



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA

Universidade de Lisboa
Departamento de Ciências e
Engenharia de Biosistemas

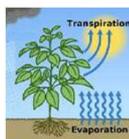
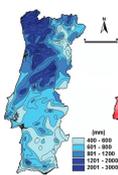


UC Necessidades hídricas e sistemas de rega

Aula 1 (T)

Cap1. A Importância da rega em Portugal

Cap2. Necessidades hídricas das culturas (introdução(revisões))



Área disciplinar de Eng^o Rural

CAP1. A IMPORTÂNCIA DA REGA EM PORTUGAL

- 1.1 Porque é necessário regar em Portugal;
- 1.2 Evolução da área regada em Portugal;
- 1.3 Distribuição da área regada em Portugal;
- 1.4 Consumo de água na agricultura

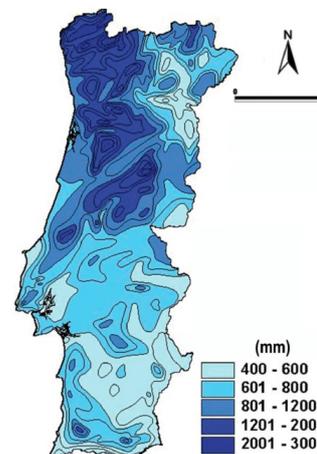
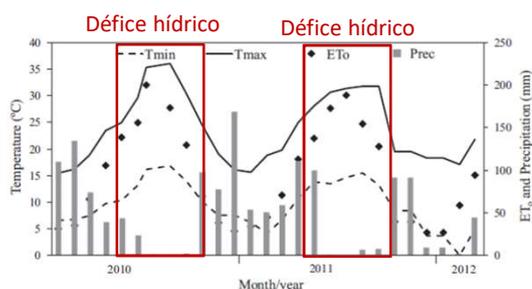
Área disciplinar de Eng^o Rural

1. A IMPORTÂNCIA DA REGA EM PORTUGAL

1.1 PORQUE É NECESSÁRIO REGAR EM PORTUGAL

- Portugal tem precipitação média anual da ordem dos 700 mm;
- a distribuição *irregular no espaço* gera problemas de escassez de água em determinados períodos do ano em particular no sul e interior centro e norte.
- a distribuição *irregular no tempo* gera problemas de escassez de água no período de abril a setembro

ETo e precipitação:
exemplo Beja



- o regadio surge como uma componente fundamental para a agricultura, sem o qual não é possível um conveniente desenvolvimento vegetativo das *culturas de primavera-verão*

Área disciplinar de Eng^o Rural

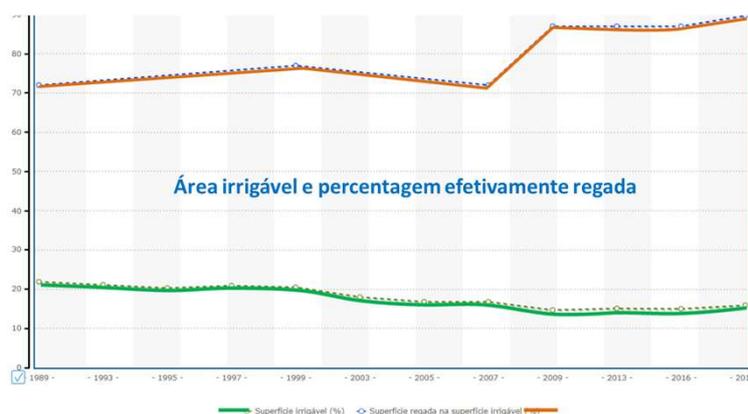
3

1.2 EVOLUÇÃO DA ÁREA REGADA EM PORTUGAL

Percentagem da irrigável que é regada

Percentagem da SAU que é irrigável

<https://www.pordata.pt>



•**SUPERFÍCIE IRRIGÁVEL:** Superfície máxima da exploração que no decurso do ano agrícola, poderia, se necessário, ser regada por meio de instalações técnicas próprias da exploração e por uma quantidade de água normalmente disponível.

•**SUPERFÍCIE REGADA:** Superfície agrícola da exploração ocupada por culturas temporárias principais, culturas permanentes e prados e pastagens permanentes que foram regadas pelo menos uma vez no ano agrícola.

Área disciplinar de Eng^o Rural

4

A percentagem da Superfície Agrícola Utilizada (SAU) que é regada em Portugal tem vindo a diminuir devido a vários fatores:

1. Aumento da SAU: Entre 2009 e 2019, a SAU aumentou 8,1%, passando a ocupar 3,9 milhões de hectares. Este crescimento da área total agrícola dilui a proporção de áreas regadas, mesmo que a área regada tenha aumentado em termos absolutos;

2. Alterações nos padrões culturais: Verificou-se um decréscimo de 11,6% nas culturas arvenses, que tradicionalmente requerem mais rega, e aumentos nas áreas de culturas permanentes (+24,6%) e pastagens permanentes (+14,9%);

3. Custos de investimento e manutenção: A implementação e manutenção de sistemas de rega exigem investimentos significativos, o que pode ser um obstáculo para alguns agricultores, especialmente em explorações de menor dimensão.

Em resumo, embora a área total regada possa ter aumentado em termos absolutos, o crescimento mais acentuado da SAU e as mudanças nas práticas agrícolas resultaram numa diminuição percentual da superfície agrícola regada em Portugal.

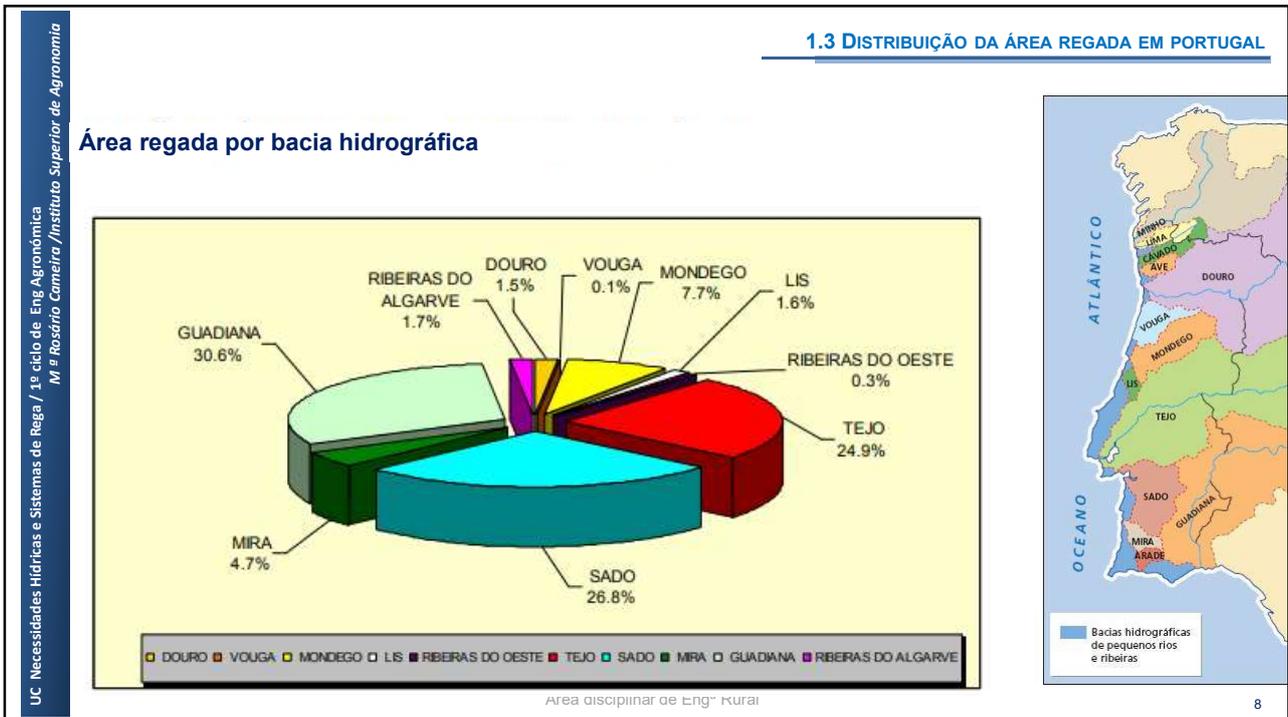
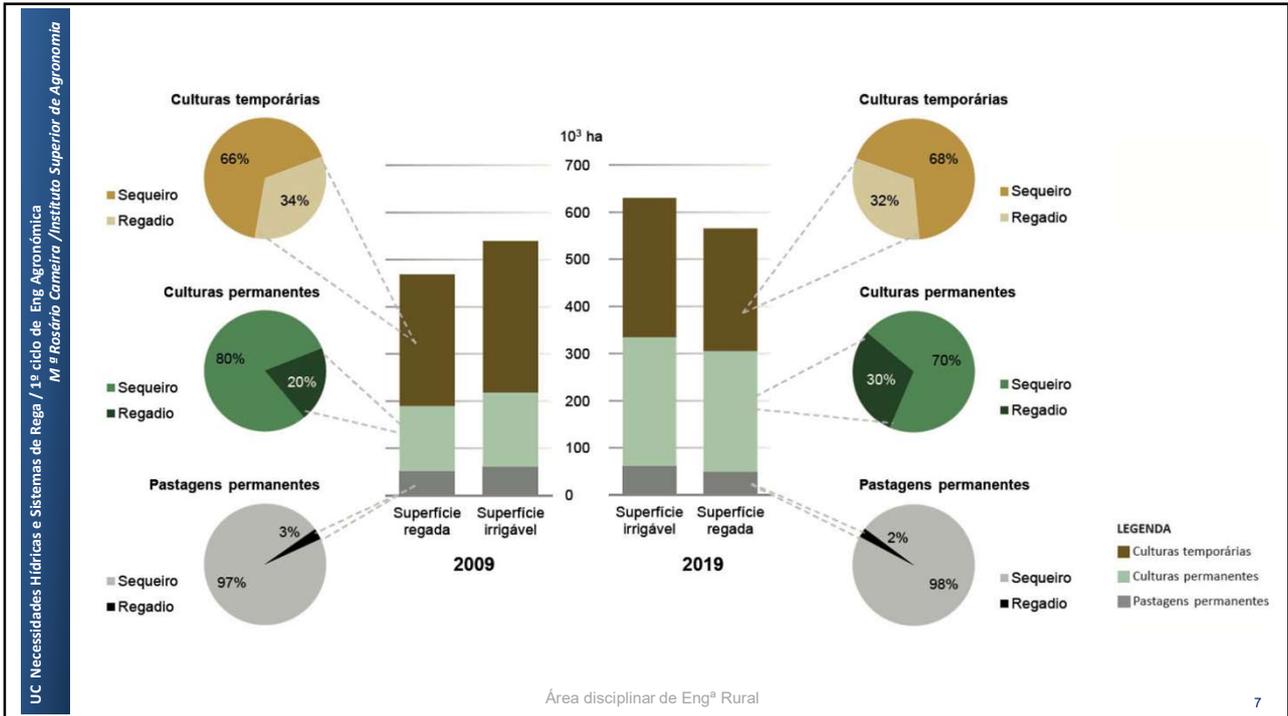
Evolução da área regada em Portugal desde 2000 até 2019 apresenta as seguintes tendências:

2000: A área regada situava-se em aproximadamente **500 mil hectares**.

2009: Registou-se um aumento para cerca de **540 mil hectares**, impulsionado por investimentos em infraestruturas de regadio e modernização de sistemas existentes.

2019: De acordo com o Recenseamento Agrícola de 2019, a superfície irrigável atingiu **630,5 mil hectares**, representando 15,9% da Superfície Agrícola Utilizada (SAU). Desta área, 89,8% foi efetivamente regada, correspondendo a **566,2 mil hectares**. (ver gráfico de ppt anterior)

Este crescimento deve-se a investimentos em novos projetos de regadio, como o Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva e à modernização de sistemas existentes, visando aumentar a eficiência hídrica e a produtividade agrícola.



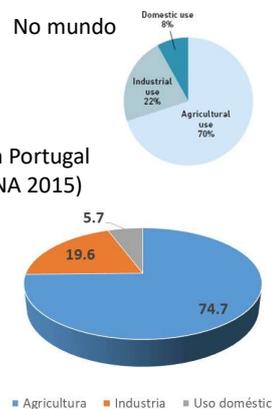
1.4 CONSUMO DE ÁGUA NA AGRICULTURA



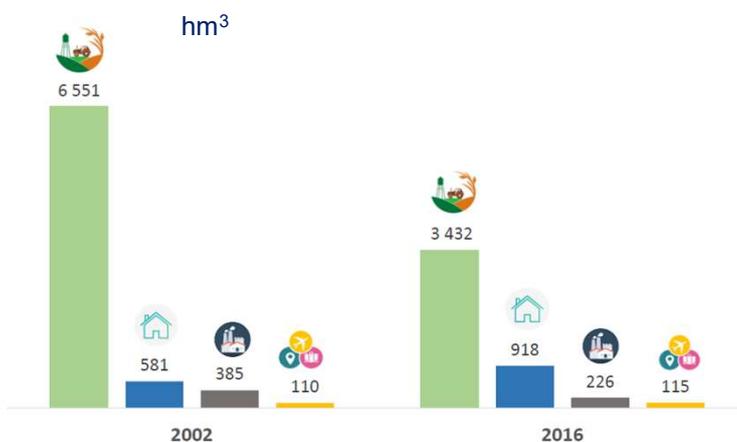
Fonte: PNA 2002 e PNA 2010 (versão preliminar)

- A adoção crescente de métodos de rega mais eficientes, a par da redução da área regada, contribuiu para a diminuição do uso da água pelo sector, que se situa em aproximadamente em 3,5 mil milhões de m3 em 2009.

O setor agrícola, não é apenas consumidor de água. Para além de produzir alimentos, tem um papel fundamental no ciclo da água, nomeadamente através da alteração do regime fluvial e da recarga dos sistemas aquíferos, e um contributo importantíssimo para os serviços dos ecossistemas.



Volume de água entre 2002 e 2016



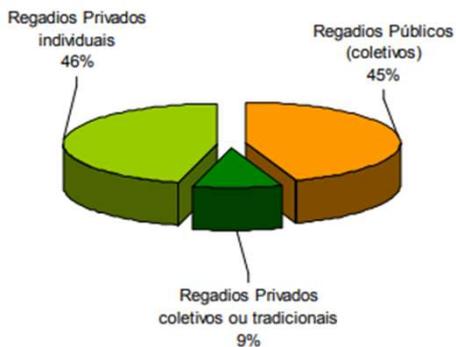
Em 14 anos
 Redução **48%**
 Setor Agrícola
 Reduziu consumo de água

Fonte: PNA 2002 e PGRH 2016

□ DISTRIBUIÇÃO DA ÁREA REGADA POR TIPOS DE REGADIO:

Regadios em Portugal Continental (2019)

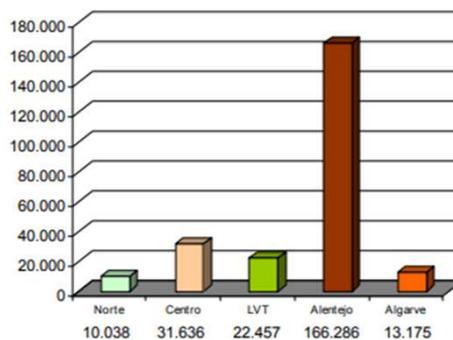
Regadios Públicos e Privados



Fonte: DGADR e INE/Inquérito à Estrutura das Explorações Agrícolas 2016

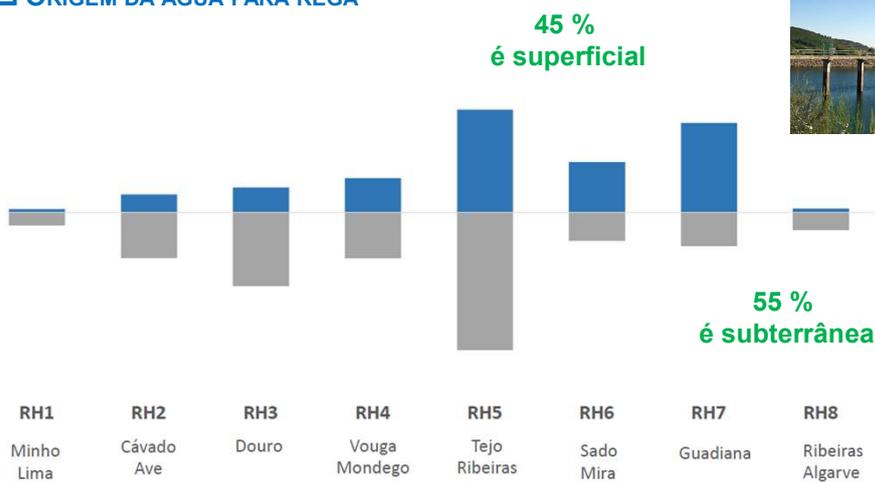
DGADR 2020. O regadio em Portugal continental

Área de regadio dos Aproveitamentos Hidroagrícolas (AH) Públicos (ha)



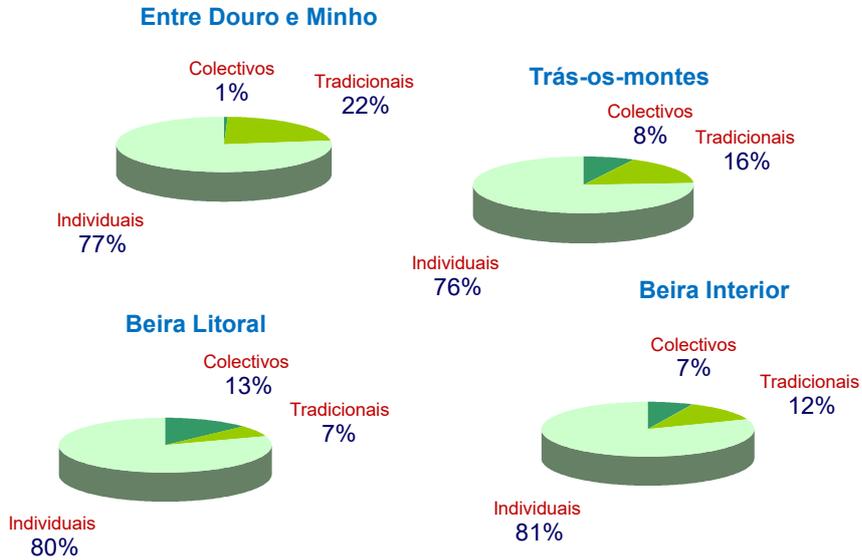
Fonte: DGADR

□ ORIGEM DA ÁGUA PARA REGA

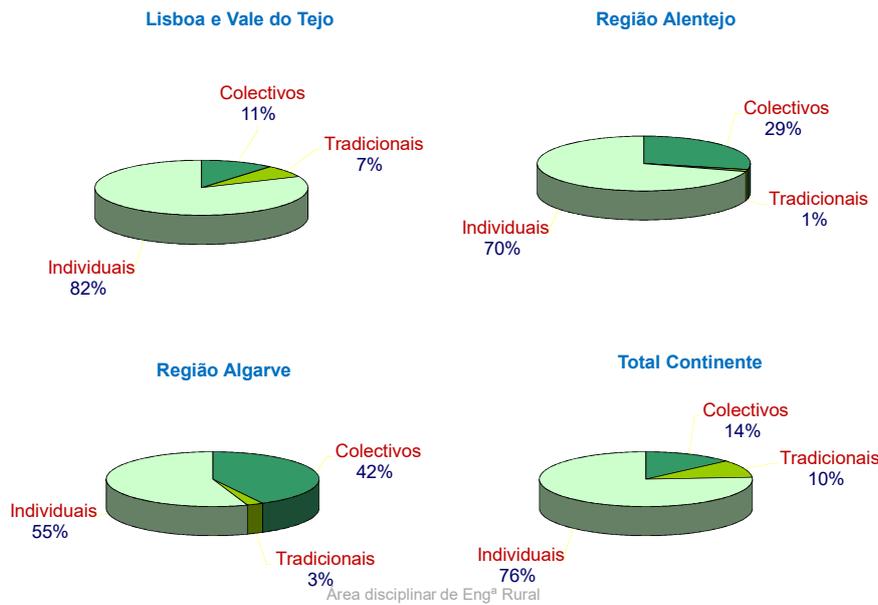


Fonte: PGRH 2022

Consumo de água em agricultura por tipo de regadio (INAG)



Área disciplinar de Engª Rural



Área disciplinar de Engª Rural

2. NECESSIDADES HÍDRICAS DAS CULTURAS

- 2.1 Conceitos;
- 2.2 Obtenção da evapotranspiração de uma superfície cultivada;
- 2.3 O método dos coeficientes culturais; Coeficiente cultural simples
- 2.4 Evapotranspiração cultural para condições padrão
 - 2.4.1 Fatores que determinam o coeficiente cultural
 - 2.4.2 Variação do coeficiente cultural simples com as fases fenológicas
 - Correção do Kc ini de acordo com o padrão de humedecimento do solo
 - Correção do Kc mid de acordo com o clima
 - Correção do Kc mid de acordo com a data de colheita e o clima
 - 2.4.3 Curva do Kc simples

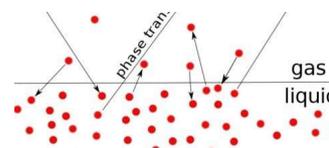
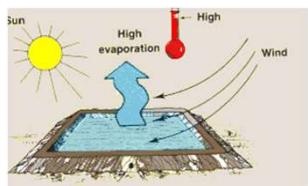
CAP 2. NECESSIDADES HÍDRICAS DAS CULTURAS

2.1 CONCEITOS

Necessidades hídricas = Evapotranspiração = Evaporação + Transpiração = ET

Evaporação (E) (rever da UC Hidrologia)

- processo físico, em que a água passa do estado líquido para o estado gasoso, sendo removida da superfície evaporante;
- ocorre a partir de superfícies livres de água (lagos, rios) ou superfícies molhadas (solo, plantas);
- É um processo puramente físico, pelo que depende apenas de fatores climáticos.



Para haver evaporação de água: (revisão da UC Hidrologia)

- Água
 - Plantas e solo molhados, superfície livre de massas de água (lagos, rios)
- Energia (calor latente de evaporação)
 - *Radiação solar (curto comprimento de onda)* Radiação líquida R_n
 - *Radiação terrestre (longo comprimento de onda)*

➔ A distribuição da radiação solar pelo planeta varia com

- Latitude
- Estação do ano

Evaporação elevada nas zonas tropicais relativamente às polares

- Remoção do vapor de água
- ➔ gradiente de humidade: transporte por difusão
 - e_s superfície' $(e_s - e_a)_{ar}$
- ➔ Vento: transporte por convecção
 - velocidade do vento

Temperatura do ar e da superfície evaporante

Evaporação mais elevada em

- zonas interiores do que próximo de massas de água;
- zonas abertas, sujeitas à ação do vento.

Transpiração (T) (revisão da UC Hidrologia)

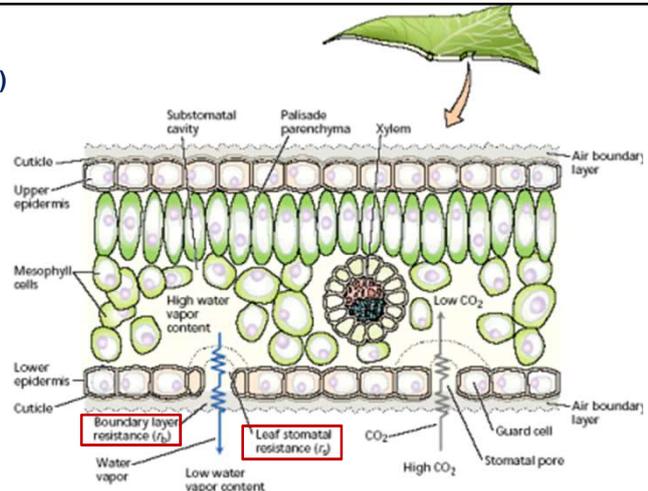
Consiste:

- vaporização da água contida nos tecidos das plantas e
- remoção do vapor para o exterior através dos estomas

É um processo com base

- física – depende dos fatores climáticos
- fisiológica - depende da abertura dos estomas →

- Tipo de cultura
- Fase do ciclo
- Disponibilidade de água no solo
- Práticas culturais



Evapotranspiração de um coberto vegetal (ET) = necessidades hídricas

Revisão da
UC Hidrologia

Os processos de evaporação e
transpiração ocorrem em simultâneo

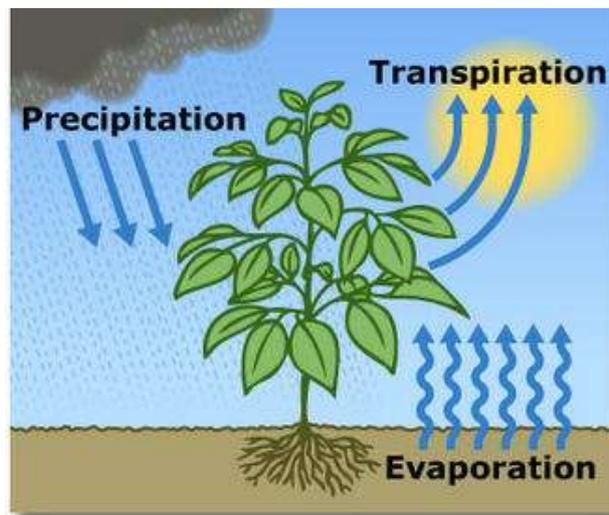
$$E + T = ET$$

Unidades mais usuais para ET:

- mm dia⁻¹
- m³ ha⁻¹ dia⁻¹

- MJ m⁻¹ dia⁻¹ λET

Calor latente de vaporização da água a 20 °C = 2.45 MJ kg⁻¹ ← Equivale a quantos mm de água?

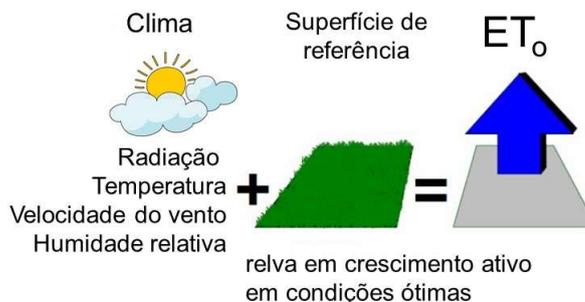


Área disciplinar de Eng^o Rural

Evapotranspiração de referência (ET_o) Revisão da UC Hidrologia

taxa de evapotranspiração de uma cultura de referência hipotética, para a qual se assume uma altura constante de 0.12 m, uma resistência de superfície constante de 70 s m⁻¹ e um albedo de 0.23. Assemelha-se à evapotranspiração de um extenso coberto de relva verde de altura uniforme, em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo e bem abastecido de água.

Allen et al. (1998)
(FAO 56)



Área disciplinar de Eng^o Rural

Evapotranspiração de referência (ET_o) (revisão da UC Hidrologia)

- conceito introduzido para estudar a demanda evaporativa da atmosfera independentemente do tipo de cultura, da fase do desenvolvimento e das práticas culturais.
- Apenas afetada por fatores climáticos
- É um fator climático, tal como a temperatura, a humidade relativa, etc.

Valores típicos de ET_o consoante as regiões climáticas (mm dia⁻¹)

REGIÕES	TEMPERATURA MÉDIA DIÁRIA (°C)		
	10 °C	20 °C	> 30 °C
Tropicais e sub tropicais			
• húmidas e sub-húmidas	2 – 3	3 – 5	5 – 7
• áridas e semi-áridas	3 - 4	4 - 6	6 - 8
Temperadas			
• húmidas e sub-húmidas	1 – 2	2 – 4	4 – 7
• áridas e semi-áridas	1 - 3	4 - 7	6 - 9

□ Determinação da evapotranspiração de referência ET_o

(Rever da UC Hidrologia)

a) Equação FAO/ Penman-Monteith

$$ET_o = \frac{\Delta 0.408 (R_n - G) + \gamma \frac{900}{(T + 273)} (e_s - e_a) u_2}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$

Apenas para a cultura de referência:
Relva bem abastecida de água cobrindo todo o solo

↑
Inclui as diversas resistências que caracterizam esta situação

ET_o reference evapotranspiration [mm day⁻¹],
 R_n net radiation at the crop surface [MJ m⁻² day⁻¹],
 G soil heat flux density [MJ m⁻² day⁻¹],
 T mean daily air temperature at 2 m height [°C],
 u₂ wind speed at 2 m height [m s⁻¹],
 e_s saturation vapour pressure [kPa],
 e_a actual vapour pressure [kPa],
 e_s - e_a saturation vapour pressure deficit [kPa],
 Δ slope vapour pressure curve [kPa °C⁻¹],
 γ psychrometric constant [kPa °C⁻¹].

b) Equação de Hargreaves - Samani

$$ET_o = 0.0135 KR_s (T_{max} - T_{min})^{0.5} (T_{méd} + 17.8) \frac{R_a}{\lambda}$$

ET_o – evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹)

T – temperaturas mensais (°C)

R_a – radiação solar no topo da atmosfera (MJ m⁻² d⁻¹)

λ – calor latente de vaporização (MJ kg⁻¹)

KR_s – coeficiente de ajustamento da radiação

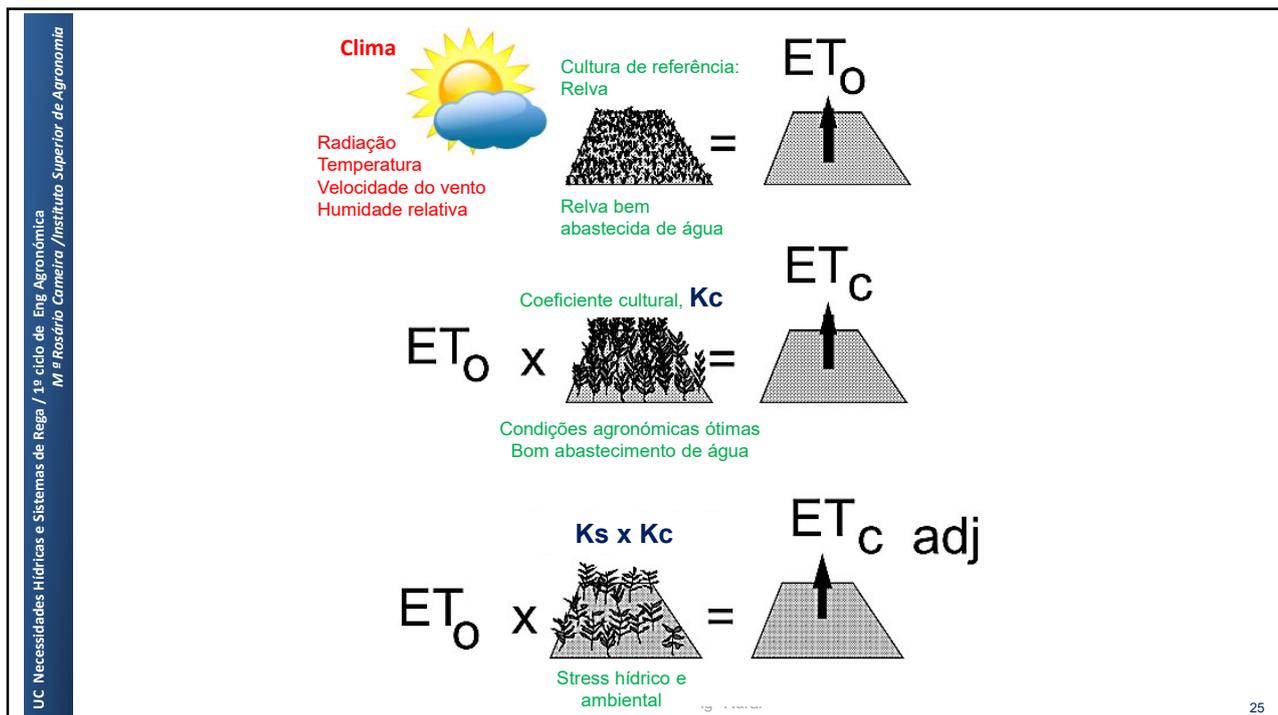
- para locais no "interior", com domínio de massas terrestres (i.e., as massas de ar não são influenciadas por uma massa de água de grandes dimensões), KR_s = 0.16;
- para zonas "costeiras", situadas na ou perto da costa, KR_s = 0.19;
- em termos médios, utiliza-se KR_s = 0.17

 □ **Evapotranspiração cultural em condições padrão, ET_c (Allen et al., 1998):**

taxa de evapotranspiração de culturas sem doenças, bem fertilizadas, cultivadas em grandes campos, com condições ideais de água do solo e alcançando a plena produção para o clima em questão.

 □ **Evapotranspiração em condições não padrão, ET_c adj (Allen et al., 1998):**

taxa de evapotranspiração das culturas cultivadas em condições de gestão e ambientais que diferem das condições padrão. (ex. presença de pragas e de doenças, salinidade do solo, baixa fertilidade do solo, escassez ou excesso de água, densidade deficiente).



UC Necessidades Hídricas e Sistemas de Rega / 1º ciclo de Eng. Agronómica
M.ª Rosário Carneira / Instituto Superior de Agronomia

2.2 OBTENÇÃO DA TAXA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE UMA SUPERFÍCIE CULTIVADA

☐ **Métodos de medição** (Rever da UC Hidrologia)

- balanço de energia (razão de Bowen);
- método das flutuações instantâneas;
- balanço da água do solo determinado em campos cultivados ou lisímetros;
- lisímetros de pesagem

☐ **Métodos de estimação**

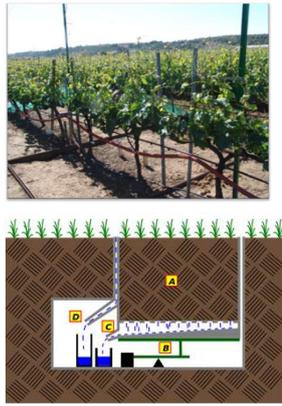
- Equação de Penman-Monteith

$$\lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)}$$

energia

gradiente de humidade

transporte do vapor de água



Há que obter valores para o albedo e as resistências aerodinâmica e de superfície às características da cultura específica (muito difícil).

Área disciplinar de Eng.º Rural

26

O albedo e as resistências (sobretudo a resistência de superfície) são difíceis de estimar porque variam continuamente durante a estação de crescimento, com as condições climáticas, com o desenvolvimento da cultura, e com a humidade da superfície do solo.

Havendo falta de informações consolidadas sobre as resistências aerodinâmicas e do copado para as diversas superfícies cultivadas, o método FAO Penman-Monteith é usado apenas para estimar ET_0



A FAO recomenda a estimação das necessidades hídricas das culturas com recurso ao **método dos coeficientes culturais**

2.3 MÉTODO DOS COEFICIENTES CULTURAIS

$$ET_c = K_c \cdot ET_0$$

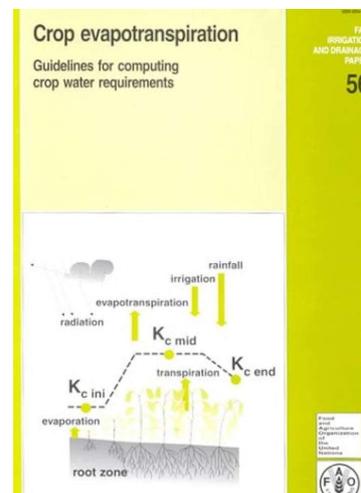
- ET_c evapotranspiração cultural [mm d^{-1}],
- Coeficiente cultural K_c [adimensional],
- ET_0 evapotranspiração de referência [mm d^{-1}].

Fase	Mês	Dia	ET_0 (mm dia^{-1})	K_c	ET_c (mm dia^{-1})
Sementeira	5	26	3.05	0.3	0.91
	5	27	2.76	0.3	0.83
	5	28	3.52	0.3	1.06
	5	29	3.97	0.3	1.19
	5	30	5.28	0.3	1.58
	5	31	5.57	0.3	1.67
	6	1	5.58	0.3	1.67
	6	2	5.67	0.3	1.70
	6	3	5.18	0.3	1.55
	6	4	5.58	0.3	1.67
	6	5	5.71	0.3	1.71
	6	6	5.27	0.3	1.58
	6	7	6.51	0.3	1.95
	6	8	5.09	0.3	1.53
	6	9	5.56	0.3	1.67
	6	10	6.01	0.3	1.80
	6	11	6.45	0.32	2.08
	6	12	6.06	0.35	2.09
	6	13	5.94	0.37	2.18
	6	14	5.53	0.39	2.16
	6	15	6.40	0.41	2.64
	6	16	6.30	0.44	2.74
	6	17	7.52	0.46	3.44
	6	18	6.33	0.48	3.04
	6	19	7.14	0.50	3.59
	6	20	6.42	0.53	3.37
	6	21	3.81	0.55	2.08
	6	22	5.92	0.57	3.37
6	23	6.11	0.59	3.62	
6	24	4.39	0.62	2.70	
6	25	3.53	0.64	2.25	
6	26	4.11	0.66	2.71	
6	27	4.33	0.68	2.96	
6	28	4.73	0.71	3.33	
ET_0					

- O **coeficiente cultural K_c** varia predominantemente com **as características específicas da cultura** e em extensão limitada com o clima;
- Tal facto possibilita a transferência de **valores padrão** de K_c entre locais e entre climas;
- Esta tem sido a razão para a aceitação do método dos coeficientes culturais

As **condições padrão** referem-se a:

- culturas cultivadas em grandes áreas e
- com excelentes condições agronómicas (densidade, fertilização, ausência de pragas e doenças ...) e de água do solo;



Área disciplinar de Engª Rural

29

As diferenças na Evapotranspiração (evaporação + transpiração) entre as culturas e a superfície de relva de referência (ETo) podem ser integradas:

- num **único coeficiente, o coeficiente cultural simples (K_c)** ou
- separadas em **dois coeficientes**: um cultural basal (K_{cb}) e um coeficiente de evaporação do solo (K_e),

$$K_c = K_{cb} + K_e$$

A aproximação a seguir deve ser seleccionada em função do objectivo do cálculo, da precisão exigida, dos dados disponíveis e o passo de tempo

Critérios para a escolha do método a) ou b)

método	Coeficiente cultural simples K_c	Coeficiente cultural dual $K_{cb} + K_e$
Objetivo do cálculo	<ul style="list-style-type: none"> - Programação e projeto da rega; - Condução da rega em tempo real para aplicações não frequentes de água (rega de superfície e por aspersão); - Esquemas de rega simples. 	<ul style="list-style-type: none"> - Investigação; - Condução da rega de alta frequência; - Culturas esparsas (ex. pomares); - Rega de suplemento; - Estudos detalhados de balanço hídrico.
Passo de tempo	Diário, decendial, mensal	Diário

30