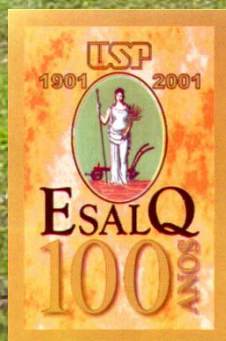


MANEJO DA IRRIGAÇÃO



Prof^o Dr. Marcos Vinícius Folegatti

LER – 1571 Irrigação

EVAPOTRANSPIRAÇÃO E O MANEJO DA IRRIGAÇÃO

4 2003

ETP, ETo & ETR

- Penman Monteith (FAO56)
- Tanque Classe A
- Thornthwaite
- Camargo
- Hangreves & Samani



EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA





Consumo de água do Citros



Planta com 14 meses de idade

ETc (mm)



Planta com dois anos de idade



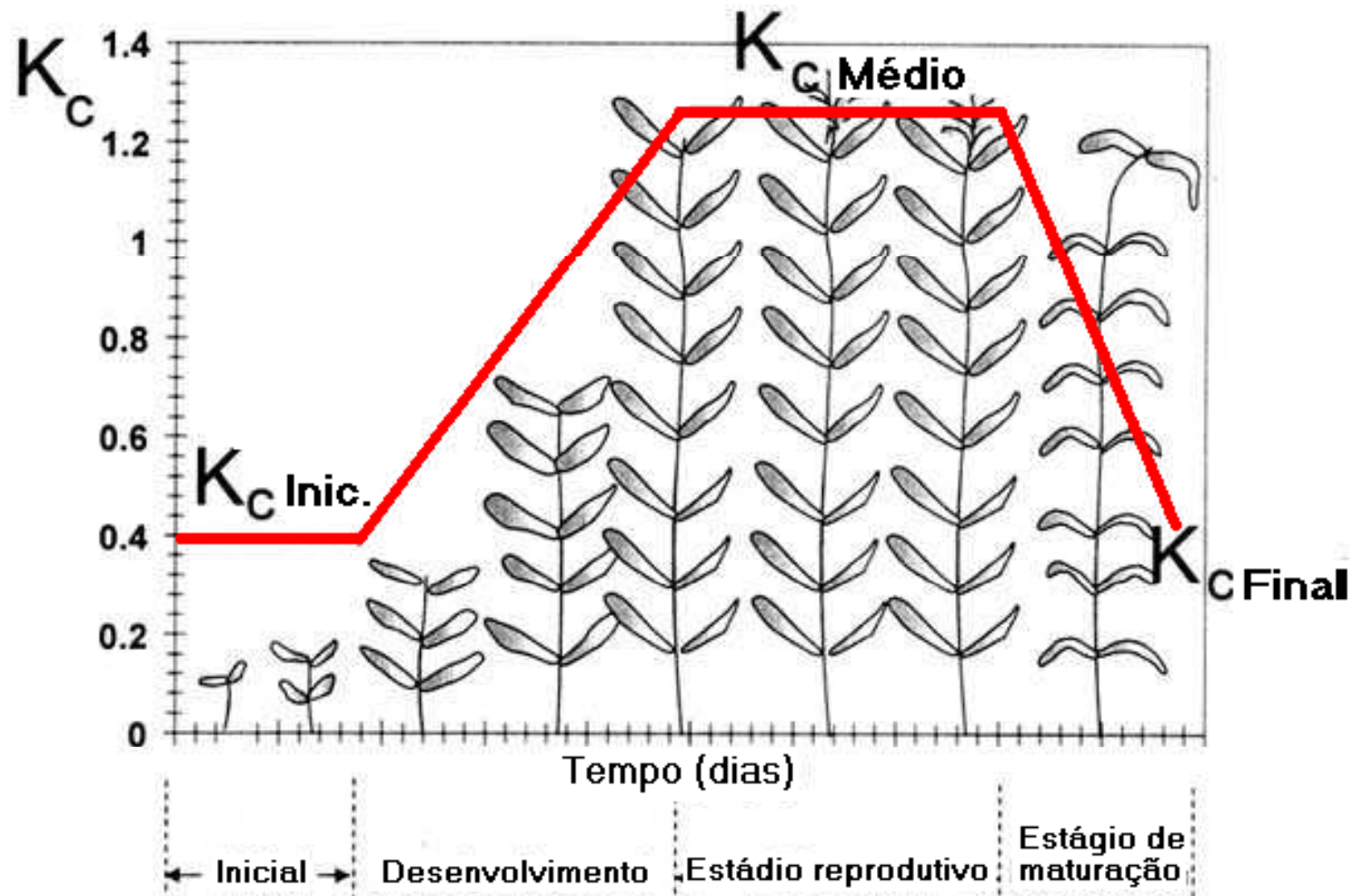
Necessidade Hídrica do citros



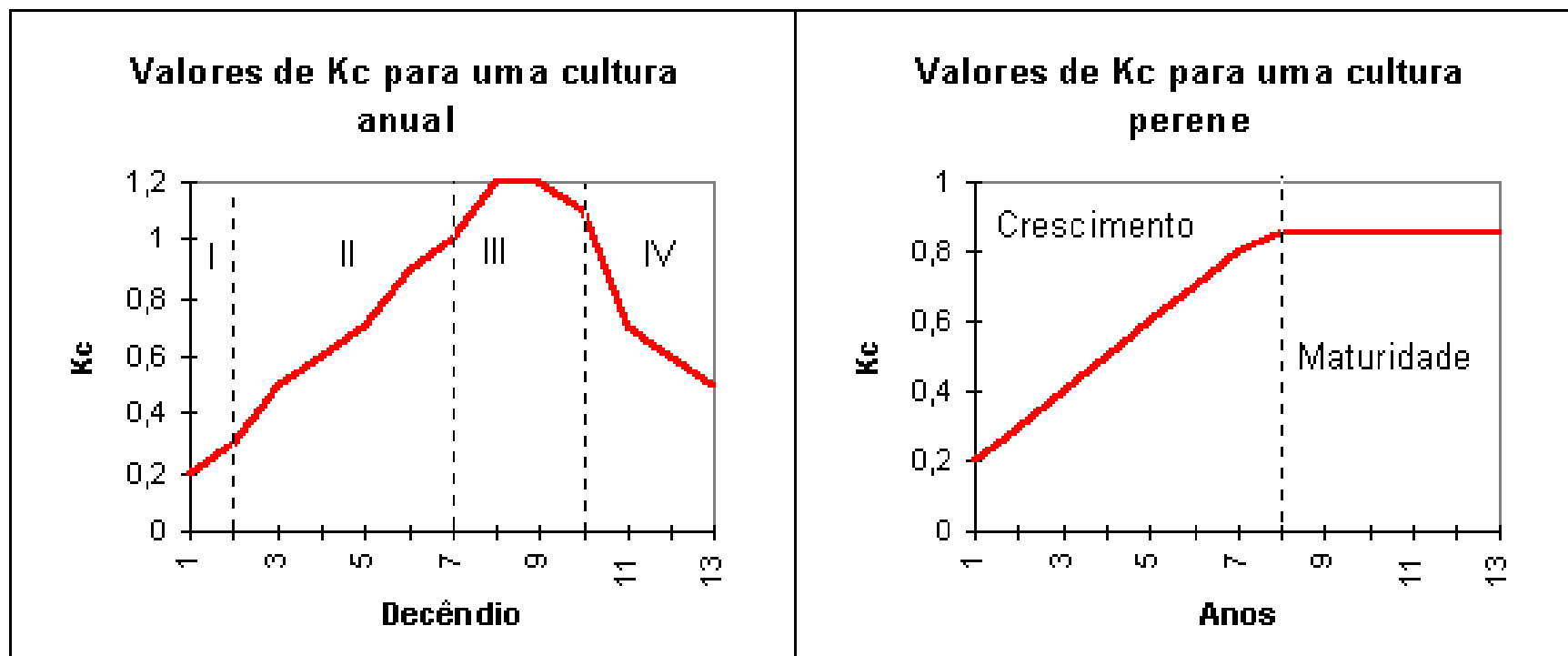
$$K_c = E_{Tc} / E_{To}$$



COEFICIENTE DE CULTIVO (K_c)



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



Fonte: Pereira et al. 2002

MANEJO DA IRRIGAÇÃO VIA MONITORAMENTO CLIMÁTICO

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

MONITORAMENTO CLIMÁTICO

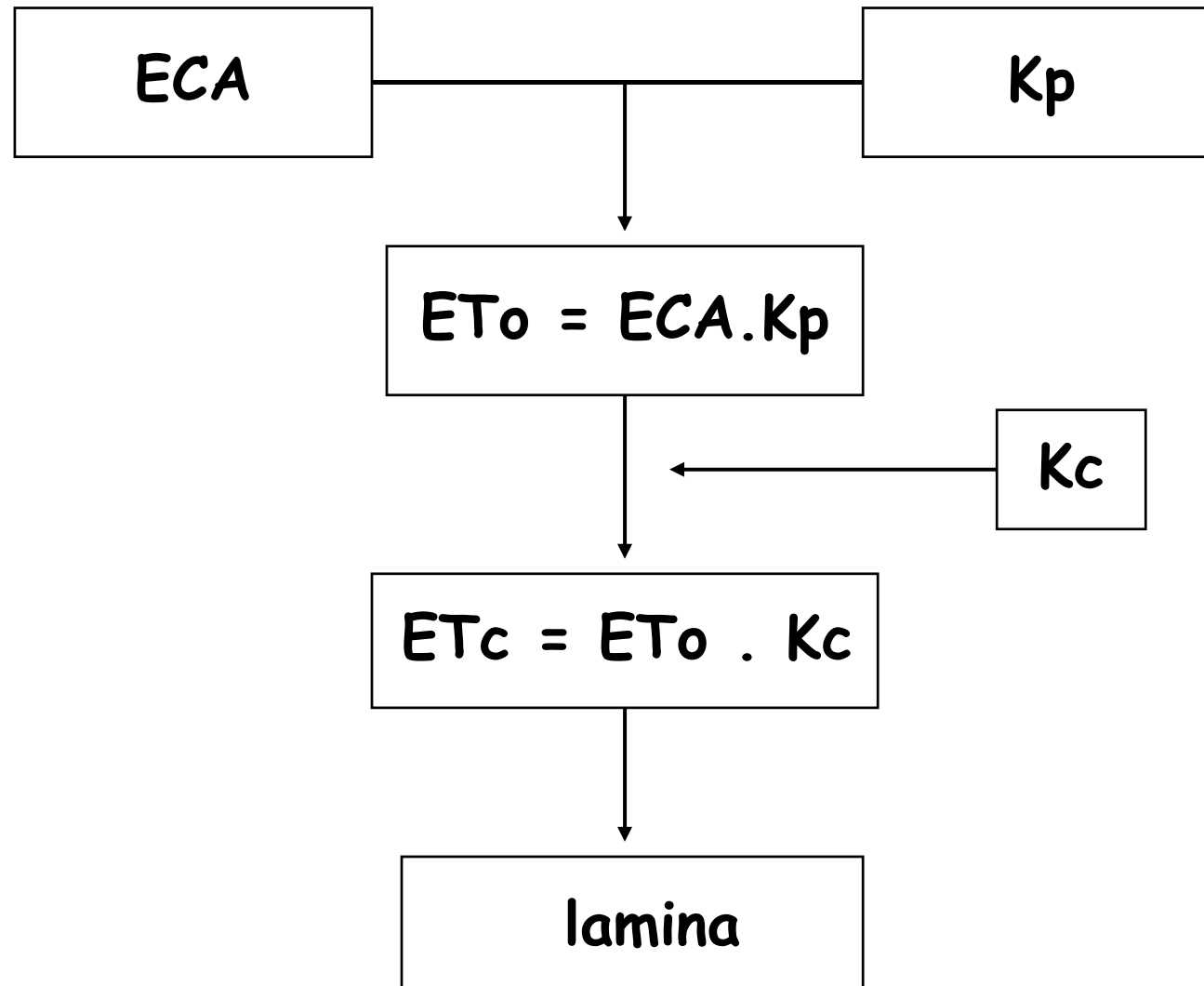


ETo (mm)



$ETo = ECA * Kp$ (mm)

Método do Tanque Classe A



Coeficiente do Tanque Classe A (Kp) para diferentes bordaduras e níveis de umidade relativa e velocidade do vento (Doorenbos & Pruitt, 1997)

		Tanque em Área Gramada			Tanques em Solo Nu		
		Umidade Relativa do Ar (%)					
		Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta
Vento (km/dia)	Raio (m)	(< 40)	(40-70)	(>70)	(< 40)	(40-70)	(>70)
Leve <175	1	0,55	0,65	0,75	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	0,50	0,60	0,70
Moderado 175-425	1	0,50	0,60	0,65	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	0,50	0,60	0,65
	1000	0,70	0,80	0,80	0,45	0,55	0,60
Forte 425-700	1	0,45	0,50	0,60	0,60	0,65	0,70
	10	0,55	0,60	0,65	0,50	0,55	0,75
	100	0,60	0,65	0,75	0,45	0,50	0,60
	1000	0,65	0,70	0,75	0,40	0,45	0,55
Muito Forte >700	1	0,40	0,45	0,50	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,55	0,60	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	0,40	0,45	0,50
	1000	0,55	0,60	0,65	0,35	0,40	0,45

$$Kp = 0,482 + 0,024.Ln(L) - 0,000376.U + 0,0045.UR \quad (\text{Snyder, 1992})$$



Divulgação via Internet da Evapotranspiração de Referência - ETo

The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer browser window with the following elements:

- Address Bar:** <http://www.irrigarte.hpg.ig.com.br/>
- Navigation Buttons:** Voltar, Avançar, Parar, Atualizar, Página inicial, Pesquisar, Favoritos, Histórico, Correio, Arquivo.
- Website Content:**
 - Logo:** **IRRIGARTE** with the tagline "O seu canal de informação sobre irrigação".
 - Text:** ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ - USP
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL
ÁREA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM
ESTACÃO AGROMETEOROLÓGICA
 - Image:** A photograph of a meteorological station on a tripod.
 - Location:** Piracicaba - São Paulo - Brasil
 - Navigation Menu (Left):** Pesquisadores, Livro on-line, Clima, Downloads, Projetos, Dúvidas.
 - Home:** [Home](#)
 - Counter:** 000974
 - Update Info:** Atualizado: 16/06/03
- Taskbar:** Shows the Start button and several open applications: Irrigarte..., LI-COR Ra..., palestra, manejocon..., Dados Cli..., hpG - hom..., and system tray icons including the clock showing 03:25.



Divulgação via Internet da Evapotranspiração de Referência - ETo

Irrigarte: a informação certa sobre irrigação! - Microsoft Internet Explorer

Links Channel Guide Free AOL & Unlimited Internet HotMail gratuito Internet Start Microsoft O melhor da Web

Endereço <http://www.irrigarte.hpg.ig.com.br/>

Voltar Avançar Parar Atualizar Página inicial Pesquisar Favoritos Histórico Correio Arquivo



Irrigarte

Pesquisadores

Livro on-line

Clima

Downloads

Projetos

Dúvidas



IRRIGARTE
O seu canal de informação sobre irrigação



DADOS CLIMÁTICOS
Weather Database

PIRACICABA - Estado de São Paulo - Brasil

000974

Atualizado: 16/06/03

2002 Seleccione

2003 Seleccione

Concluído Internet

Iniciador Irrigarte... LI-COR Ra... palestra manejocon... Dados Cli... hpG - hom... 03:26



www.climapiracicaba.hpg.com.br

Dados Climáticos - Setembro de 2002 - ESALQ/USP "Faz. Areão" - Piracicaba - SP - Microsoft Internet Explorer

Links Channel Guide Free AOL & Unlimited Internet HotMail gratuito Internet Start Microsoft O melhor da Web

Endereço http://www.climapiracicaba.hpg.com.br/Pira_Jun2003.htm

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ - USP
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL - IRRIGACAO E DRENAGEM
FONE: (019) 34294217 RAMAL : 266
DADOS CLIMÁTICOS - FAZENDA DE ENSINO E PESQUISA - " FAZ. AREÃO"
JUNHO DE 2003

Dia	Temp. do ar			Umid. Rel. do ar			Vento		Chuva	Qg	Rn	G	es	ETo TCA	ETo-PN FAO
	Máx.	Mín.	Média	Máx.	Mín.	Média	Veloc.	Dir.							
	(°C)			(%)			(m/s)	(°)	(mm)	(MJ.m-2.dia)			(kPa)	(mm)	
1	27.74	12.71	20.23	95.60	35.45	65.53	1.44	87.10	0.0	15.31	7.76	0.36	2.596	3.36	3.36
2															
3	28.27	18.95	23.61	86.10	45.88	65.99	1.32	131.30	0.0	9.07	5.01	0.31	2.525	1.89	1.89
4	24.79	16.87	20.83	96.60	64.45	80.53	0.78	159.80	5.6	10.04	5.25	0.25	2.123	1.67	1.53
5	21.07	15.39	18.23	95.50	81.50	88.50	0.55	177.40	3.0	5.57	2.51	0.02	2.903	1.11	1.20
Total	101.87	63.92	82.90	373.80	227.28	300.54	4.08	555.60	8.60	39.99	20.53	0.94	10.15	8.03	7.98
Média	25.47	15.98	20.72	93.45	56.82	75.14	1.02	138.90	2.15	10.00	5.13	0.24	2.54	2.01	1.99
V.máx.	28.27	18.95	23.61	96.60	81.50	88.50	1.44	177.40	5.60	15.31	7.76	0.36	2.90	3.36	3.36
V.mín.	21.07	12.71	18.23	86.10	35.45	65.53	0.55	87.10	0.00	5.57	2.51	0.02	2.12	1.11	1.20
D.Ch.	0.0														

D.Ch. = Dias de Chuva >= 10 mm; V.MÁX = Valor Máximo; V.MIN = Valor Mínimo.
ETo_TCA = Evapotranspiração por Tanque Classe A; ETo_PN = Evapotranspiração por Penman_Monteith (FAO_56);
es = Pressão de Saturação de Vapor; Qg = Radiação Global; Rn = Radiação Líquida; G = Fluxo de calor no solo;

[Cláudio Ricardo da Silva](#) | [Tonny Jose de Araujo da Silva](#) | [José Alves Júnior](#) | [Alex Rodrigo Vilh](#)

VOLTAR

Concluído Internet

Iniciar Irrigarte... LI-COR ... palestra manejoj... Dados... Microsof... 03:55



http://www.fao.org/

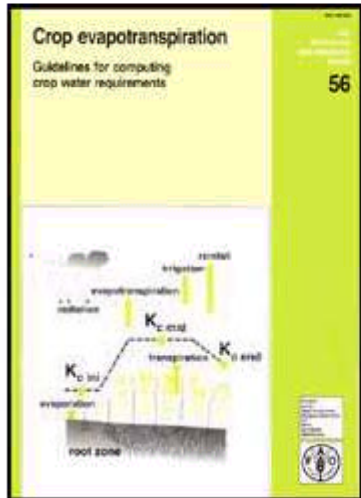
Table of Contents - Microsoft Internet Explorer

Links Channel Guide Free AOL & Unlimited Internet HotMail gratuito Internet Start Microsoft O melhor da Web

Endereço http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm

Voltar Avançar Parar Atualizar Página inicial Pesquisar Favoritos Histórico Correio Arquivo

Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56



[Table of Contents](#)

by

Richard G. Allen
Utah State University
Logan, Utah, USA

Internet

Iniciar about:b... Explora... evapotr... Ciagri... Table... Your.co... 09:15

Descrição de fenologia para a cultura de feijão de acordo com os critérios da F.A.O (Doorenbos & Pruitt, 1977)

ESTÁDIO DE DESENVOLVIMENTO	TERMINA QUANDO HÁ	Kc
I	10 % do desenvolvimento vegetativo	0,3 a 0,4*
II	80 % do desenvolvimento vegetativo	0,3-1,2
III	Florescimento	1,05-1,20
IV	Ponto de maturidade fisiológica	0,65-0,75
V	Colheita	0,25-0,30

Coeficientes de cultura (Kc) em função do estágio de desenvolvimento

CULTURA	ESTÁDIO DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA CICLO					
	I	II	III	IV	V	Total
Algodão	0,40-0,50	0,70-0,80	1,05-1,25	0,80-0,90	0,65-0,70	0,80-0,90
Arroz	1,10-1,15	1,10-1,50	1,10-1,30	0,95-1,05	0,95-1,05	1,05-1,2
Banana	0,40-0,50	0,70-0,85	1,00-1,10	0,90-1,00	0,75-0,85	0,70-0,80
Batata	0,40-0,50	0,70-0,80	1,05-1,20	0,85-0,95	0,70-0,75	0,75-0,90
Cana-de-açúcar	0,40-0,50	0,70-1,00	1,00-1,30	0,75-0,80	0,50-0,60	0,85-1,05
Citros						0,65-0,75
Feijão*	0,30-0,40	0,70-0,80	1,05-1,20	0,65-0,75	0,25-0,30	0,70-0,80
Melancia	0,40-0,50	0,70-0,80	0,95-1,05	0,80-0,90	0,65-0,75	0,75-0,85
Milho	0,30-0,50	0,80-0,85	1,05-1,20	0,80-0,95	0,55-0,60	0,75-0,90
Soja	0,30-0,40	0,70-0,80	1,00-1,15	0,70-0,80	0,40-0,50	0,75-0,90
Tomate	0,40-0,50	0,70-0,80	1,05-1,25	0,80-0,95	0,60-0,65	0,75-0,90

MANEJO DA IRRIGAÇÃO VIA MONITORAMENTO CLIMÁTICO

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

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

$$\text{Lamina bruta (mm)} = (\text{ETo} * \text{Kc}) / \text{eficiência}$$

CONSIDERAÇÕES SOBRE EFICIÊNCIA DOS MÉTODOS

Vieira, 1986

Sistema de Irrigação	E (%)
Sulcos	40-60
Inundação	50-80
Aspersão	65-85
Gotejamento	75-90
Microaspersão	75-90

Lamina bruta (mm) = $(ET_o * K_c) / \text{eficiência}$

Umidade do Ar

EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Radiação Solar

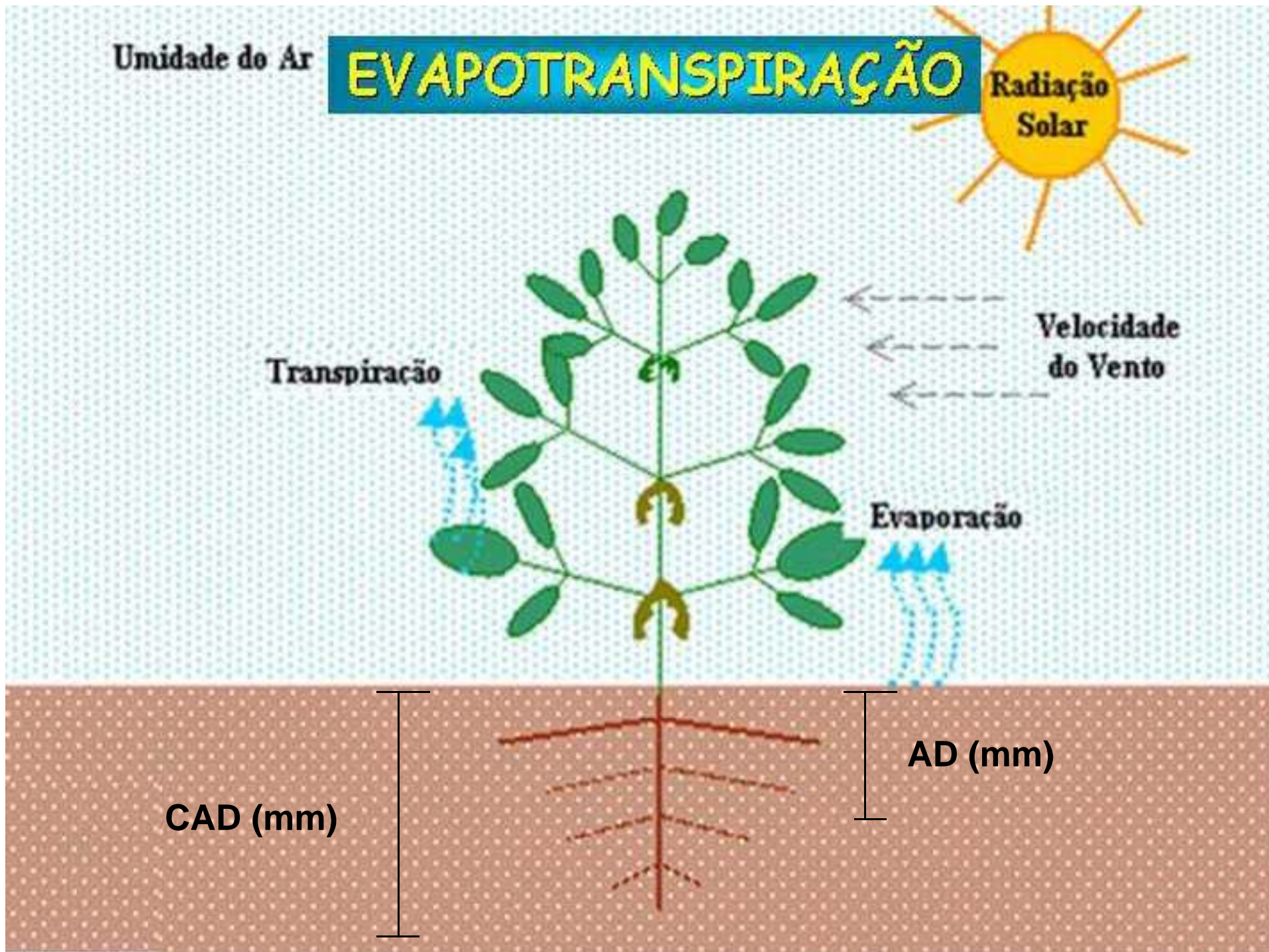
Transpiração

Velocidade do Vento

Evaporação

CAD (mm)

AD (mm)



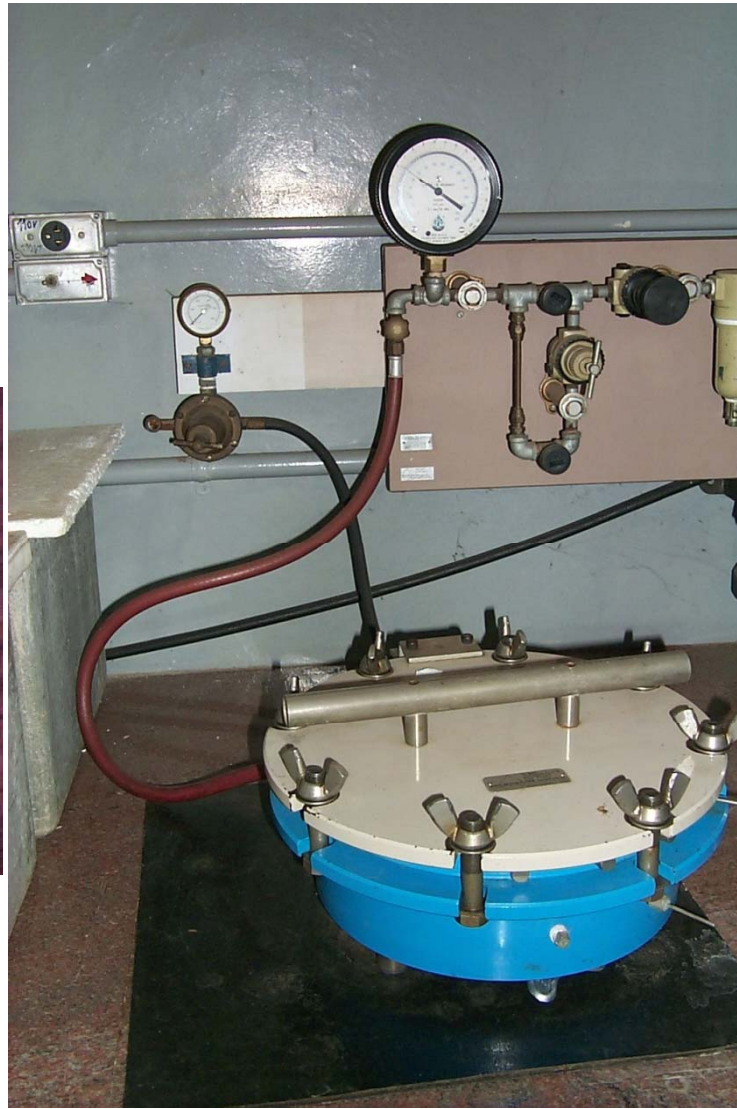
PROFUNDIDADE DO SISTEMA RADICULAR



PROFUNDIDADE DO SISTEMA RADICULAR

CULTURA	Z (cm)	CULTURA	Z (cm)
Abacate	60 - 90	Espenafre	40 - 60
Abóbora	75 - 100	Ervilha	60 - 90
Alface	20 - 40	Feijão verde	25 - 50
Algodão	80 - 180	Feijão (grãos secos)	60 - 100
Amendoim	40 - 60	Forragem (gramínias)	30 - 60
Arroz	30 - 40	Forragem leguminosa	60 - 80
Aspargo	100 - 150	Melancia	100 - 150
Banana	60 - 80	Melão	70 - 100
Batata	25 - 40	Milho	60 - 120
Beterraba Açucareira	100 - 180	Morango	40 - 60
Beterraba leguminosa	60 - 80	Pepino	60 - 80
Cana de açúcar	50 - 100	Pimentão	40 - 50
Cebola	20 - 40	Soja	60 - 90
Cevada	80 - 100	Sorgo	90 - 120
Cenoura	45 - 75	Tabaco	60 - 100
Cereais	60 - 120	Tomate	60 - 120
Cítricos	90 - 150	Trigo	80 - 100
Couve	30 - 60	Vinha	90 - 120

***Fonte: Luján (1989)**



$$\text{CAD (mm)} = (U_{cc} - U_{pmp}) * d_s * Z$$

$$\text{CAD (mm)} = (\text{Ucc} - \text{Upmp}) * \text{ds} * \text{Z}$$

CAPACIDADE DE CAMPO

- Solo argiloso: **0,33 atm**
- Solo arenoso: **0,1 atm**

(extrator ou mesa de tensão)

PONTO DE MURCHA

15 atm

(extrator ou planta)

DENSIDADE DO SOLO

Ds=massa/volume

- Solo argiloso ↓
- Solo arenoso: ↑

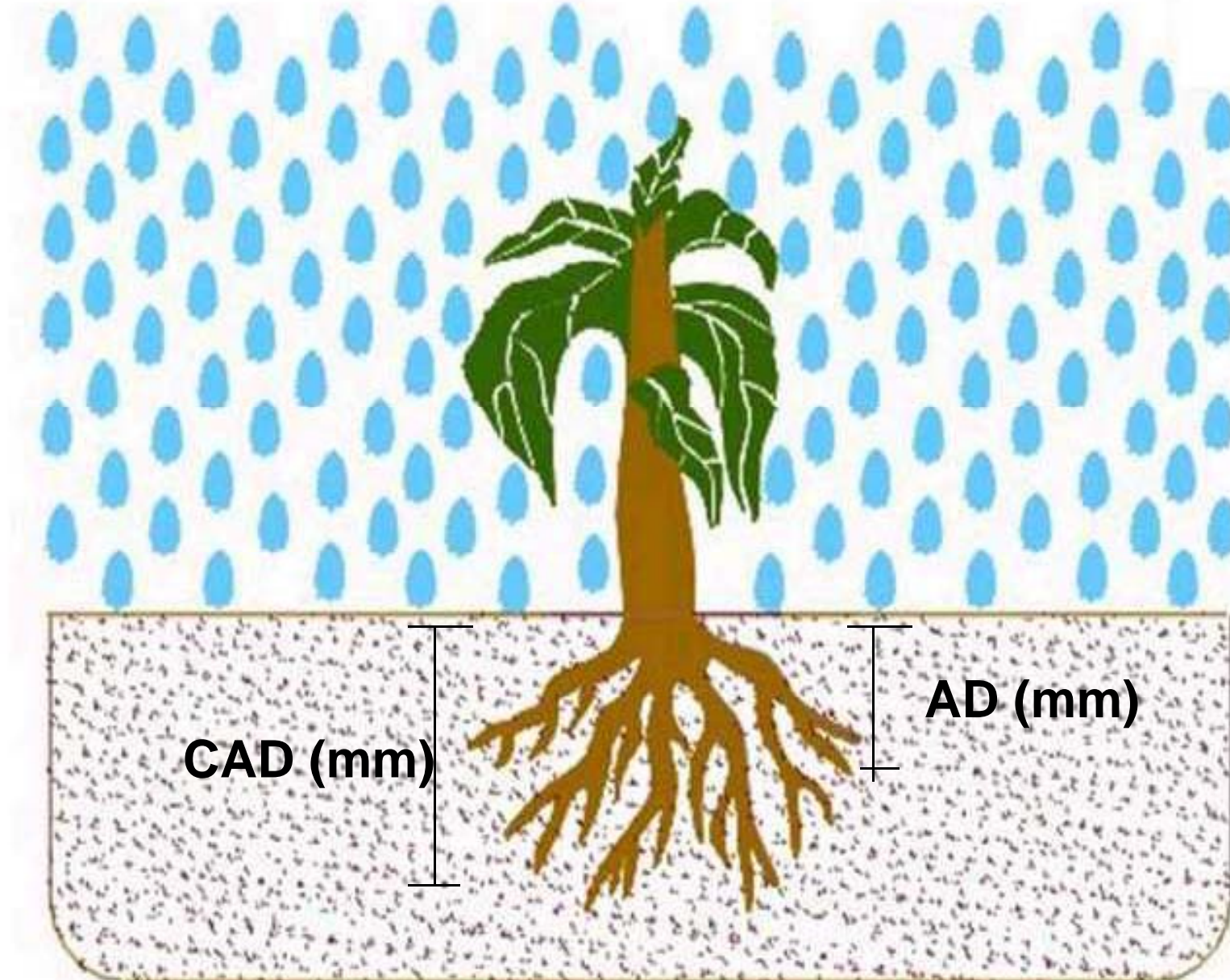
PROF. EFETIVA DAS RAIZES

- **80% da profundidade total**

TIPOS DE SOLO (S.P.)	ARMAZENAMENTO DE ÁGUA (mm/cm)
LATOSSOLOS	0,9 – 1,3
PODZOLIZADOS e	
AREIAS QUARTZOZAS	0,80

Brunini et al. (1998):

IRRIGAÇÃO EM ÁREA TOTAL



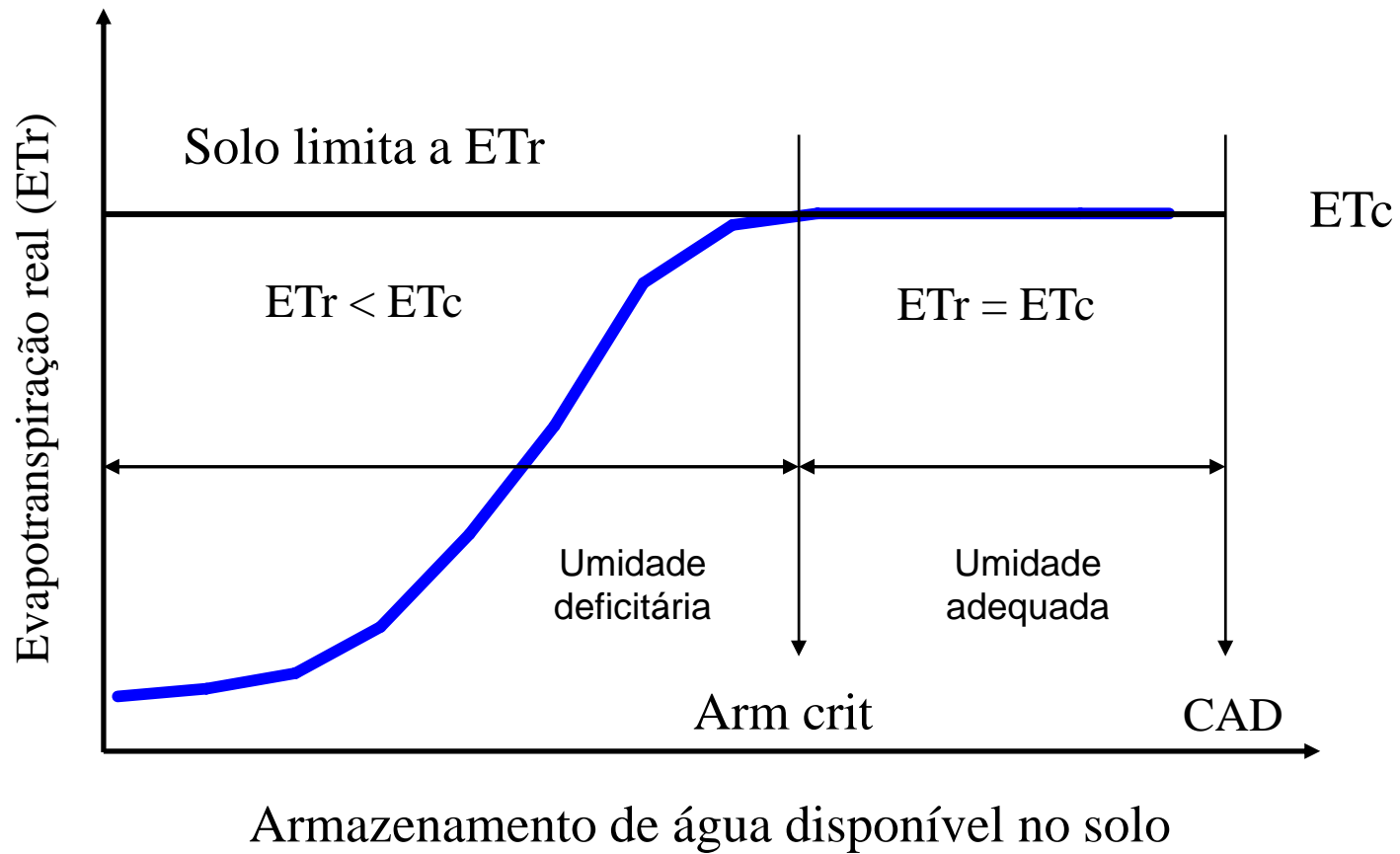
Déficit tolerável para diversos tipos de cultura.

Cultura	Déficit Y (%)	Cultura	Déficit Y(%)
Abacate	30	Feijão	50
Alface	35	Laranja	35
Alfafa	60	Limão	25
Banana	30	Melão	20
Batata	40	Milho	40
Beterraba	30	Morango	10
Brócolis	30	Pomares	40
Cana de açúcar	15	Pastos	35
Cebola	30	Repolho	35
Cebola (madureza)	40	Tabaco	25
Cenoura	40	Tomate	45
Citricos	40	Vinha	25
Ervilha	25	Vinha (madureza)	55

•Fonte: Luján (1989)

$$AD \text{ (mm)} = CAD * Y$$

Variação da ETr em função do armazenamento da água no solo



•EX: Determinação de CAD e AD

Água Disponível → **laranja**, **latossolo**, com **40 cm** de **profundidade efetiva das raízes** e permitindo um consumo de cerca de **50 %** da água disponível no solo.

Estimativa da lâmina:

$$L_L = ARM \cdot p \cdot f$$

$$L_L = 1,3 \cdot 40 \cdot 0,5$$

$$L_L = 26 \text{ mm}$$

Reservatório de 26 mm no solo.

•EX:

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: $Y=50\%$
- Profundidade efetiva das raízes: $Z=40\text{ cm}$

$$L_L = (U_{cc} - U_{pmp}) * D_s * Y * Z$$

$$L_L = (0,2 - 0,1) * 1,35 * 0,5 * 400$$

$$L_L = 27\text{ mm}$$

Reservatório de 27 mm no solo.

• PRECIPITAÇÃO EFETIVA

Precipitação Mensal mm	Coef. de Aproveitamento decrecente	Precipitação efetiva acumulada mm	efetiva acumulada mm
25	0.95	$25 \cdot 0.95 = 24$	24
50	0.95/0.90	$25 \cdot 0.95 + 25 \cdot 0.90 = 47$	47
75	0.95/0.90/0.82	$25 \cdot 0.95 + 25 \cdot 0.90 + 25 \cdot 0.82 = 68$	68
100	0.95/0.90/0.82/0.65		84
125	0.95/0.90/0.82/0.65/0.45		95
150	0.95/0.90/0.82/0.65/0.45/0.25		101
175	0.95/0.90/0.82/0.65/0.45/0.25/0.05		102

•Fonte: Blaney e Criddle (1961)

•EX: A precipitação de 50mm, por exemplo, deve ser desdobrada em duas parcelas de 25mm antes de ser multiplicada pelo coeficiente.

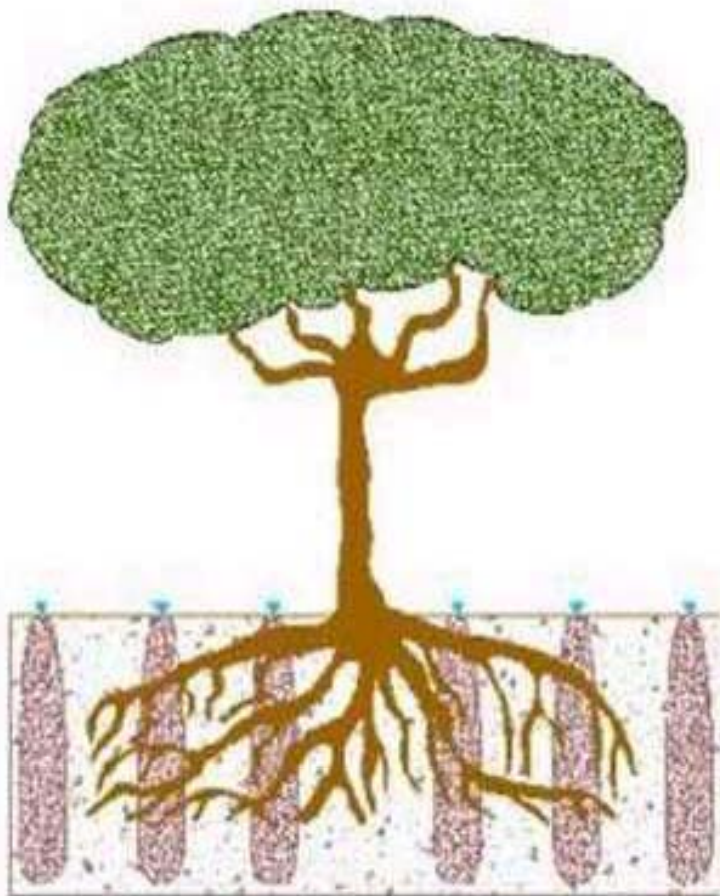
• Os valores de P(mm) abaixo de 10 mm não são considerados como aporte capilar, e assim, não devem ser considerados no cálculo da precipitação efetiva.

• PLANILHA DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO

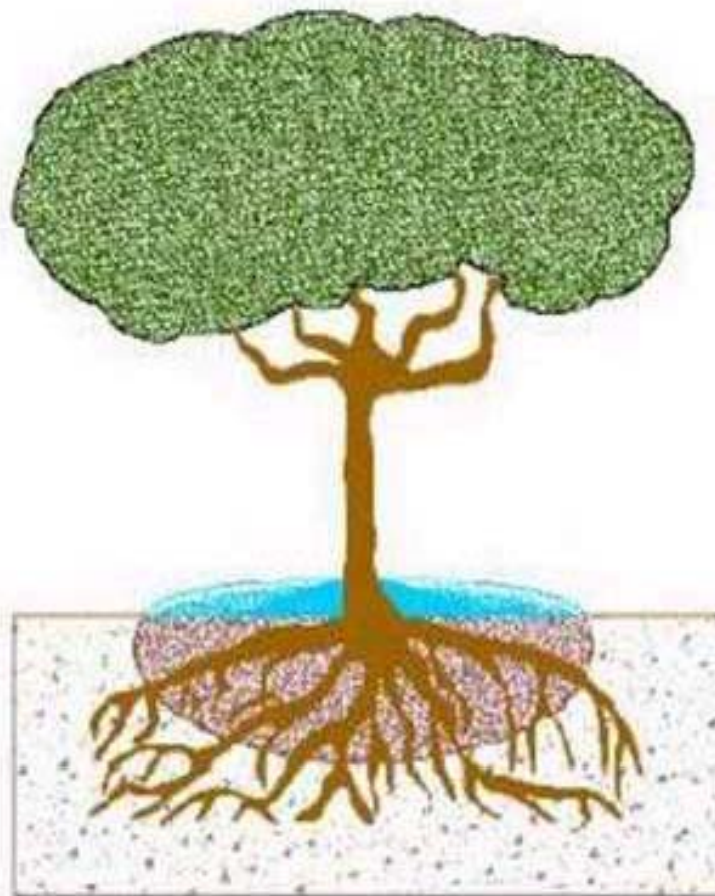
DATA	ECA	Kp	ETo	Kc	ETc	Chuva	Irrigação	AD
	(mm)		(mm)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
5/Mai	4.5	0.85	3.8	1.1	4.2			27.0
6/Mai	5.0	0.85	4.3	1.1	4.7			22.8
7/Mai	6.5	0.85	5.5	1.1	6.1			18.1
8/Mai	1.0	0.75	0.8	1.1	0.8			12.0
9/Mai	3.0	0.75	2.3	1.2	2.7			11.2
10/Mai	5.0	0.75	3.8	1.2	4.5	24		8.5
11/Mai	5.5	0.75	4.1	1.2	5.0			27.0
12/Mai	4.5	0.85	3.8	1.2	4.6			22.1
13/Mai	7.0	0.75	5.3	1.2	6.3			17.5
14/Mai	6.5	0.85	5.5	1.2	6.6			10.8
15/Mai	4.0	0.75	3.0	1.2	3.6		22.8	4.2
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

MANEJO DA IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

IRRIGAÇÃO LOCALIZADA



GOTEJAMENTO



MICROASPERSÃO

ESTIMATIVA DO CONSUMO DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

ETc localizada

$$ETc = Kc \cdot ETo \cdot Kr$$

Kr: coeficiente de redução (decimal)

KELLER and KARMELI (1974) $Kr = GC/0,85$

$$GC = Ac/Ap$$

• VOLUME DE ÁGUA APLICADO POR PLANTA

$$V(l/pl) = AP * ETo * Kc * Kr$$

$$T(h) = V(l) / \text{Vazão do emissor} * N \text{ de emissor}$$

- EX:
 - Cultura: Lima Ácida Tahiti
 - Espaçamento: $7 \times 4 \text{ m} = 28 \text{ m}^2$
 - $\text{ETc} = 5 \text{ mm/dia}$
 - Projeção da Capa = 5 m^2
 - Vazão do gotejador = 4 l/h
 - usou-se 4 emissores por planta



$$\text{GC} = 5 \text{ m}^2 / 28 \text{ m}^2 \longrightarrow 0,178$$

$$\text{Kr} = \text{GC} / 0,85 \longrightarrow 0,21$$

$$\text{Volume} = \text{ETc} * \text{área da planta} * \text{Kr} \longrightarrow 29,41 \text{ (l/planta.dia)}$$

$$\text{Tempo de Irrigação (h)} = \text{Volume} / (\text{N emissores} * \text{vazão ind.}) \longrightarrow 1,84 \text{ h}$$

$$\bullet \text{Tempo de Irrigação (h)} = 1,84 \text{ h} / 0,95 \longrightarrow 1,94 \text{ h ou } 1 \text{ h e } 55 \text{ min}$$

- EX: • Cultura: **Palmito Pupunha**
- Espaçamento: **2x1m = 2 m²**
- ETc = **4 mm/dia**
- Projeção da Capa = **1,5 m²**
- Vazão do microaspersor= **101,8 l/h**
- usa-se **1 emissor para cada 8 planta**



$$GC = 1,5 \text{ m}^2 / 2 \text{ m}^2 \longrightarrow 0,75$$

$$Kr = GC / 0,85 \longrightarrow 0,88$$

$$\text{Volume} = ETc * \text{área da planta} * Kr \longrightarrow 7,1 \text{ (l/planta.dia)}$$

$$\text{Tempo de Irrigação (h)} = \text{Volume} / (\text{N emissores} * \text{vazão ind.}) \longrightarrow 0,55 \text{ h}$$

$$\bullet \text{Tempo de Irrigação (h)} = 0,55 \text{ h} / 0,90 \longrightarrow 0,61 \text{h ou } 37 \text{ min}$$