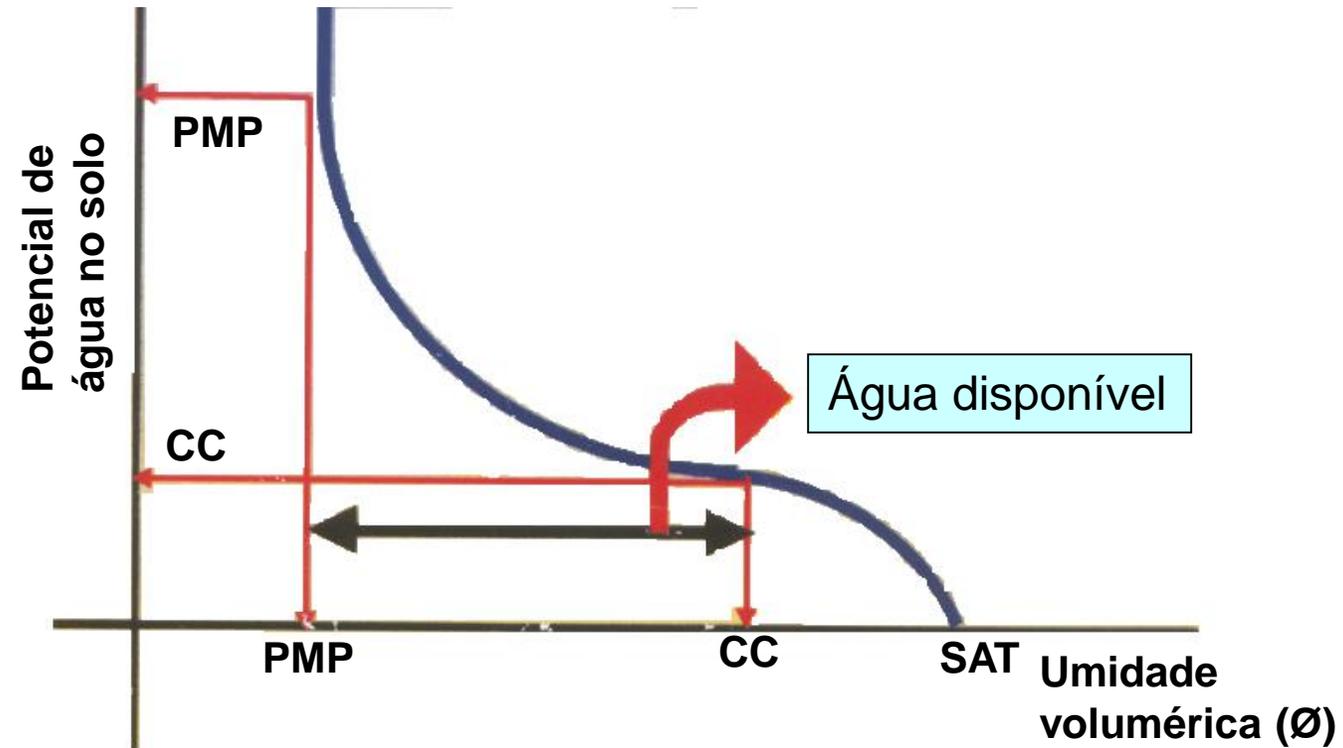


**Capacidade máxima de
Retenção**

**Solo seco
Planta não mais enturgece**

Água disponível no solo

CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

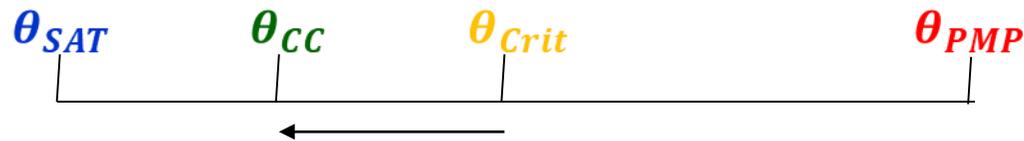


Água disponível no solo

Modelo para explicar as frações de água disponível no solo para as plantas



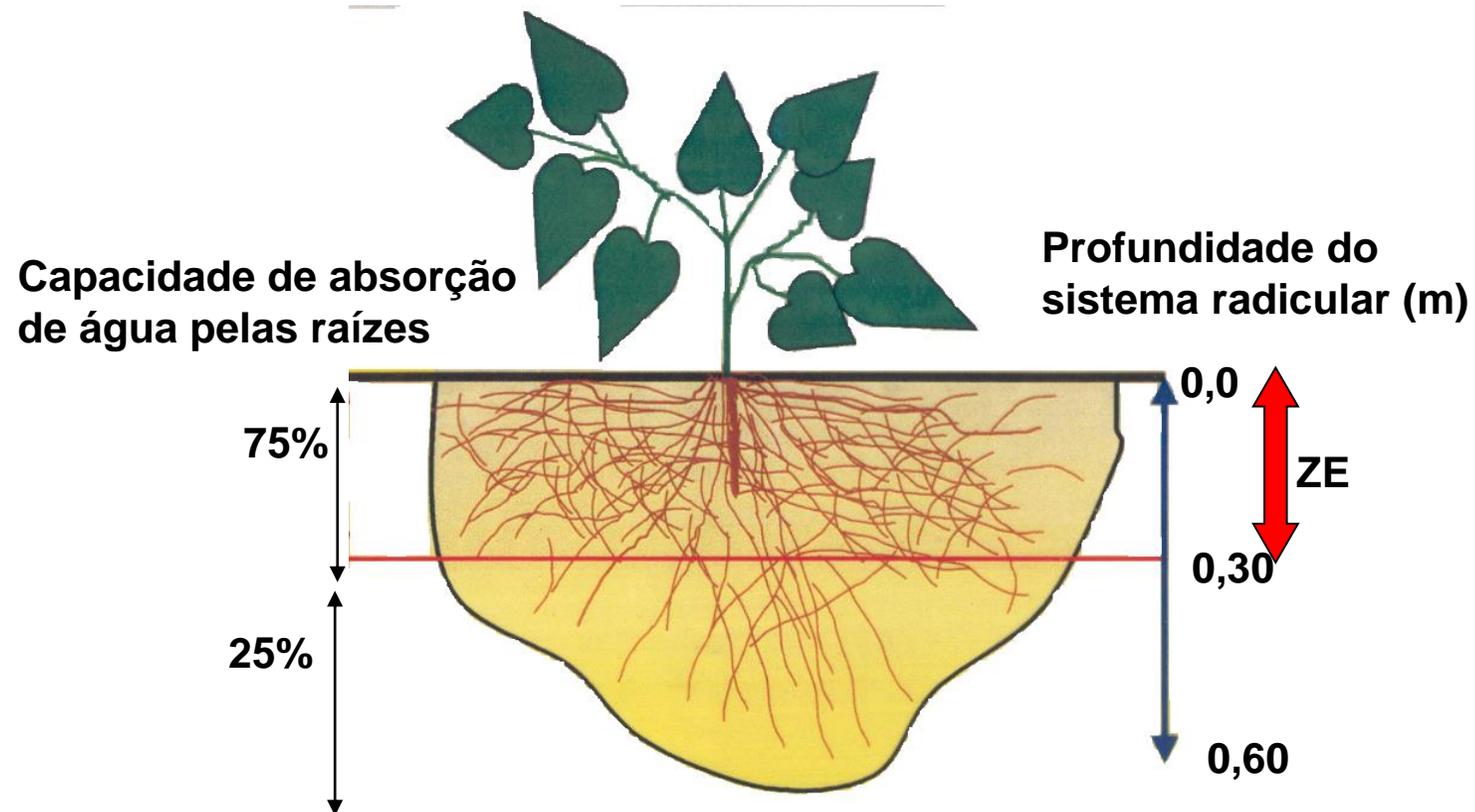
Umidade no Solo



Manejo da Irrigação

Água disponível no solo

Profundidade efetiva da Irrigação -ZE



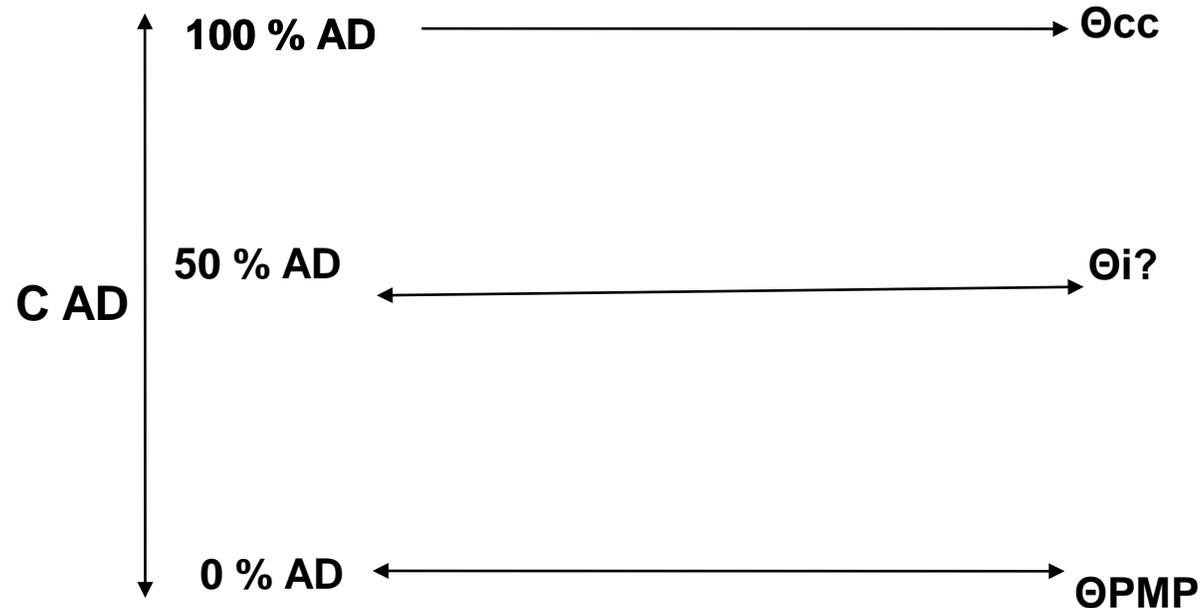
PROFUNDIDADE EFETIVA DO SISTEMA RADICULAR

CULTURA	Z (cm)	CULTURA	Z (cm)
Abacate	60 - 90	Laranja	60
Abacaxi	20 - 40	Linho	20
Abóbora	50	Maçã	60
Alcachofra	70	Mangueira	60
Alface	20 - 30	Melancia	40 - 50
Alfafa	60	Melão	30 - 50
Algodão	60	Milho	40
Alho	20 - 30	Morango	20 - 30
Amendoim	30	Nabo	55 - 80
Arroz	20	Pastagem	30
Arroz	30 - 40	Pepino	35 - 50
Aspargo	120 - 160	Pêssego	60
Aspargo	120 - 160	Pimentã	50
Aveia	40	Pimentão	30 - 70
Banana	40	Rabanete	20 - 30
Batata	25 - 60	Rami	30
Batata-doce	50 - 100	Soja	30 - 40
Berinjela	50	Tabaco	30
Beterraba	40	Tomate	40
Café	50	Trigo	30 - 40
Café	40 - 60	Vagem	40
Cana-de-açúcar	40	Videira	60
Cebola	20 - 40	Cenoura	35 - 60
Ervilha	50 - 70	Couve	25 - 50
Feijão	40	Couve - flor	25 - 50

fontes: manual irriga lp – tigre cnph/embrapa

Água disponível no solo

Disponibilidade Total de água (DTA)



$$DTA = (\theta_{CC} - \theta_{PMP}) \times Z$$

DTA- disponibilidade total de água, em mm/cm de solo;

CC – umidade na capacidade de campo, em volume, cm^3 de água/ cm^3 de solo;

PMP –umidade no ponto de murcha permanente, em volume, cm^3 de água/ cm^3 de solo;

Z = Profundidade, em mm.

Água disponível no solo

Disponibilidade Real de água (DRA)

A DRA no solo é definida como a fração da disponibilidade total de água que a cultura poderá utilizar sem afetar significativamente a sua produtividade:

$$DRA = DTA \times f$$

DRA- disponibilidade real de água, em mm/cm de solo;

DTA- disponibilidade total de água, em mm/cm de solo;

f – fator de disponibilidade de água no solo;

f- fator de disponibilidade ou fração da água do solo que representa a fração da AD que a planta consegue retirar do solo sem gastar energia extra.

O fator de disponibilidade (f) varia entre 0,2 e 0,8. Os valores menores são usados em culturas mais sensíveis ao déficit de água no solo, e os maiores, nas culturas mais resistentes.

Água disponível no solo

Fator de disponibilidade de água no solo (f): podemos dividir as culturas irrigadas em três grandes grupos.

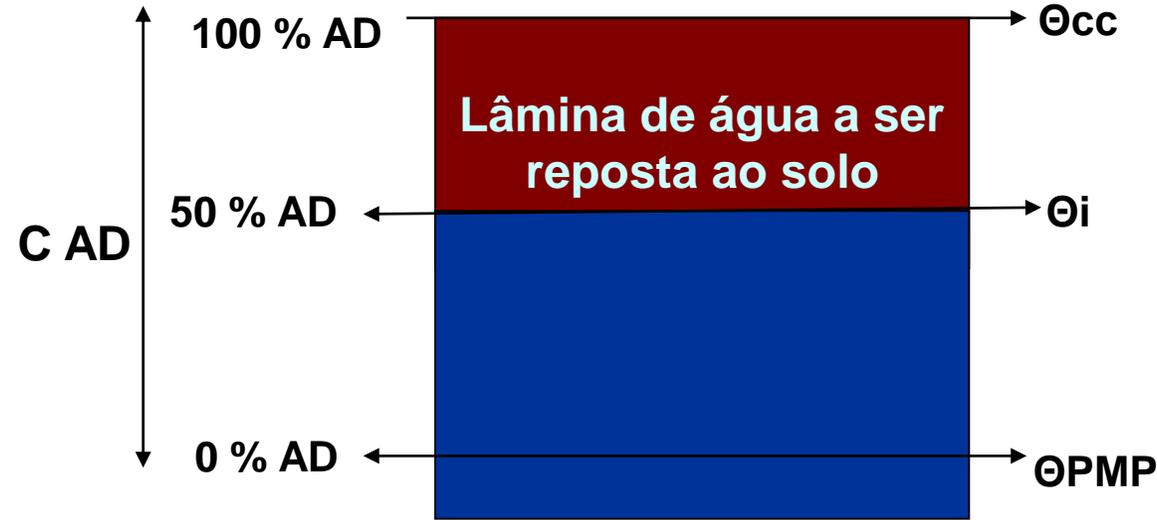
GRUPOS DE CULTURAS	VALORES DE “ f ”
Verduras e Legumes	0,2 a 0,6
Frutas e forrageiras	0,3 a 0,7
Grãos e algodão	0,4 a 0,8

Dentro do grupo o valor “f” a ser usado dependerá da maior ou menor sensibilidade da cultura ao déficit d’água no solo e da demanda evapotranspirométrica da região.

É comum o uso do valor:

- “f” = 0,4 para verduras e legumes;
- “f” = 0,5 para frutas e forrageiras e
- “f” = 0,6 para grãos e algodão..

Lâmina Líquida de água a ser resposta ao solo



$$L_i = (\theta_{CC} - \theta_{PMP}) \times z \times f$$

ou,

$$L_i = (\theta_{CC} - \theta_{Crit}) \times z$$

onde,

L_i = Lâmina de irrigação em mm
 CC – umidade na capacidade de campo, em volume, cm^3 de água/ cm^3 de solo;
 PMP – umidade no ponto de murcha permanente, em volume, cm^3 de água/ cm^3 de solo;
 Z = Profundidade em mm
 f = fração de água disponível

onde,

$Crit$ = Umidade crítica, em volume, cm^3 de água/ cm^3 de solo;

- Eficiência de aplicação média dos sistemas de irrigação.

Sistema de Irrigação	Eficiência de aplicação média (%)
Irrigação localizada	90 a 95
Pivô central	85 a 95
Aspersão convencional	80 a 90
Irrigação por sulcos	50 a 70

Irrigação Total Necessária (ITN) ou Lâmina Total (LT)

A irrigação total necessária é a quantidade total de água que se necessita aplicar por irrigação, cada vez que se irriga, isto é, é quantidade de água determinada pela lâmina líquida de água a ser repostada no solo, dividida pela eficiência de aplicação do sistema (E_a que é sempre menor que 1).

$$L_t = \frac{L_i}{E_a}$$

onde, $\left\{ \begin{array}{l} L_t = \text{Lâmina total de irrigação em mm} \\ L_i = \text{Lâmina de irrigação em mm} \\ E_a = \text{Eficiência de aplicação de água do sistema.} \end{array} \right.$

Turno de rega (Tr) ou frequência de irrigação (F)

$$F = \frac{Li}{ET}$$

onde, $\left\{ \begin{array}{l} F = \text{Frequência de irrigação em dias.} \\ Li = \text{Lâmina de irrigação em mm} \\ ET = \text{Evapotranspiração da cultura em mm/dia} \end{array} \right.$

Tempo de irrigação (Ti)

$$Ti = \frac{Lt}{IA}$$

onde, $\left\{ \begin{array}{l} Ti = \text{Tempo de irrigação em horas.} \\ Lt = \text{Lâmina total de irrigação em mm} \\ IA = \text{Intensidade de aplicação de água em mm/hora} \end{array} \right.$

Exercício

Calcular a lâmina líquida (Li) de água que deve ser reposta por irrigação ao solo, sabendo-se que: a profundidade do sistema radicular de uma cultura hipotética é de 40 cm; a densidade do solo é 1,25 g/cm³, sendo que, a umidade gravimétrica máxima que o solo pode reter é de 32% e que a umidade gravimétrica do solo encontra-se com 24%, ou seja, o valor de umidade do solo mínima para cultura não sofrer déficit hídrico.

$$Z=40 \text{ cm}$$

$$D_s=1,25 \text{ g/cm}^3$$

$$U_{cc}=32\% = 0,32 \text{ g de água/g de solo}$$

$$U_{crítica}=24\% = 0,24 \text{ g de água/g de solo}$$

$$\theta_{cc} = 0,32 \times 1,25 = 0,40 \text{ cm}^3 \text{ de água/ cm}^3 \text{ de solo}$$

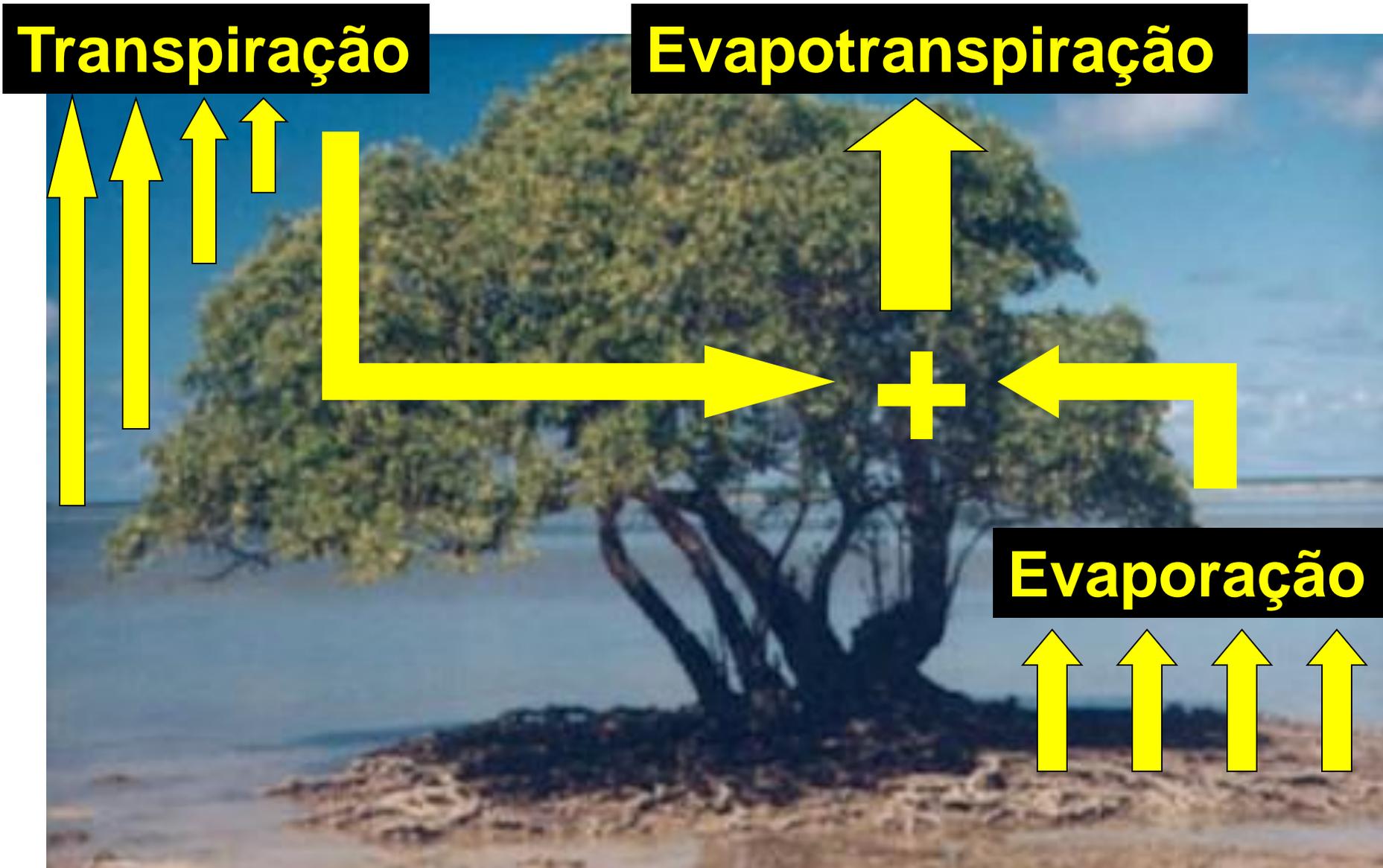
$$\theta_{crit} = 0,24 \times 1,25 = 0,30 \text{ cm}^3 \text{ de água/ cm}^3 \text{ de solo}$$

$$Li = (\theta_{cc} - \theta_{crit}) \times Z$$

$$Li = (0,40 - 0,30) \times 400$$

$$Li = 40 \text{ mm}$$

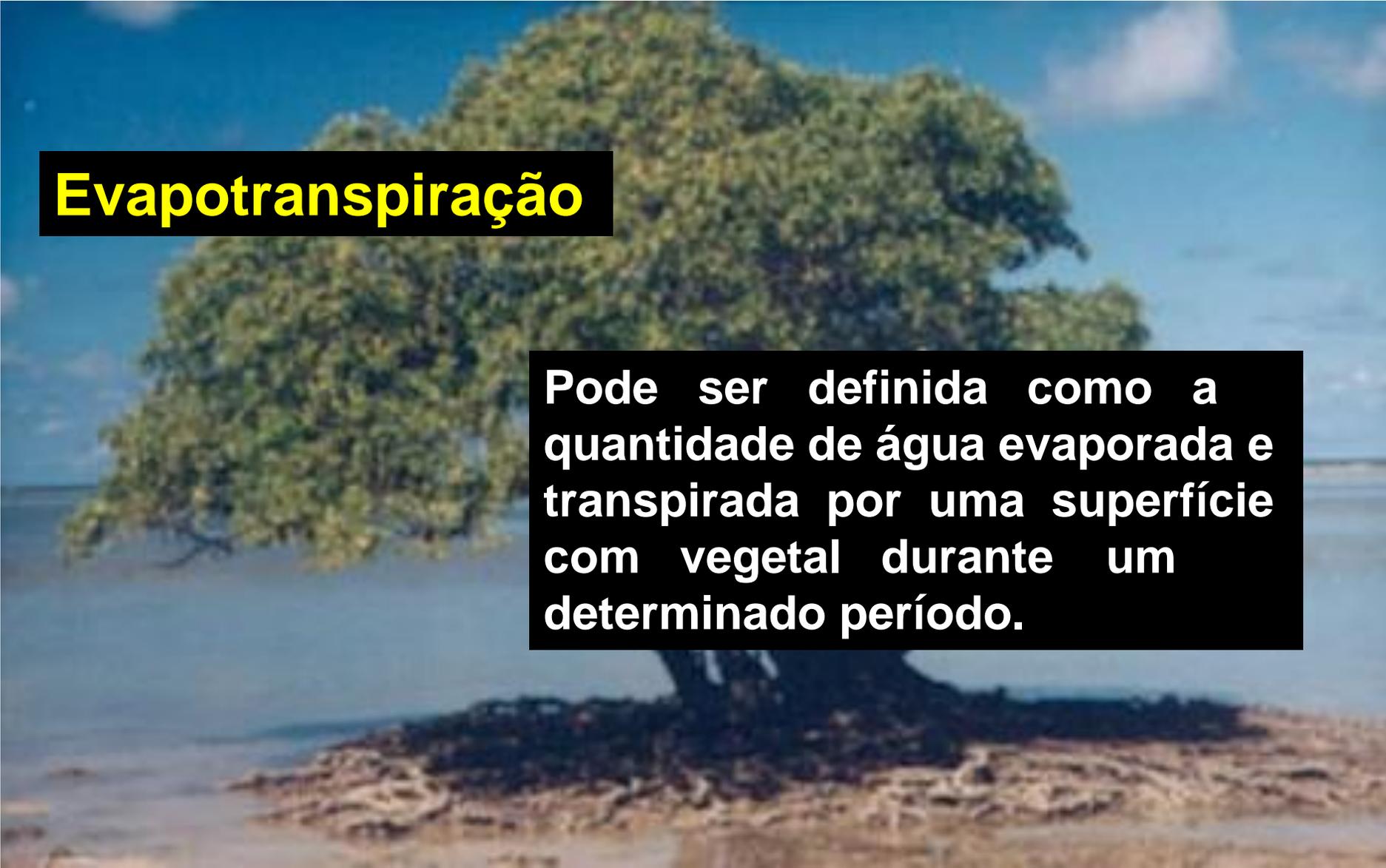
Necessidade hídrica das culturas

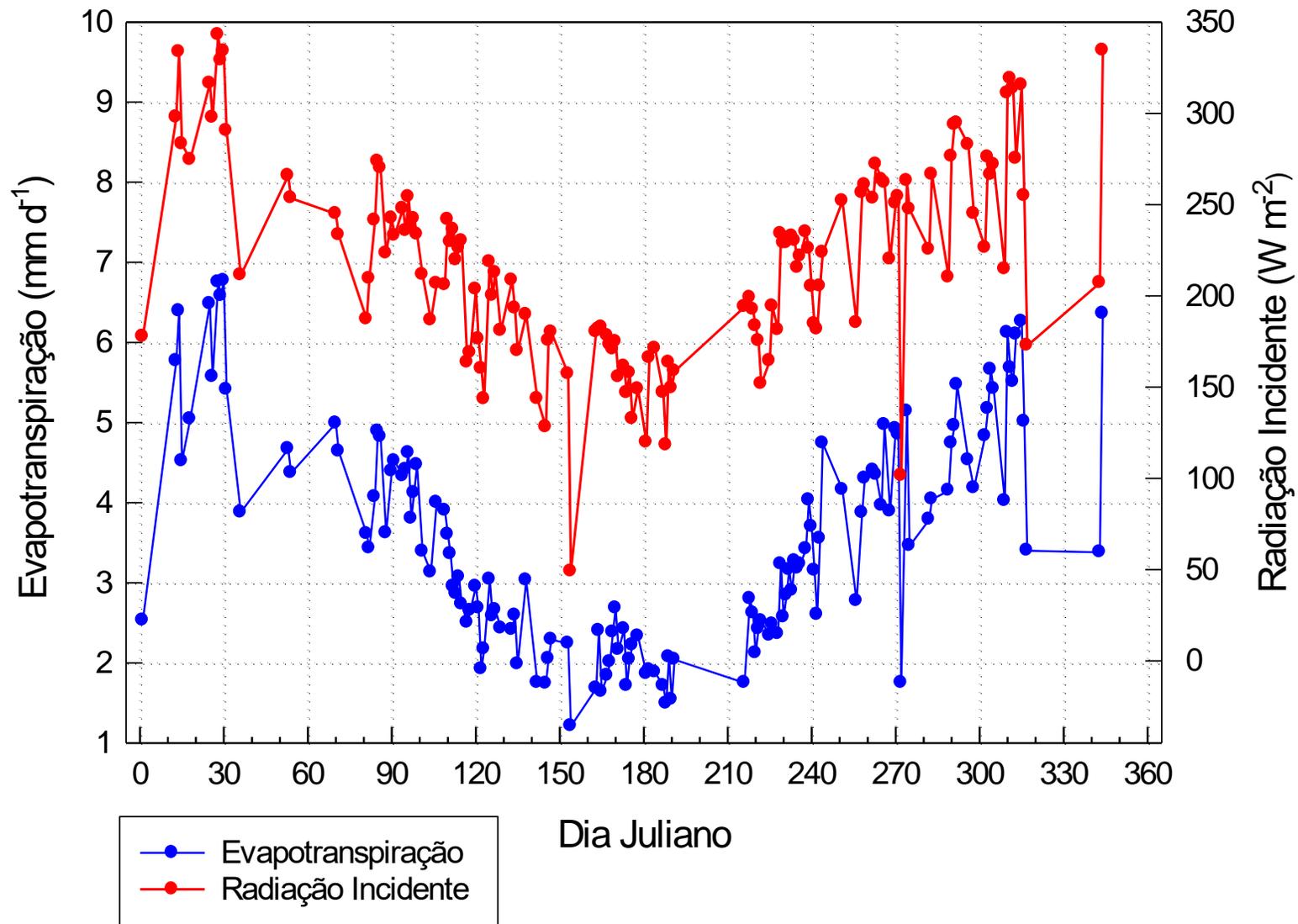


Necessidade hídrica das culturas

Evapotranspiração

Pode ser definida como a quantidade de água evaporada e transpirada por uma superfície com vegetal durante um determinado período.





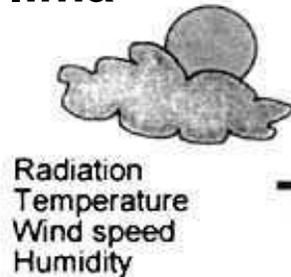
Fonte: Lyra (2000)

Necessidade hídrica das culturas

(ET_o) - Evapotranspiração Potencial ou Evapotranspiração Referência

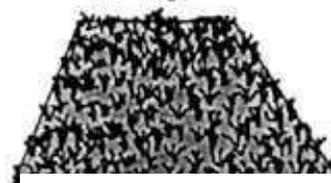
É a evapotranspiração potencial de uma cultura cobrindo toda a superfície disponível, sem restrição hídrica e sem déficit de calor sensível.

Clima



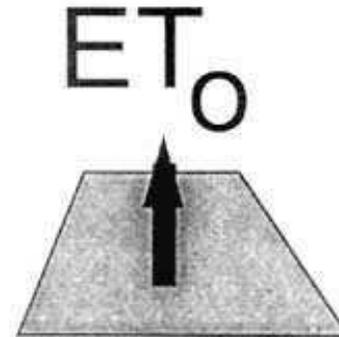
+

Cultura de referência



Sem restrição hídrica

=



É a evapotranspiração potencial de uma cultura cobrindo toda a superfície disponível, sem restrição hídrica e sem déficit de calor sensível. É a evapotranspiração potencial de uma cultura cobrindo toda a superfície disponível, sem restrição hídrica e sem déficit de calor sensível. É a evapotranspiração potencial de uma cultura cobrindo toda a superfície disponível, sem restrição hídrica e sem déficit de calor sensível.

Nesse caso a ET depende apenas das variáveis meteorológicas, sendo portanto ET_o uma variável meteorológica, que expressa o potencial de evapotranspiração para as condições meteorológicas vigentes.

Necessidade hídrica das culturas

(ET_c) – Evapotranspiração da cultura



É a quantidade de água evapo-transpirada por uma determinada cultura, sob as condições normais de cultivo, isto é, sem a obrigatoriedade do teor de água permanecer sempre próximo à capacidade de campo.

Necessidade hídrica das culturas

$$ET_c = ET_o \cdot K_c$$

(ET_c) – Evapotranspiração da cultura

(ET_o) - Evapotranspiração potencial

(K_c) - coeficiente da cultura

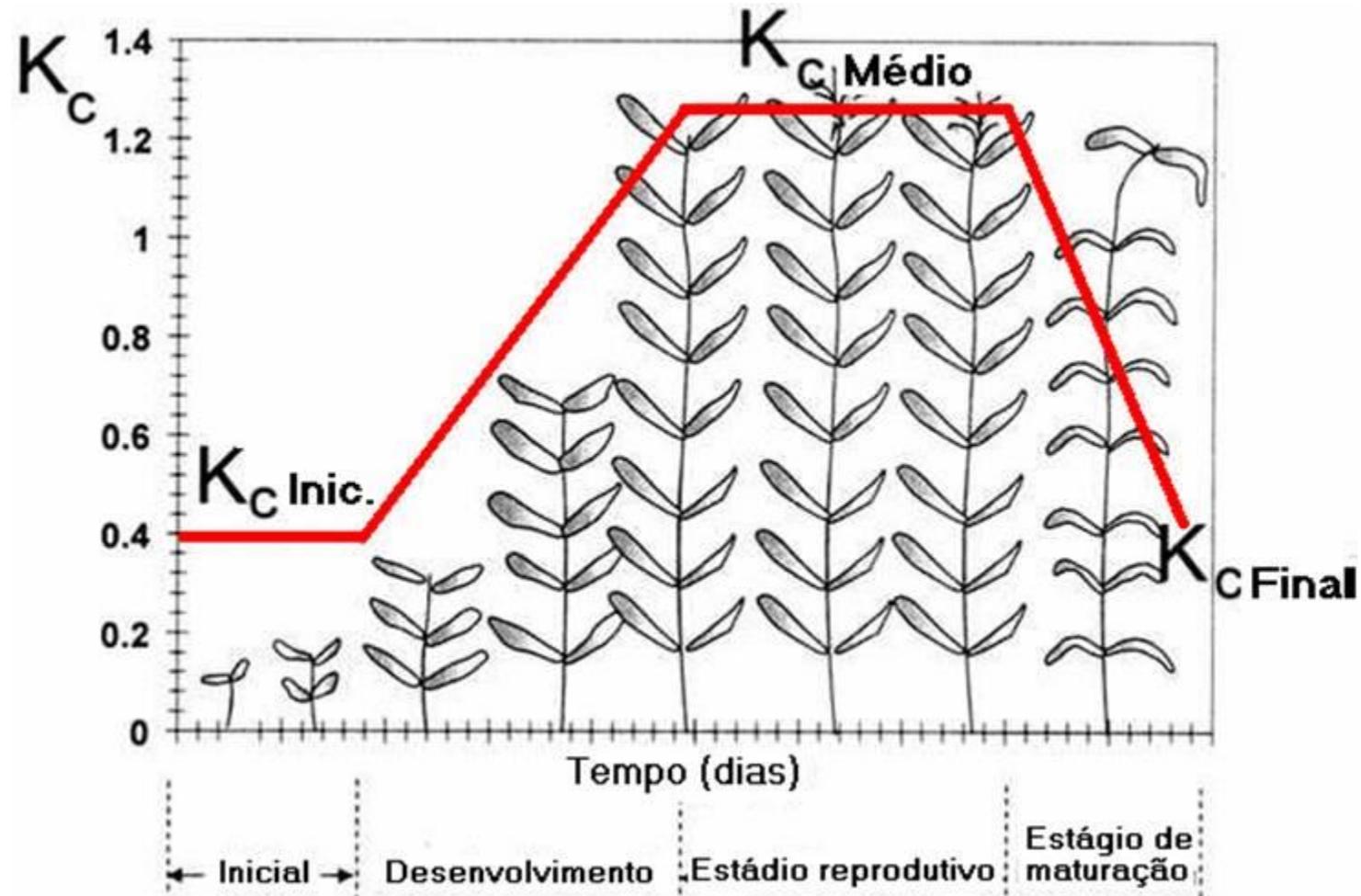
Necessidade hídrica das culturas

Kc varia



Necessidade hídrica das culturas

COEFICIENTE DE CULTIVO (K_c)



Adaptado FAO Boletim 56 (1998); Pereira et al. (2002).

Importância de se conhecer a evapotranspiração

Planejamento, dimensionamento e manejo

Evapotranspiração

Superestimativa

Subestimativa

Sistemas superdimensionados

Subdimensionamento

Lixiviação

Água em excesso

Impossibilidade de irrigar toda área

Elevação do lençol freático

Alto custo/unidade área

Baixa produtividade

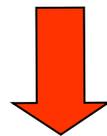
Cálculo rápido!!!

Pivô de 125 ha irriga 1.250.000 m²

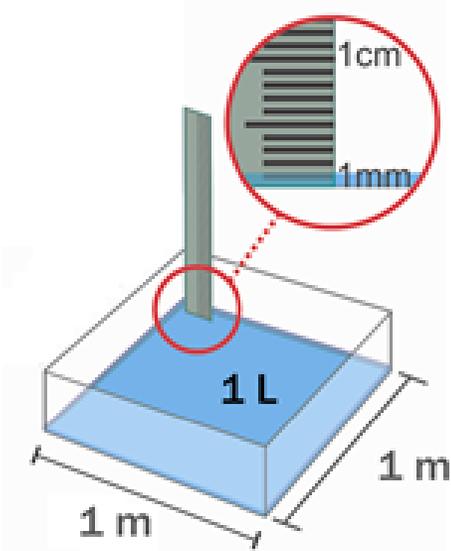
Aplicando a mais 1 mm (1 l/m²)

1.250.000 litros

Consumo médio por pessoa = 200 l/dia



Consumo de 6250 pessoas!!!



Método direto de estimativa da Eto

Lisímetro



**Método mais
preciso.**

Lisímetros: são tanques enterrados no solo, dentro dos quais mede-se a evapotranspiração.

Lisímetro de pesagem



Método indireto de estimativa da Eto

Tanque Classe A

Mais precisos e sensíveis em períodos curtos, fácil operação no campo e custo baixo.

Mede a evaporação de uma superfície de água livre, associados aos efeitos integrados de radiação solar, vento temperatura e UR.



Características TCA

Aço inox ou Galvanizado, chapa 22



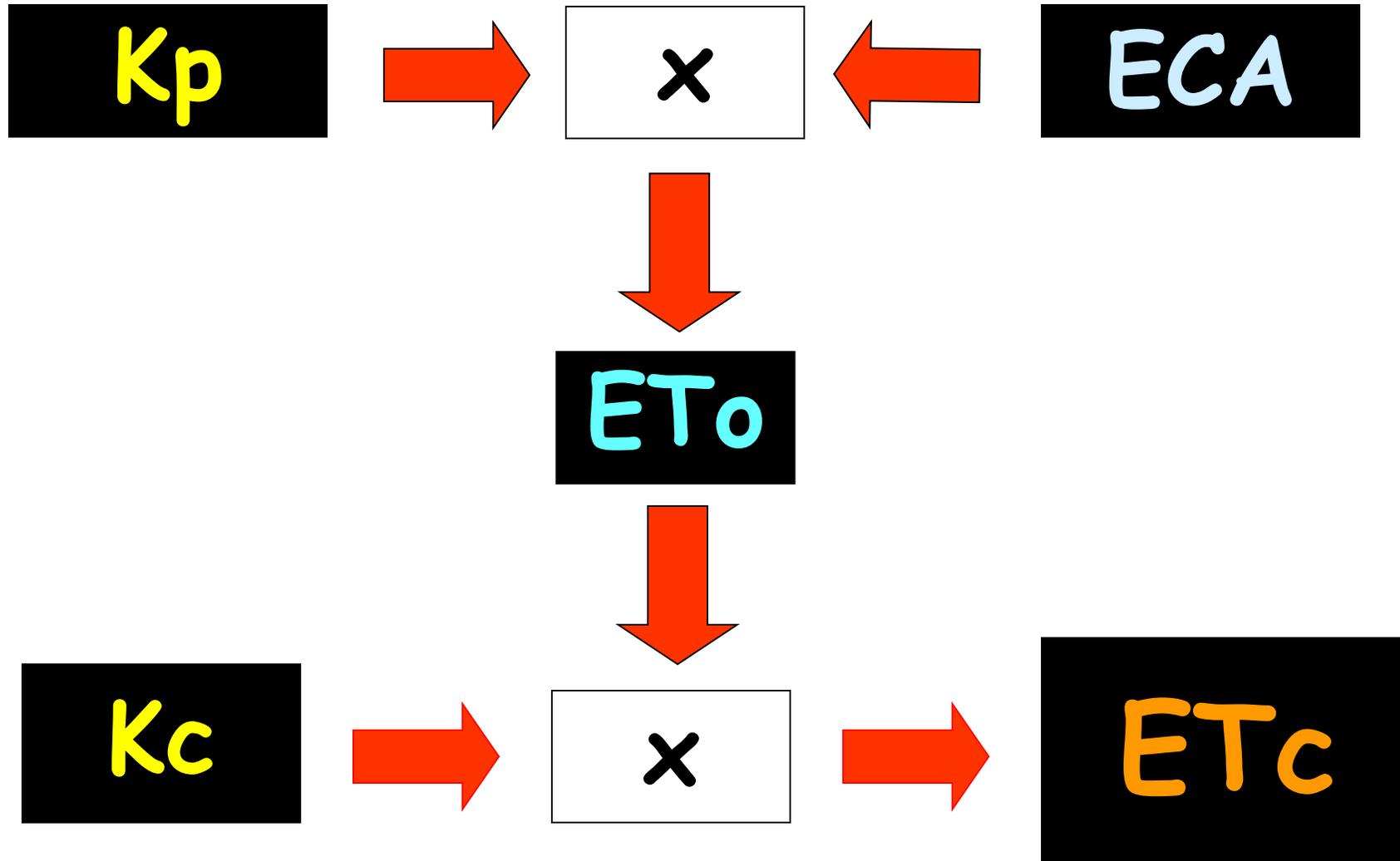
Necessidade hídrica das culturas

Transformação da ECA em ETo

$$ETo = ECA \times k_p$$

$ETo = ET$ potencial
 $K_p = f(\text{clima e local de instalação})$

Cálculo da ETc



Método indireto de estimativa da Eto

Equações

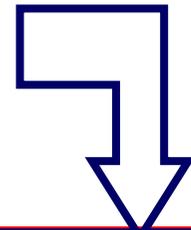
Existe, um grande número de equações baseadas em dados meteorológicos, para cálculo da ET.

Na prática
aplicação difícil



complexidade de cálculos

exigir grande número de
elementos meteorológicos



somente fornecidos por
estações de primeira classe

**Método de PENMAN-MONTEITH, modificado por
ALLEN et al. (1998)**
Método padrão para estimativa da ETo (FAO, 1998)

$$ETP = \frac{0,408s(Rn - G) + \frac{\gamma 900u_2(e_s - e_a)}{T_{med} + 273}}{s + \gamma(1 + 0,34U_2)}$$

Em que

s - declividade da curva de pressão de vapor do ar na $T_{méd}$ (kPa °C⁻¹);

u_2 - velocidade do vento a 2 m de altura (m s⁻¹);

e_s - pressão de saturação de vapor (kPa);

e_a - pressão parcial de vapor (kPa);

R_n - radiação líquida total diário (MJ m⁻² d⁻¹);

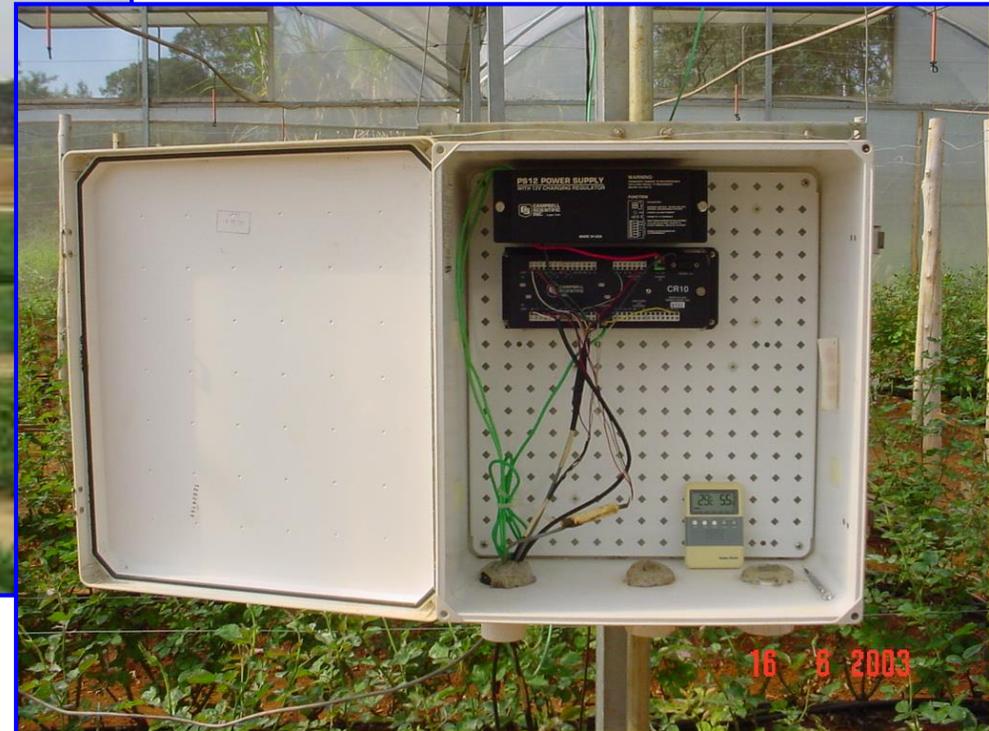
G - fluxo de calor no solo (MJ m⁻² d⁻¹);

γ - coeficiente psicrométrico (0,063 kPa °C⁻¹);

$T_{méd}$ - temperatura média do ar (°C);

“LIMITAÇÃO” => grande número de variáveis.

Estação meteorológica automática



Sistema de aquisição de dados



Sensor Temperatura e UR



Radiômetro



Saldo Radiômetro

Estimativa de ET para projetos de sistemas e manejo da irrigação

- Conhecimento da máxima lâmina de irrigação a ser aplicada;**
- Conhecimento das lâminas de irrigação durante o ciclo da cultura;**
- Escolher o método mais adaptado às condições climáticas locais;**
- Disponibilidade de dados;**
- Conhecimento das limitações de cada método.**

MANEJO DA IRRIGAÇÃO VIA MONITORAMENTO CLIMÁTICO

$$ETc \text{ (mm)} = ETo * Kc$$

$$\text{Lamina líquida (mm)} = ETo * Kc$$

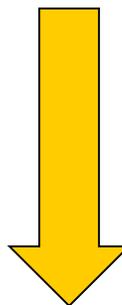
$$\text{Lamina bruta (mm)} = ETc/\text{eficiência}$$

MANEJO DA IRRIGAÇÃO VIA MONITORAMENTO CLIMÁTICO

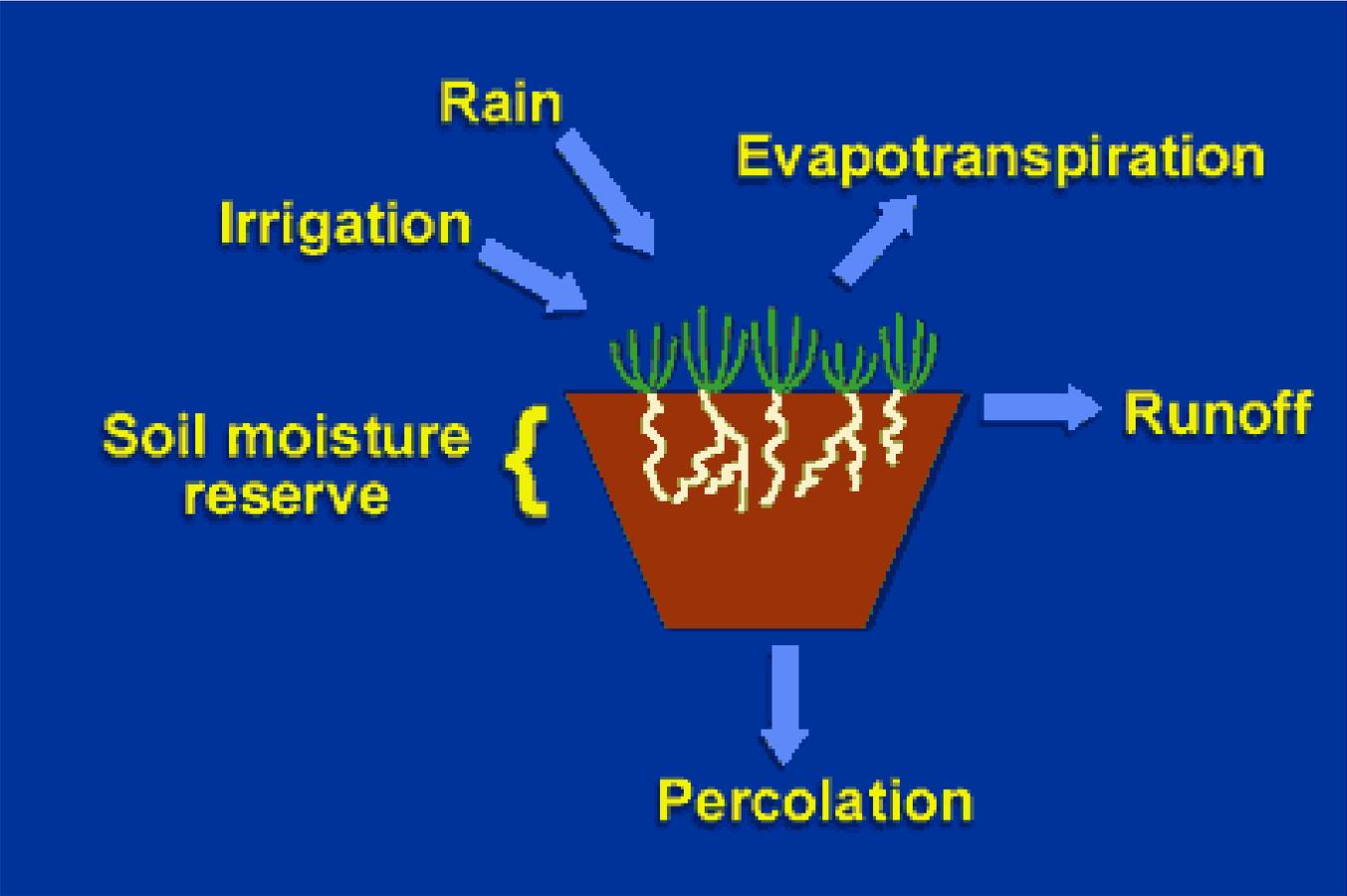
- Balanço da água no solo

Controle sistemático da precipitação pluviométrica, evapotranspiração, lâmina de irrigação e perdas por percolação profunda e escoamento superficial

simplificado



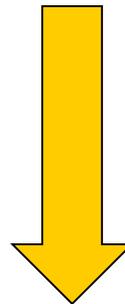
Avalia diariamente a lâmina de água disponível, pela Etc e precipitação



MANEJO DA IRRIGAÇÃO VIA MONITORAMENTO CLIMÁTICO

- Balanço da água no solo

A irrigação deve ser realizada a todo momento em que a disponibilidade de água no solo estiver reduzida a um valor mínimo que não prejudique o desempenho da cultura



Relação for verdadeira

$$\sum_{i=1}^n (ET_{ci} - P_i) \geq AD$$

IRRIGAÇÃO

EXEMPLO:

Determinar lâmina de irrigação líquida para os seguintes dados do conjunto solo-planta:

- capacidade de campo: $U_{cc}=20\%$ (peso)
- ponto de murcha: $U_{pmp}=10\%$ (peso)
- densidade do solo: $d_s=1,35\text{g/cm}^3$
- déficit hídrico tolerável: $f=50\%$
- Profundidade efetiva das raízes: $Z=40\text{ cm}$

$$AD = (U_{cc} - U_{pmp}) * d_s * f * Z$$

$$AD = (0,2 - 0,1) * 1,35 * 0,5 * 40$$

$$AD = 2,7\text{ cm ou }27\text{ mm}$$

Reservatório de 27 mm no solo.

PLANILHA DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO

DATA	ECA (mm)	Kp	ETo (mm)	Kc	ETc (mm)	Chuva (mm)	Irrigação (mm)	AD (mm)
5/Mai	4.5	0.85	3.8	1.1	4.2			27.0
6/Mai	5.0	0.85	4.3	1.1	4.7			22.8
7/Mai	6.5	0.85	5.5	1.1	6.1			18.1
8/Mai	1.0	0.75	0.8	1.1	0.8			12.0
9/Mai	3.0	0.75	2.3	1.2	2.7			11.2
10/Mai	5.0	0.75	3.8	1.2	4.5	24		8.5
11/Mai	5.5	0.75	4.1	1.2	5.0			27,0
12/Mai	4.5	0.85	3.8	1.2	4.6			22.00
13/Mai	7.0	0.75	5.3	1.2	6.3			17.4
14/Mai	6.5	0.85	5.5	1.2	6.6			11.1
15/Mai	4.0	0.75	3.0	1.2	3.6		22.50	4.5
16/Mai	5.0	0.75	3.8	1.2	4.5			23.4
17/Mai	4.8	0.75	3.6	1.1	4.0			18.9
18/Mai	6.2	0.85	5.3	1.1	5.8			14.9
19/Mai	7.0	0.85	6.0	1.1	6.5		17.9	9.1