

# Aula 8 – Balanço hídrico

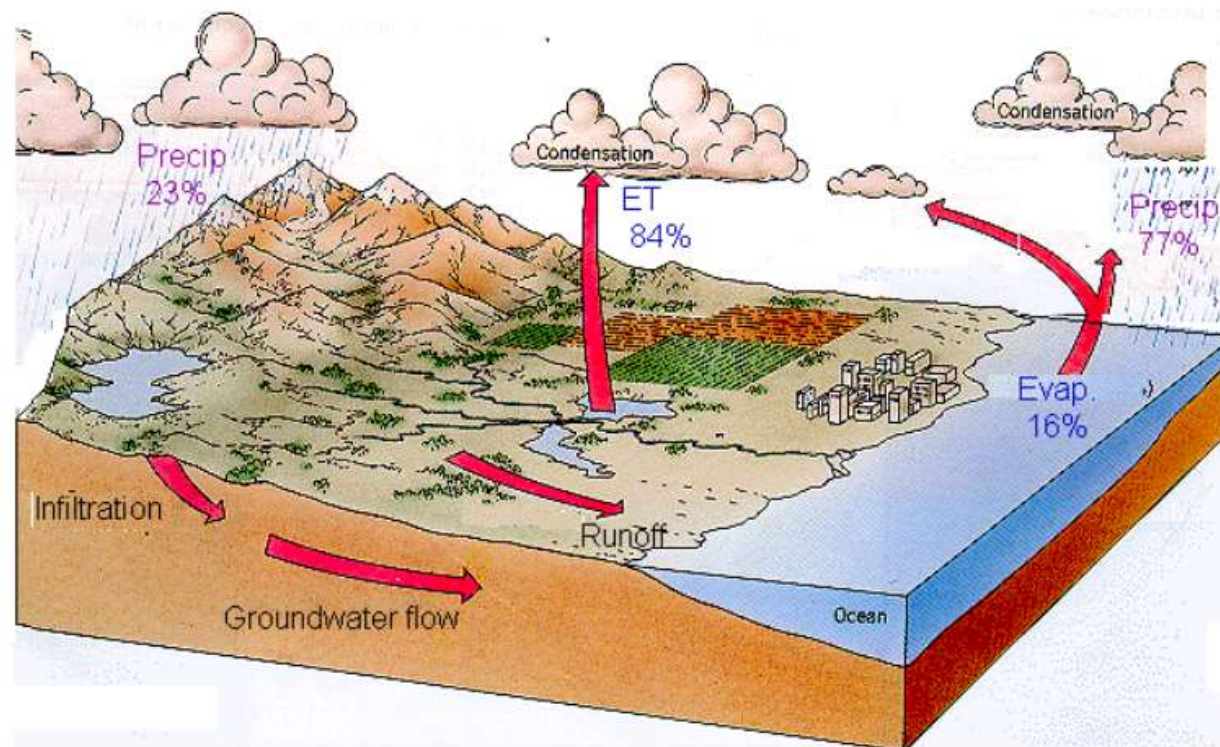
Prof. Fábio Marin

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"  
Departamento de Engenharia de Biosistemas  
LEB 306 – Meteorologia Agrícola



## Balanço Hídrico - Conceito

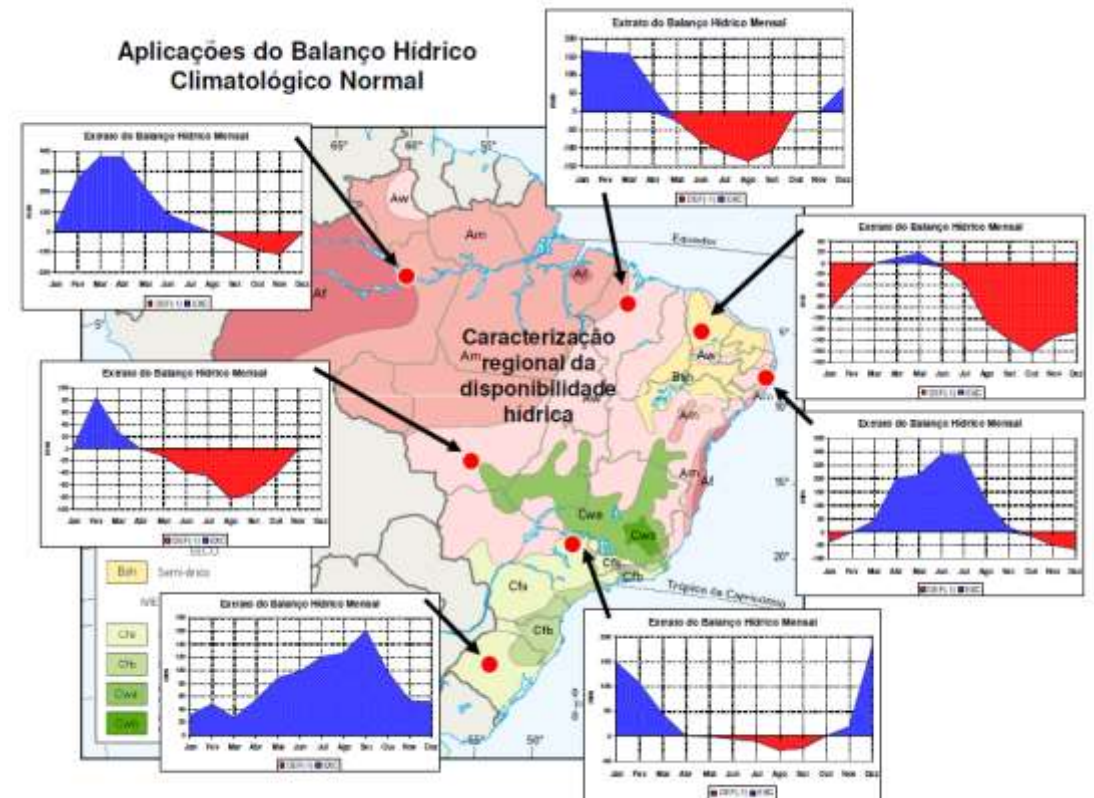
O balanço hídrico é a contabilização da água do solo, resultante da aplicação do Princípio de Conservação de Massa num volume de solo vegetado. A variação de armazenamento de água no volume considerado ( $\Delta ARM$ ), por intervalo de tempo, representa o balanço entre o que entrou e o que saiu de água do volume de controle.





# Balanço Hídrico - Introdução

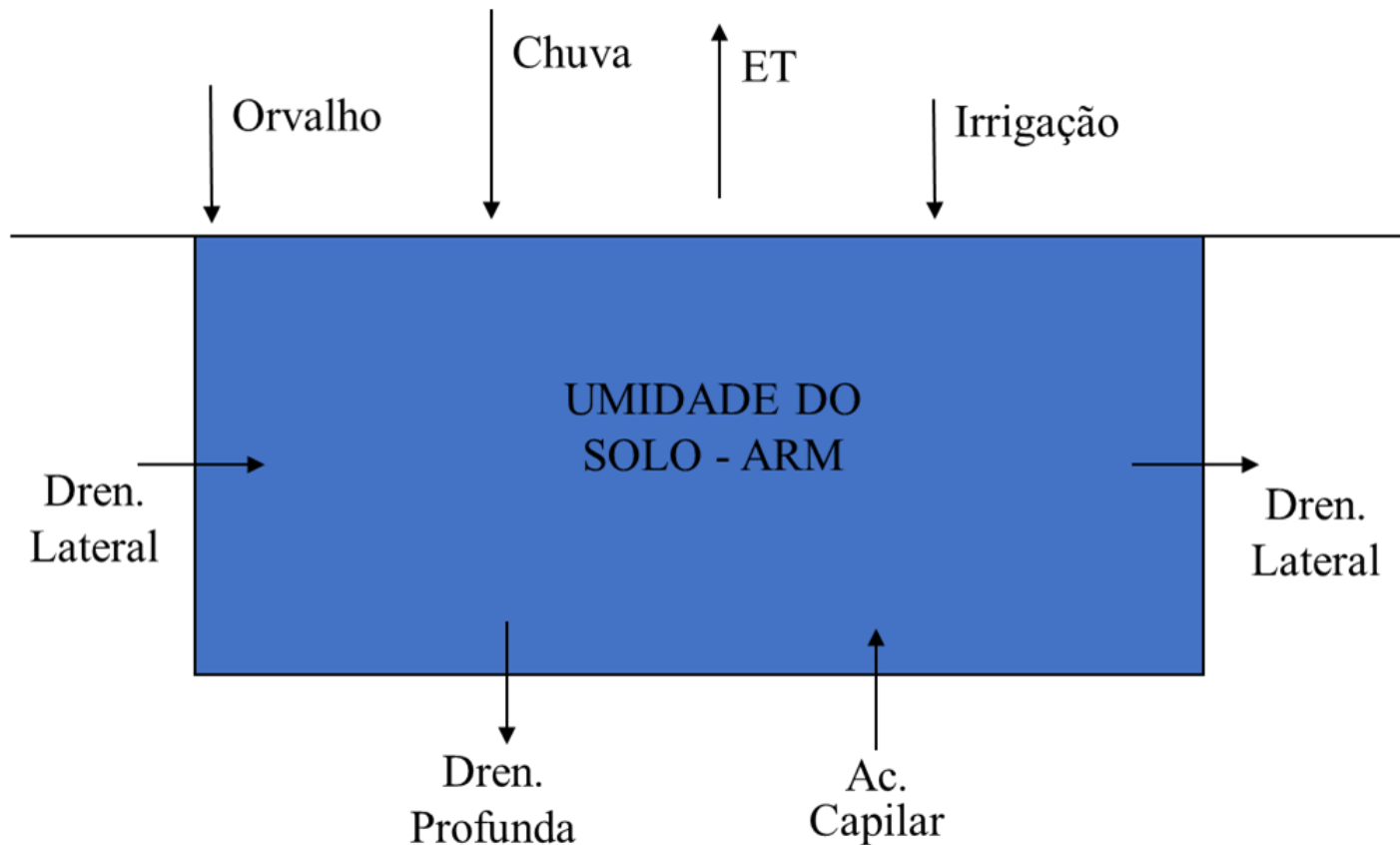
	Precipitação Anual
Porto Alegre	1347
Cuiabá	1314
Petrolina	608
Londres	611



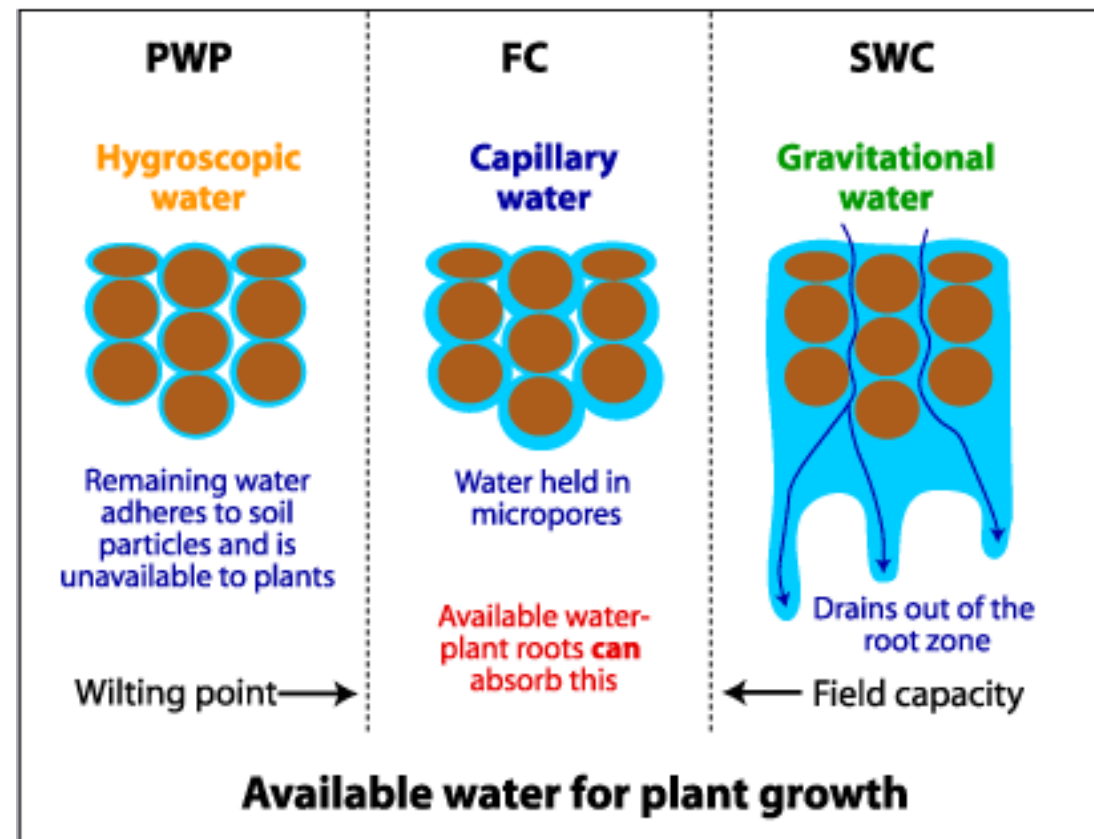
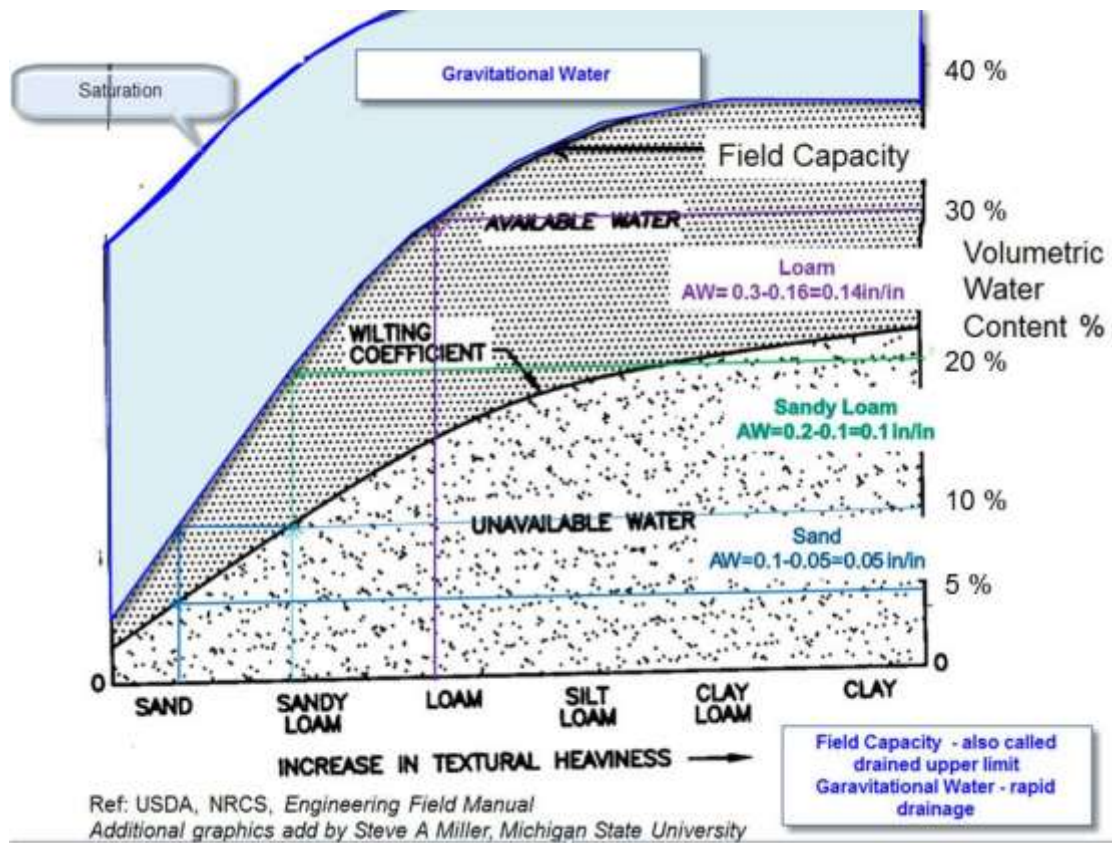
# Balanço Hídrico - Introdução

Em resumo:

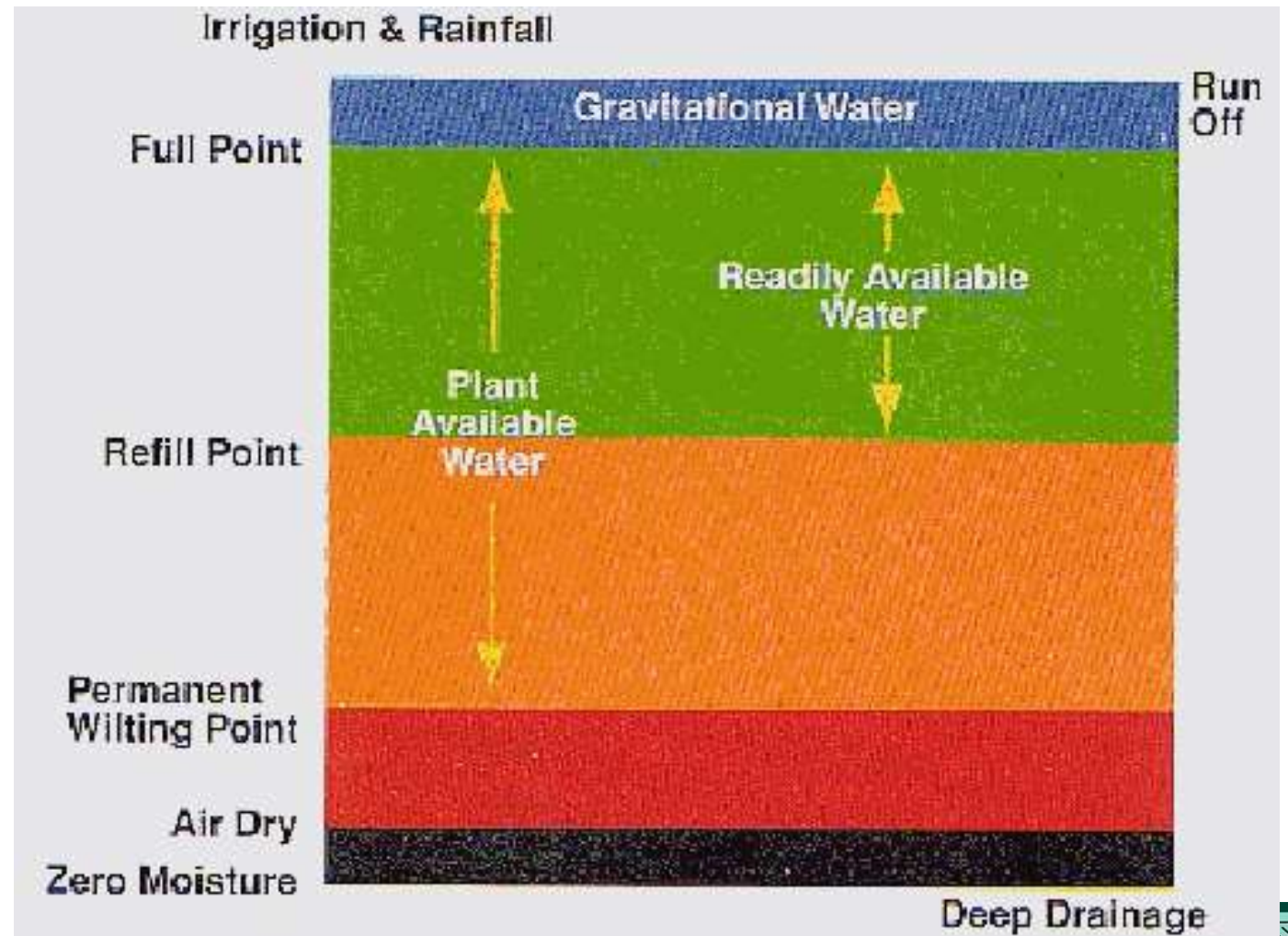
$$\text{Variação do ARM} = \text{Chuva} + \text{AC} - \text{ET} - \text{DP}$$



# Capacidade de água disponível: conceito

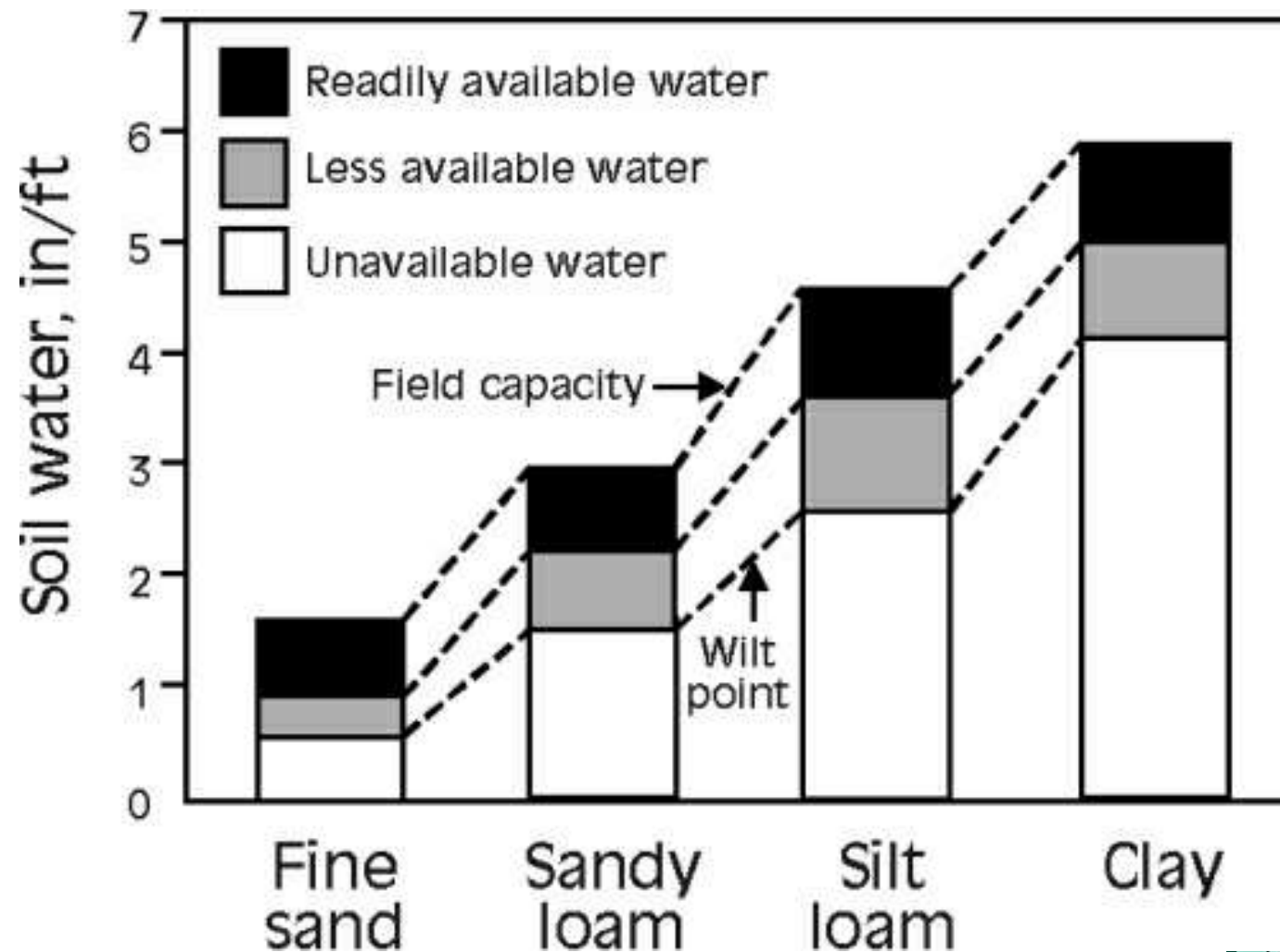


# Água Facilmente Disponível

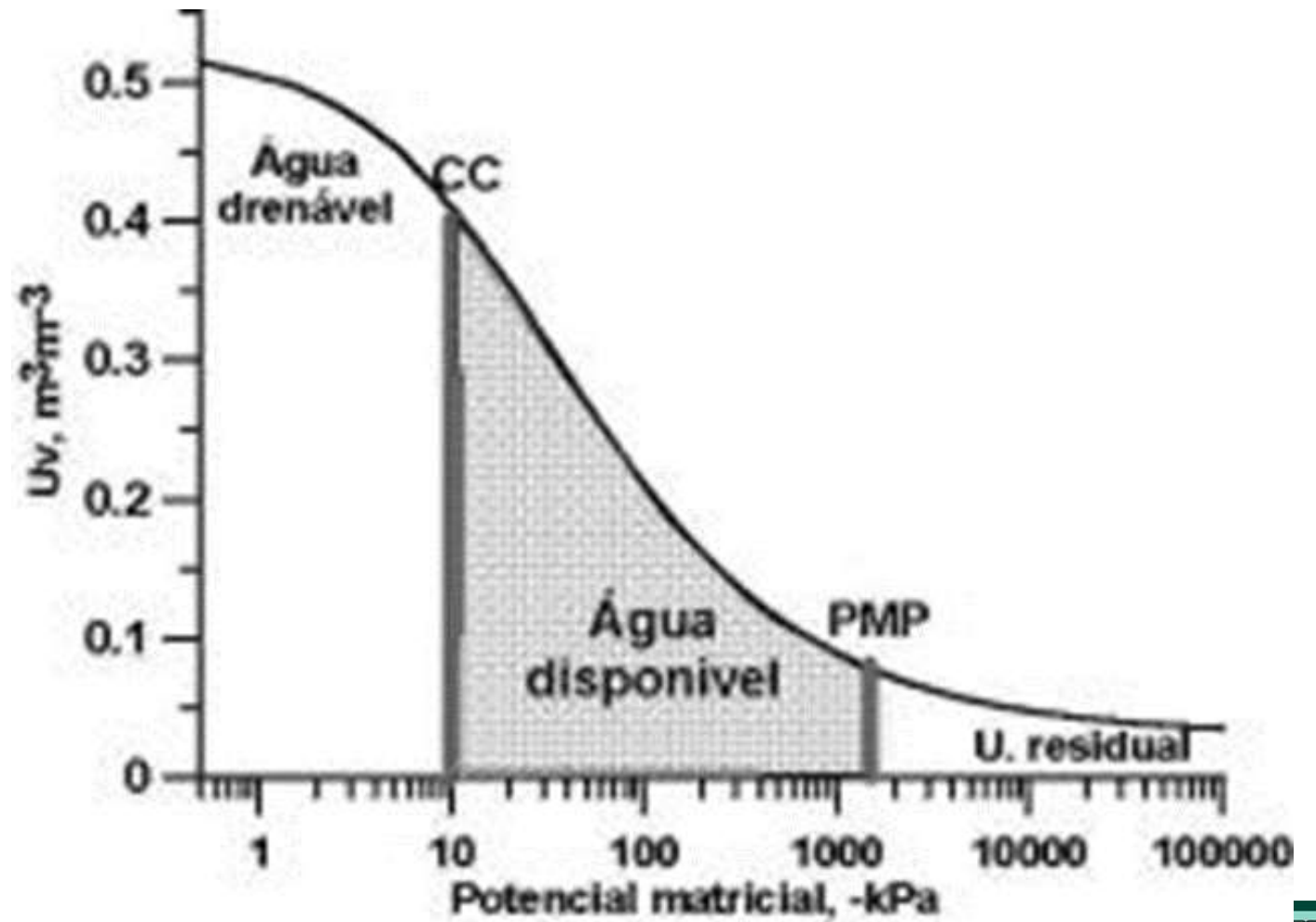




# Água Facilmente Disponível x Textura do Solo



# Curva de retenção de água no solo





# Calculando a Capacidade de Água Disponível

$$CAD = (CC\% - PMP\%) * Z * 1000$$

Sendo a CAD dada em mm e Z a profundidade efetiva do sistema radicular (m).

Valores de Referência:

Solos muito argilosos: 200 mm/m

Solos com textura média: 100 mm/m

Solos arenosos: 60 mm/m

**Nota:** Caso CC% e PMP% tenham sido medidas dadas em umidade gravimétrica do solo, é necessário multiplicar pela densidade aparente do solo, kg/m<sup>3</sup>) para se calcular a CAD.

# Tipos de Balanço Hídrico

BH Normal (mensal) –  
análise climatológica

BH sequencial (diário,  
semanal, decendial,  
mensal) –  
acompanhamento das  
condições

BH de culturas –  
monitoramento da  
irrigação, zoneamentos,  
estimativa de  
produtividade

# Elaboração do BH Climatológico Normal: Roteiro de cálculo

1) **Estimativa da ETo** com o método mais adequado para a região, dependendo dos dados meteorológicos disponíveis (*Penman-Monteith ou Camargo com Temperatura Efetiva*).

2) **Obtenção de dados de chuva (P)**

3) **Calcular (P-ETo)**, preservando os sinais positivos (+) e negativos (-)

**A partir deste ponto deve-se completar as colunas (NAC e ARM)**

**simultaneamente.** Importante: Critério de inicialização: **Inicia-se no primeiro mês com valor de (P-ETo) < 0** (negativo) (veja nota do slide seguinte).



# \*Nota: Critério para Inicialização do BH

- Nos locais muito secos, onde a deficiência hídrica dura por praticamente todo o ano, a inicialização do BH precisa ocorrer de outra forma. Observe a tabela abaixo: as condições A e B são comuns no sudeste e centro-oeste do Brasil. A condição C é normalmente necessário no Semiárido nordestino. Nesta condição, o NAC deve ser calculado com a equação apresentada em C.

A – se  $\Sigma(P-ETP)$  anual  $\geq 0 \Rightarrow ARM = CAD$  no último período da estação úmida

B – se  $\Sigma(P-ETP)$  anual  $< 0$ , mas  $\Sigma(P-ETP)^+ \geq CAD \Rightarrow$  Idem a A

C – se  $\Sigma(P-ETP)$  anual  $< 0$  e  $\Sigma(P-ETP)^+ < CAD$

$\Rightarrow NAC = CAD \cdot \text{Ln} [(\Sigma(P-ETP)^+/CAD)/(1 - e^{\Sigma(P-ETP)^+/CAD})]$  no último período da estação úmida

# Elaboração do BHC: Roteiro

- **4) Determinação do NAc e do ARM**

⇒ Se  $(P-ET_o) < 0$  ⇒ Calcula-se o NAc, ou seja, os valores de  $(P-ET_o)$  negativos, e posteriormente se calcula o valor do ARM

$$NAC = NAC \text{ anterior} + (P-ET_o);$$

$$ARM = CAD * \exp(-|NAC/CAD|)$$

⇒ Se  $(P-ET_o) \geq 0$  ⇒ Calcula-se primeiro o ARM e, posteriormente, calcula-se o Nac\*\*,

$$ARM = ARM \text{ anterior} + (P-ET_o);$$

$$Nac = CAD * \ln (ARM/CAD);$$

\*\*Nesse caso o NAC deve ser determinado no caso de haver um próximo período com  $(P-ET_o) < 0$ .

- **5) Cálculo da Alteração ( $ALT = \Delta ARM$ )**

- $ALT = ARM - ARM \text{ anterior}$  ( $ALT > 0$  ⇒ reposição;  
 $ALT < 0$  ⇒ retirada de água do solo)

# Elaboração do BHC: Roteiro

- **6) Determinação da ETR (Evapotranspiração Real)**
  - Se  $(P-ET_o) < 0 \Rightarrow ETR = P + |ALT|$
  - Se  $(P-ET_o) \geq 0 \Rightarrow ETR = ET_o$
- **7) Determinação da DEF (Deficiência hídrica = o quanto o sistema solo-planta deixou de evapotranspirar)**
  - $DEF = ET_o - ETR$
- **8) Determinação do EXC (Excedente hídrico, que corresponde à água que não pode ser retida e drena em profundidade = água gravitacional)**
  - Se  $ARM < CAD \Rightarrow EXC = 0$
  - Se  $ARM = CAD \Rightarrow EXC = (P-ET_o) - ALT$



A dark blue watercolor splash shape is centered on a white background. The splash has irregular, feathered edges and contains several smaller, lighter blue droplets and splatters around it.

# Exemplo de Cálculo do BH Climatológico

Posse - GO

Local: Posse, GO (Lat. 14.06'S) Período: 1961-1990 CAD = 100mm

P - ETo

MÊS	ETo	P	P-ETo	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Jan	116	271							
Fev	97	215							
Mar	104	230							
Abr	88	119							
Mai	78	20							
Jun	63	9							
Jul	62	5							
Ago	90	12							
Set	94	30							
Out	109	123							
Nov	106	223							
Dez	106	280							
Total									
Média									

**Início = P –  
ETo < 0**

MÊS	ETo	P	P-ETo	NAC	RM	ALT	ETR	DEF	EXC
Jan	116	271	155						
Fev	97	215	118						
Mar	104	230	126						
Abr	88	119	31						
Mai	78	20	-58						
Jun	63	9	-54						
Jul	62	5	-57						
Ago	90	12	-78						
Set	94	30	-64						
Out	109	123	14						
Nov	106	223	117						
Dez	106	280	174						
Total									
Média									



$$NAC = CAD * \ln (ARM/CAD)$$

$$ARM = CAD * e^{-|NAC/CAD|}$$

MÊS	ETo	P	P-ETo	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Jan	116	271	155						
Fev	97	215	118						
Mar	104	230	126						
Abr	88	119	31						
Mai	78	20	-58						
Jun	63	9	-54						
Jul	62	5	-57						
Ago	90	12	-78						
Set	94	30	-64						
Out	109	123	14						
Nov	106	223	117						
Dez	106	280	174						
Total									
Média									

Início



MÊS	ETo	P	P-ETo	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Jan	116	271	155						
Fev	97	215	118						
Mar	104	230	126						
Abr	88	119	31						
Mai	78	20	-58						
Jun	63	9	-54						
Jul	62	5	-57						
Ago	90	12	-78						
Set	94	30	-64						
Out	109	123	14						
Nov	106	223	117						
Dez	106	280	174						
Total									
Média									



$$NAC = CAD * \ln (ARM/CAD)$$

$$ARM = CAD * e^{-|NAC/CAD|}$$

MÊS	ETo	P	P-ETo	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Jan	116	271	155						
Fev	97	215	118						
Mar	104	230	126						
Abr	88	119	31						
Mai	78	20	-58						
Jun	63	9	-54						
Jul	62	5	-57						
Ago	90	12	-78						
Set	94	30	-64						
Out	109	123	14						
Nov	106	223	117						
Dez	106	280	174						
Total									
Média									



$$NAC = CAD * \ln (ARM/CAD)$$

$$ARM = CAD * e^{-|NAC/CAD|}$$

MÊS	ETo	P	P-ETo	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Jan	116	271	155						
Fev	97	215	118						
Mar	104	230	126						
Abr	88	119	31						
Mai	78	20	-58	-58	56				
Jun	63	9	-54						
Jul	62	5	-57						
Ago	90	12	-78						
Set	94	30	-64						
Out	109	123	14						
Nov	106	223	117						
Dez	106	280	174						
Total									
Média									

$$NAC = CAD * \ln (ARM/CAD)$$

$$ARM = CAD * e^{-|NAC/CAD|}$$

MÊS	ETo	P	P-ETo	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Jan	116	271	155						
Fev	97	215	118						
Mar	104	230	126						
Abr	88	119	31						
Mai	78	20	-58	-58	56				
Jun	63	9	-54	-112	33				
Jul	62	5	-57	-169	18				
Ago	90	12	-78	-247	8				
Set	94	30	-64	-311	4				
Out	109	123	14	-171	18				
Nov	106	223	117	0	100				
Dez	106	280	174	0	100				
Total									
Média									

$$NAC = CAD * \ln (ARM/CAD)$$

$$ARM = CAD * e^{-|NAC/CAD|}$$

MÊS	ETo	P	P-ETo	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Jan	116	271	155	0	100				
Fev	97	215	118						
Mar	104	230	126						
Abr	88	119	31						
Mai	78	20	-58	-58	56				
Jun	63	9	-54	-112	33				
Jul	62	5	-57	-169	18				
Ago	90	12	-78	-247	8				
Set	94	30	-64	-311	4				
Out	109	123	14	-171	18				
Nov	106	223	117	0	100				
Dez	106	280	174	0	100				
Total									
Média									

$$NAC = CAD * \ln (ARM/CAD)$$

$$ARM = CAD * e^{-|NAC/CAD|}$$

MÊS	ETo	P	P-ETo	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Jan	116	271	155	0	100				
Fev	97	215	118	0	100				
Mar	104	230	126	0	100				
Abr	88	119	31	0	100				
Mai	78	20	-58	-58	56				
Jun	63	9	-54	-112	33				
Jul	62	5	-57	-169	18				
Ago	90	12	-78	-247	8				
Set	94	30	-64	-311	4				
Out	109	123	14	-171	18				
Nov	106	223	117	0	100				
Dez	106	280	174	0	100				
Total									
Média									



$$\text{ALT} = \text{ARM} - \text{ARM anterior}$$

MÊS	ETo	P	P-ETo	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Jan	116	271	155	0	100				
Fev	97	215	118	0	100				
Mar	104	230	126	0	100				
Abr	88	119	31	0	100				
Mai	78	20	-58	-58	56				
Jun	63	9	-54	-112	33				
Jul	62	5	-57	-169	18				
Ago	90	12	-78	-247	8				
Set	94	30	-64	-311	4				
Out	109	123	14	-171	18				
Nov	106	223	117	0	100				
Dez	106	280	174	0	100				
Total									
Média									

$$\text{ALT} = \text{ARM} - \text{ARM anterior}$$

MÊS	ETo	P	P-ETo	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Jan	116	271	155	0	100	0			
Fev	97	215	118	0	100	0			
Mar	104	230	126	0	100	0			
Abr	88	119	31	0	100	0			
Mai	78	20	-58	-58	56	-44			
Jun	63	9	-54	-112	33	-23			
Jul	62	5	-57	-169	18	-15			
Ago	90	12	-78	-247	8	-10			
Set	94	30	-64	-311	4	-4			
Out	109	123	14	-171	18	14			
Nov	106	223	117	0	100	82			
Dez	106	280	174	0	100	0			
Total									
Média									

Se  $(P - E_{To}) < 0 \Rightarrow ETR = P + |ALT|$

Se  $(P - E_{To}) \geq 0 \Rightarrow ETR = E_{To}$

MÊS	E <sub>To</sub>	P	P-E <sub>To</sub>	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Jan	116	271	155	0	100	0			
Fev	97	215	118	0	100	0			
Mar	104	230	126	0	100	0			
Abr	88	119	31	0	100	0			
Mai	78	20	-58	-58	56	-44			
Jun	63	9	-54	-112	33	-23			
Jul	62	5	-57	-169	18	-15			
Ago	90	12	-78	-247	8	-10			
Set	94	30	-64	-311	4	-4			
Out	109	123	14	-171	18	14			
Nov	106	223	117	0	100	82			
Dez	106	280	174	0	100	0			
Total									
Média									

Se  $(P - ETo) < 0 \Rightarrow ETR = P + |ALT|$

Se  $(P - ETo) \geq 0 \Rightarrow ETR = ETo$

MÊS	ETo	P	P-ETo	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Jan	116	271	155	0	100	0	116		
Fev	97	215	118	0	100	0	97		
Mar	104	230	126	0	100	0	104		
Abr	88	119	31	0	100	0	88		
Mai	78	20	-58	-58	56	-44	64		
Jun	63	9	-54	-112	33	-23	32		
Jul	62	5	-57	-169	18	-15	20		
Ago	90	12	-78	-247	8	-10	22		
Set	94	30	-64	-311	4	-4	34		
Out	109	123	14	-171	18	14	109		
Nov	106	223	117	0	100	82	106		
Dez	106	280	174	0	100	0	106		
Total									
Média									

$$\text{DEF} = \text{ETo} - \text{ETR}$$

MÊS	ETo	P	P-ETo	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Jan	116	271	155	0	100	0	116		
Fev	97	215	118	0	100	0	97		
Mar	104	230	126	0	100	0	104		
Abr	88	119	31	0	100	0	88		
Mai	78	20	-58	-58	56	-44	64		
Jun	63	9	-54	-112	33	-23	32		
Jul	62	5	-57	-169	18	-15	20		
Ago	90	12	-78	-247	8	-10	22		
Set	94	30	-64	-311	4	-4	34		
Out	109	123	14	-171	18	14	109		
Nov	106	223	117	0	100	82	106		
Dez	106	280	174	0	100	0	106		
Total									
Média									



$$\text{DEF} = \text{ETo} - \text{ETR}$$

MÊS	ETo	P	P-ETo	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Jan	116	271	155	0	100	0	116	0	
Fev	97	215	118	0	100	0	97	0	
Mar	104	230	126	0	100	0	104	0	
Abr	88	119	31	0	100	0	88	0	
Mai	78	20	-58	-58	56	-44	64	-14	
Jun	63	9	-54	-112	33	-23	32	-31	
Jul	62	5	-57	-169	18	-15	20	-42	
Ago	90	12	-78	-247	8	-10	22	-68	
Set	94	30	-64	-311	4	-4	34	-60	
Out	109	123	14	-171	18	14	109	0	
Nov	106	223	117	0	100	82	106	0	
Dez	106	280	174	0	100	0	106	0	
Total									
Média									

Se  $ARM < CAD \Rightarrow EXC = 0$   
 Se  $ARM = CAD \Rightarrow EXC = (P - ETo) - ALT$

MÊS	ETo	P	P-ETo	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Jan	116	271	155	0	100	0	116	0	
Fev	97	215	118	0	100	0	97	0	
Mar	104	230	126	0	100	0	104	0	
Abr	88	119	31	0	100	0	88	0	
Mai	78	20	-58	-58	56	-44	64	-14	
Jun	63	9	-54	-112	33	-23	32	-31	
Jul	62	5	-57	-169	18	-15	20	-42	
Ago	90	12	-78	-247	8	-10	22	-68	
Set	94	30	-64	-311	4	-4	34	-60	
Out	109	123	14	-171	18	14	109	0	
Nov	106	223	117	0	100	82	106	0	
Dez	106	280	174	0	100	0	106	0	
Total									
Média									

Se  $ARM < CAD \Rightarrow EXC = 0$

Se  $ARM = CAD \Rightarrow EXC = (P - ETo) - ALT$

MÊS	ETo	P	P-ETo	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Jan	116	271	155	0	100	0	116	0	155
Fev	97	215	118	0	100	0	97	0	118
Mar	104	230	126	0	100	0	104	0	126
Abr	88	119	31	0	100	0	88	0	31
Mai	78	20	-58	-58	56	-44	64	-14	0
Jun	63	9	-54	-112	33	-23	32	-31	0
Jul	62	5	-57	-169	18	-15	20	-42	0
Ago	90	12	-78	-247	8	-10	22	-68	0
Set	94	30	-64	-311	4	-4	34	-60	0
Out	109	123	14	-171	18	14	109	0	0
Nov	106	223	117	0	100	82	106	0	35
Dez	106	280	174	0	100	0	106	0	174
Total									
Média									



Calcula-se o TOTAL e a MÉDIA

MÊS	ETo	P	P-ETo	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Jan	116	271	155	0	100	0	116	0	155
Fev	97	215	118	0	100	0	97	0	118
Mar	104	230	126	0	100	0	104	0	126
Abr	88	119	31	0	100	0	88	0	31
Mai	78	20	-58	-58	56	-44	64	-14	0
Jun	63	9	-54	-112	33	-23	32	-31	0
Jul	62	5	-57	-169	18	-15	20	-42	0
Ago	90	12	-78	-247	8	-10	22	-68	0
Set	94	30	-64	-311	4	-4	34	-60	0
Out	109	123	14	-171	18	14	109	0	0
Nov	106	223	117	0	100	82	106	0	35
Dez	106	280	174	0	100	0	106	0	174
<b>Total</b>									
<b>Média</b>									

Calcula-se o TOTAL e a MÉDIA

MÊS	ETo	P	P-ETo	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Jan	116	271	155	0	100	0	116	0	155
Fev	97	215	118	0	100	0	97	0	118
Mar	104	230	126	0	100	0	104	0	126
Abr	88	119	31	0	100	0	88	0	31
Mai	78	20	-58	-58	56	-44	64	-14	0
Jun	63	9	-54	-112	33	-23	32	-31	0
Jul	62	5	-57	-169	18	-15	20	-42	0
Ago	90	12	-78	-247	8	-10	22	-68	0
Set	94	30	-64	-311	4	-4	34	-60	0
Out	109	123	14	-171	18	14	109	0	0
Nov	106	223	117	0	100	82	106	0	35
Dez	106	280	174	0	100	0	106	0	174
<b>Total</b>	<b>1113</b>	<b>1537</b>	<b>424</b>	<b>-1068</b>	<b>737</b>	<b>0</b>	<b>898</b>	<b>-215</b>	<b>639</b>
<b>Média</b>	<b>93</b>	<b>128</b>	<b>35</b>	<b>-89</b>	<b>61</b>	<b>0</b>	<b>75</b>	<b>-18</b>	<b>53</b>



Aferição do  
Balanço  
Hídrico

$$\Sigma P = \Sigma ETP + \Sigma (P-ETP)$$

$$\Sigma P = \Sigma ETR + \Sigma EXC$$

$$\Sigma ETP = \Sigma ETR + \Sigma DEF$$

$$\Sigma ALT = 0$$

# Aferição BHC Normal Posse - GO

$$\Sigma P = \Sigma ETo + \Sigma(P-ETo) \Rightarrow 1537 = 1113 + 424$$

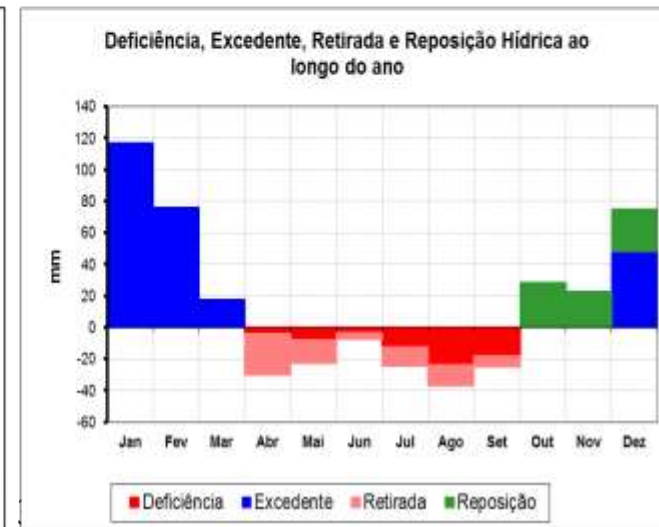
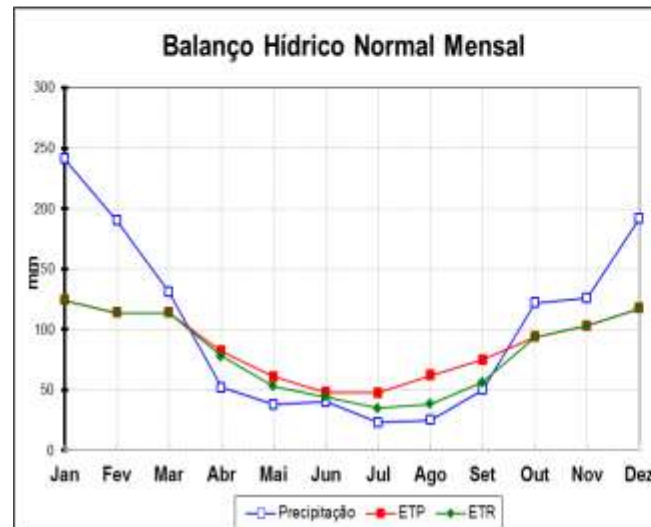
$$\Sigma P = \Sigma ETR + \Sigma EXC \Rightarrow 1537 = 898 + 639$$

$$\Sigma ETo = \Sigma ETR + \Sigma DEF \Rightarrow 1113 = 898 + 215$$

$$\Sigma ALT = 0 \Rightarrow 0 = 0$$

# Representação Esquemática do BH Normal

Piracicaba - SP



bio Marin

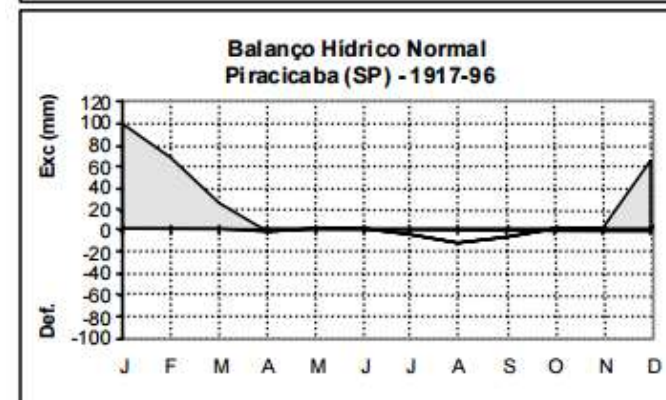
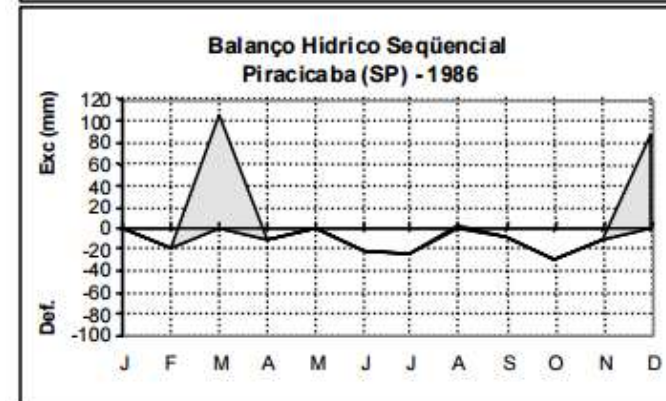
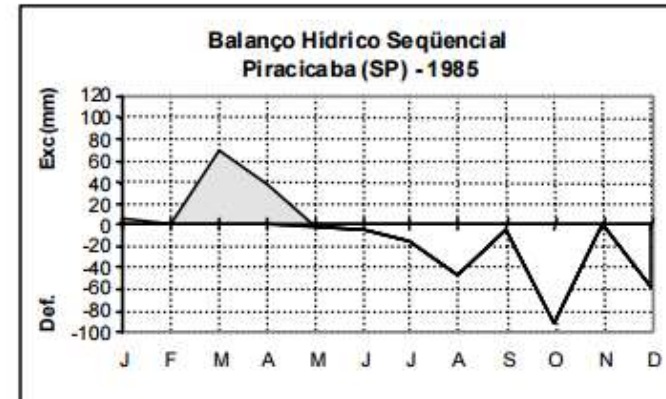


# Balanço Hídrico Sequencial

- Possibilita o acompanhamento em tempo real da disponibilidade de água no solo.
- Pode ser realizado em escala diária, quinquidial, semanal, decendial ou mensal.
- A inicialização deve ser feito, preferencialmente num período chuvoso, em que se possa assumir  $ARM=CAD$ .

Mês/Dec		Tar (°C)	ET (mm)	Cor	ETP (mm)	P (mm)	P-ETP	NEG ACU	ARM (mm)	ALT	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
<b>Local:</b> Piracicaba (SP) <b>Lat:</b> 22°42'S <b>Long:</b> 47°38'W <b>Alt.:</b> 546m. <b>Período:</b> Jan. a Abr./1997 <b>Escala:</b> Decendial <b>CAD =</b> 100mm <b>Tanual =</b> 21°C													
<b>Jan</b>	<b>1</b>	23,9	3,6	1,15	40	220	+180	0	100	0	40	0	180
	<b>2</b>	26,2	4,1	1,15	46	94	+48	0	100	0	46	0	48
	<b>3</b>	27,0	4,1	1,15	51	1	-50	-50	61	-39	40	11	0
<b>Fev</b>	<b>1</b>	26,5	4,1	1,00	44	70	+26	-14	87	+26	44	0	0
	<b>2</b>	25,5	4,1	1,00	44	35	-9	-23	79	-8	43	1	0
	<b>3</b>	26,0	4,1	1,00	39	154	+115	0	100	+21	39	0	94
<b>Mar</b>	<b>1</b>	24,5	3,9	1,05	40	80	+40	0	100	0	40	0	40
	<b>2</b>	24,6	3,9	1,05	40	44	+4	0	100	0	40	0	4
	<b>3</b>	25,7	4,1	1,05	46	23	-23	-23	79	-21	44	2	0
<b>Abr</b>	<b>1</b>	26,0	4,1	0,97	40	0	-40	-63	53	-26	26	14	0
	<b>2</b>												
	<b>3</b>												

# Balanço Hídrico Sequencial Representação





# Balanço Hídrico de Cultivos

- Objetiva calcular o armazenamento hídrico do solo levando-se em conta o tipo de cultura e sua fase de desenvolvimento.
- Neste BH, usa-se a evapotranspiração máxima de cultura (ETc) e o BH é calculado do mesmo modo.
- Para estimativa de ETc, um dos métodos mais simples é pelo uso do coeficiente de cultivo:

$$ETc = Kc * ETo$$

# Balanço Hídrico de Cultivos - Kc

Tabela 14.1. Coeficientes de cultura (Kc) para alguns cultivos. Fonte: Doorenbos & Kassam (1994).

Cultura	Fases de Desenvolvimento da Cultura				
	Estabelecimento	Desenv. Veget.	Florescimento	Frutificação	Maturação
Alfafa	0,3 - 0,4	- -	- -	- -	1,05 - 1,2
Algodão	0,4 - 0,5	0,7 - 0,8	1,05 - 1,25	0,8 - 0,9	0,65 - 0,7
Amendoim	0,4 - 0,5	0,7 - 0,8	0,95 - 1,1	0,75 - 0,85	0,55 - 0,6
Arroz	0,4 - 0,5	0,7 - 0,8	0,9 - 1,2	0,8 - 0,9	0,5 - 0,6
Banana Tropical	0,4 - 0,5	0,7 - 0,85	1,0 - 1,1	0,9 - 1,0	0,75 - 0,85
Banana Subtropical	0,5 - 0,65	0,8 - 0,9	1,0 - 1,2	1,0 - 1,15	1,0 - 1,15
Batata	0,4 - 0,5	0,7 - 0,8	1,05 - 1,2	0,85 - 0,95	0,7 - 0,75
Beterraba açucareira	0,4 - 0,5	0,75 - 0,85	1,05 - 1,2	0,9 - 1,0	0,6 - 0,7
Cana - de - açúcar	0,4 - 0,5	0,7 - 1,0	1,0 - 1,3	0,75 - 0,8	0,5 - 0,6
Cebola seca	0,4 - 0,6	0,7 - 0,8	0,95 - 1,1	0,85 - 0,9	0,75 - 0,85
Cebola verde	0,4 - 0,6	0,6 - 0,75	0,95 - 1,05	0,95 - 1,05	0,95 - 1,05
Café c/ trato			0,65 - 0,8		
Café s/ trato			0,85 - 0,9		
Citros c/ trato			0,65 - 0,75		
Citros s/ trato			0,85 - 0,9		
Ervilha	0,4 - 0,5	0,7 - 0,85	1,05 - 1,2	1,0 - 1,15	0,95 - 1,1
Feijão verde	0,3 - 0,4	0,65 - 0,75	0,95 - 1,05	0,9 - 0,95	0,85 - 0,95
Feijão seco	0,3 - 0,4	0,7 - 0,8	1,05 - 1,2	0,65 - 0,75	0,25 - 0,3
Girassol	0,3 - 0,4	0,7 - 0,8	1,05 - 1,2	0,7 - 0,8	0,35 - 0,45
Melancia	0,4 - 0,5	0,7 - 0,8	0,95 - 1,05	0,8 - 0,9	0,65 - 0,75
Milho doce	0,3 - 0,5	0,7 - 0,9	1,05 - 1,2	1,0 - 1,15	0,9 - 1,1
Milho grão	0,3 - 0,5	0,7 - 0,85	1,05 - 1,2	0,8 - 0,95	0,55 - 0,6
Oliveira			0,4 - 0,6		
Pimentão verde	0,3 - 0,4	0,6 - 0,75	0,95 - 1,1	0,85 - 1,0	0,8 - 0,9
Repolho	0,4 - 0,5	0,7 - 0,8	0,95 - 1,1	0,9 - 1,0	0,8 - 0,95
Seringueira			0,7 - 1,2		
Soja	0,3 - 0,4	0,7 - 0,8	1,0 - 1,15	0,7 - 0,8	0,4 - 0,5
Sorgo	0,3 - 0,4	0,7 - 0,75	1,0 - 1,15	0,75 - 0,8	0,5 - 0,55
Tabaco	0,3 - 0,4	0,7 - 0,8	1,0 - 1,2	0,9 - 1,0	0,75 - 0,85
Tomate	0,4 - 0,5	0,7 - 0,8	1,05 - 1,25	0,8 - 0,95	0,6 - 0,65
Trigo	0,3 - 0,4	0,7 - 0,8	1,05 - 1,2	0,65 - 0,75	0,2 - 0,25
Uva	0,35 - 0,55	0,6 - 0,8	0,7 - 0,9	0,6 - 0,8	0,55 - 0,7

Primeiro valor: com umidade elevada (UR min > 70%) e vento fraco (U < 5 m/s)

Segundo valor: com umidade baixa (UR min < 70%) e vento forte (U > 5m/s)

## Balanço Hídrico de Cultivos - Kc

Tabela 14.2. Valores de Kc por decêndio após a emergência, para alguns cultivos anuais. (Fonte: Alfonsi et al., 1990).

Dec.*	Soja			Trigo	Feijão	Arroz	Algo dão	Batata	Amen- doim	Milho		
	precoce	média	tardia							precoce	normal	inv.
1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,4	0,4
3	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,5	0,5	0,5
4	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,8	0,9	0,6	0,6	0,6
5	0,9	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0	0,8	1,0	1,0	0,7	0,7	0,7
6	1,1	1,0	0,9	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	0,9	0,8	0,7
7	1,2	1,1	1,0	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2	1,0	0,9	0,8
8	1,1	1,2	1,1	1,2	0,8	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,0	0,9
9	1,0	1,1	1,2	1,1	0,4	1,1	1,2	0,9	1,1	1,2	1,2	1,0
10	0,8	1,0	1,1	0,8		1,0	1,1	0,7	1,0	1,0	1,2	1,1
11	0,7	0,8	1,0	0,7		0,6	1,1		0,8	0,9	1,1	1,2
12	0,5	0,7	0,9	0,6			1,0		0,6	0,8	1,0	1,0
13		0,5	0,8	0,3			0,9			0,5	0,8	1,0
14			0,7				0,7				0,5	
15			0,5				0,5					

\* Dec. = decêndios após a semeadura.

# BH para controle da irrigação

- É uma adaptação/simplificação do BH climatológico sequencial para facilitar sua aplicação em condições operacionais.
- Aplica-se principalmente para irrigação não localizada.
- Além do conhecimento prévio da fenologia da cultura, da demanda hídrica e das características físicas do perfil de solo, é necessário também conhecer a lâmina de irrigação ou dotação de rega. Esta pode ser fixa ou variável, dependendo do sistema de irrigação.
- É necessário também definir o valor da Água Facilmente Disponível (AFD) para o cultivo, dependente do fator  $p$ :

$$AFD = CAD * p$$



Tabela 14.3. Fração  $p$  para grupos de cultura e ETc. Fonte: Doorenbos & Kassam (1994).

Culturas	Grupo	ETc (mm d <sup>-1</sup> )								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cebola, Pimentão, Batata	1	0,50	0,43	0,35	0,30	0,25	0,23	0,20	0,20	0,18
Banana, Repolho, Uva, Ervilha, Tomate	2	0,68	0,58	0,48	0,40	0,35	0,33	0,28	0,25	0,23
Alfafa, Feijão, Citros, Amendoim, Girassol, Trigo	3	0,80	0,70	0,60	0,50	0,45	0,43	0,38	0,35	0,30
Algodão, Milho, Sorgo, Soja, Cana-de-acúcar	4	0,88	0,80	0,70	0,60	0,55	0,50	0,45	0,43	0,40

BH para controle da irrigação

$$AFD = p * CAD$$

# BH para controle da irrigação

- Cálculo da AFDi

Para dotação de rega (DR) variável:

AFDi -> água facilmente disponível no início do período

AFDf -> água facilmente disponível no final do período

$AFDi = AFDf$  do período anterior

$AFDf = AFDi + (I + P - ETc)$



# Leitura

Obrigatória:

Pereira, Angelocci, Sentelhas. Meteorologia Agrícola. Apostila. ESALQ. 2007. Cap 13.

Disponível em [http://www.ler.esalq.usp.br/aulas/lce306/MeteorAgricola\\_Apostila2007.pdf](http://www.ler.esalq.usp.br/aulas/lce306/MeteorAgricola_Apostila2007.pdf)