

# Modelo de gestão de rega em espaços verdes

## Model of irrigation management on green spaces

A. Serafim<sup>1</sup>, C. Rodrigues<sup>1</sup> & A. Lisboa<sup>2</sup>

---

### RESUMO

Este *Modelo de Gestão de rega* foi concebido para aplicação aos *Espaços Verdes* de Lazer.

O *Modelo* reconhece a água como um factor de produção e optimiza a sua aplicação na rega de *Espaços Verdes*, dando especial atenção e cuidado à variação temporal e espacial dos factores intervenientes.

O *Modelo* envolve diversas matérias: as espécies vegetais implantadas ou a plantar, fases fenológicas, os solos existentes, sua localização e características físicas, a topografia, os elementos e factores do clima.

Os métodos a utilizar são os preconizados em Allen *et al.* (1998): o método da FAO Penman-Monteith para o cálculo da evapotranspiração de referência, a técnica dos coeficientes culturais duais para a obtenção da evapotranspiração cultural, e a oportunidade de rega pelos balanços hídricos.

O *Modelo* integra a programação de algoritmos implementados em Visual Basic 6, VB6 e um Sistema de Informação Geográfica (SIG). O *Modelo* determina os parâmetros de rega em tempo real, momento da rega, dotação, tempo de rega, intervalo de tempo entre regas, bem como, para a aspersão, a intensidade média de precipitação e grau de pulverização.

A utilização do *Modelo* é feita associada à estação meteorológica automática e ao sistema de rega também automático.

**Palavras-chave:** Espaços verdes, Gestão de rega, Rega em espaços verdes, Rega em jardins

### ABSTRACT

The presented Model of Irrigation Management was designed for application on green spaces and leisure areas.

The Model recognizes water as a production key-factor and optimizes its use on the irrigation of green spaces, giving particular attention to the temporal and spatial variation of input variables.

Variables entered in the Model included existing or future target plant species, phenological phases, type of soil (i.e. location and physical characteristics), topography and climate factors.

Model construction was similar to the methods outlined in FAO Report 56, namely: the method of Penman-Monteith for the calculation of reference evapotranspiration, the use of dual cultural coefficients to obtain cultural evapotranspiration

---

<sup>1</sup> Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa; aserafim@isa.utl.pt; <sup>2</sup> Câmara Municipal de Oeiras, Largo Marquês de Pombal, 2784-501 Oeiras

and the opportunity of irrigation according to the hydric balance.

The Model integrates the programming of algorithms implemented in Visual Basic 6, VB6 and a Geographic Information System (GIS).

The Model provides the irrigation parameters in real-time scale, the timings for irrigation, depth per irrigation, the period of irrigation, time between two irrigation episodes, and for the sprinkle irrigation, the mean application rate and the degree of pulverization.

The Model is used in association with an automatic weather station and irrigation system.

**Key-words:** Green spaces, irrigation management, irrigation on green spaces, garden irrigation.

### INTRODUÇÃO

O *Modelo de Gestão de Água* foi concebido para aplicação aos *Espaços Verdes* de Lazer, procurados e valorizados pelas populações em geral, mas com incidência nos meios urbanos onde os *Espaços Verdes* são vivamente fruídos, projectados e implementados por entidades diversas de que as Autarquias são exemplos.

O *Modelo* foi inicialmente aplicado no Bairro da Medrosa, Município de Oeiras.

O *Modelo* gere a água como um factor de produção que é de matéria verde, e também como um elemento de fruição imediata no estado líquido, preenchendo lagos, brotando de fontes, alimentando repuxos.

No âmbito da produção vegetal, a criação e manutenção dos *Espaços Verdes* de Lazer têm objectivos e finalidades específicas. Por isso tem características próprias que a distinguem da produção vegetal em geral.

A produção de *Espaços Verdes* de Lazer

cuja avaliação e fruição é primeiramente visual, visa recriar espaços de Natureza,



Figura 1: Bairro da Medrosa - Oeiras



Figura 2: Esquema do balanço na zona radicular (Allen *et al.*, 1998, Fig. 43)

para descanso, descontração, combate ao stress. O seu benefício não se mede por grandezas físicas ou financeiras, mas pela saúde mental e, consequentemente, pela qualidade de vida que proporciona e ajuda a manter.

A matéria verde produzida é habitualmente a relva, herbáceas, arbustos e árvores, que pelas suas harmoniosas conjugações e dis-

posições, ora recriando o antigo ora criando o moderno, tornam os lugares aprazíveis reunindo num só espaço o verde, a água e a sombra.

## MATERIAL E MÉTODOS

Numa panorâmica global reconhece-se que a gestão da água no solo em geral, e a gestão da água na rega em particular, se fundamenta num balanço hídrico na zona radicular, Figura 2.

Representando em esquema, Figura 2, a zona radicular é uma porção de solo em que a quantidade de água varia. A chuva e a rega, e a ascensão capilar, levam água para a zona radicular; a evaporação e a transpiração, e também perdas por percolação, retiram água da zona radicular,

O balanço de água no solo, diário, no aspecto de défice hídrico, é dado por:

$$D_{r,i} = D_{r,i-1} - (P - RO)_i - I_i - CR_i + ET_{c,i} + DP_i \quad (\text{eq. 1})$$

em que os símbolos representam as seguintes grandezas:

$D_{r,i}$  - défice na zona radicular no fim do dia  $i$  [mm],

$D_{r,i-1}$  - défice na zona radicular no fim do dia anterior,  $i-1$  [mm],

$P_i$  - precipitação no dia  $i$  [mm],

$RO_i$  - escoamento superficial no dia  $i$  [mm],

$I_i$  altura útil de rega que infiltrou no solo no dia  $i$  [mm],

$CR_i$  - ascensão capilar ocorrida no dia  $i$  [mm],

$ET_{c,i}$  - evapotranspiração cultural no dia  $i$  [mm],

$DP_i$  - perda de água por percolação profunda no dia  $i$  [mm].

### Determinação da evapotranspiração

A determinação da evapotranspiração ( $ET$ ) pelo método de Penman-Monteith, reveste-se de particular labor, pela quanti-

dade de grandezas e raciocínios envolvidos, e é feita a partir de registos meteorológicos locais, de dados pedológicos locais, e de dados culturais das espécies vegetais envolvidas.

### Registo meteorológico

Os registos meteorológicos, colhidos diariamente em estação meteorológica automática local, são a temperatura, a humidade relativa, o vento e a radiação solar.

Da temperatura interessa conhecer a máxima, a mínima. Se o software instalado na estação automática permitir, a temperatura média deve ser determinada por integração ao longo do dia, por assim se obter um valor mais representativo do valor médio. Se assim não for, a temperatura média –  $T_{méd}$  é determinada pela média aritmética da máxima e mínima.

Interessa também conhecer a humidade relativa máxima e a mínima. Também a humidade relativa média deve ser determinada por integração ao longo do dia, por assim se obter um valor mais representativo do valor médio. Se assim não for, a humidade relativa média –  $HR_{méd}$  é determinada pela média aritmética da máxima e mínima.

### Dados pedológicos e capacidade do solo para a água

Os dados pedológicos contemplam o reconhecimento dos solos existentes, associado à sua localização, às características físicas e à correspondente topografia.

No canteiro da Medrosa foram identificadas duas manchas de solo cujas amostras foram enviadas para o Laboratório Químico-Agrícola Rebelo da Silva onde foi efectuada a análise mecânica laboratorial; as duas manchas foram classificadas de textura franco-arenosa, FA1 e FA2; foram também determinados os teores de humidade

**Quadro 1:** Classificação textural e teores de humidade

SOLOS							
Designação	Amostra de solo				Capacidade de campo (pF <sub>2,54</sub> ) % (Peso/Peso)	Coeficiente de emurchecimento (pF <sub>4,19</sub> ) % (Peso/Peso)	d <sub>ap</sub> Densidade aparente (adimensional)
	Classificação Textural	Areia %	Limo %	Argila %			
FA1	Franco-arenosa	72,1	9,8	18,1	16,3	6,9	1,24
FA2	Franco-arenosa	78,1	7,8	14,1	17,2	6,7	1,24

correspondentes aos pontos pF<sub>2,54</sub> e pF<sub>4,19</sub>, e a densidade aparente, cujos resultados se inscreveram no Quadro 1.

A designação textural é a da classificação portuguesa de Carvalho Cardoso.

A capacidade utilizável, *u*, expressa por “peso em peso” é dada pela equação

$$u_{P/P} = CC - CE ; \quad (\text{eq. 2})$$

porém, sendo expressa por “volume em volume”, V/V, é dada por

$$u_{V/V} = (CC - CE) \times d_{ap} . \quad (\text{eq. 3})$$

A capacidade utilizável na profundidade de *Z*, - *U<sub>z</sub>* -, em mm, é dada por

$$U_z = 1000 \times (CC - CE) \times d_{ap} \times Z , \quad (\text{eq. 4})$$

em que *Z* é a profundidade radicular expressa em m.

A capacidade utilizável por metro de profundidade, *U<sub>z</sub>/Z*, em mm/m, é dada por

$$\frac{U_z}{Z} = (CC - CE) \times d_{ap} , \quad (\text{eq. 5})$$

O conceito de *U<sub>z</sub>* é designado por *TAW* em língua inglesa, Total Available Water.

Considera-se que perda de água do solo por evaporação só ocorre na reserva de água existente nos 10 a 15 cm superficiais de solo. A totalidade da água evaporável, *TEW*, Total Evaporable Water, expressa em de altura, determina-se com a equação 6,  $TEW = 1000 (CC - 0,5 CE) Z_e$ , (eq. 6) *TEW*, total da água evaporável (mm),

*Z<sub>e</sub>*, profundidade da camada de solo facilmente evaporável (m), (0,10 – 0,15 m) 1000, factor de conversão de metro para milímetro.

O total de água evaporável, por metro de profundidade, em mm/m, é dada por  $TEW/Z_e = 1000 (CC - 0,5 CE)$  (eq. 7)

**Quadro 2:** Capacidades do solo para a água

Amostra de solo	Capacidade Utilizável % (Vol/Vol)	<i>U<sub>z</sub>/Z</i> (mm/m)	<i>TEW/Z<sub>e</sub></i> (mm/m)
FA1	0,12	116,6	128,5
FA2	0,13	130,2	138,5

**Dados culturais**

As culturas implantadas no Canteiro da Medrosa são a relva, herbáceas vivazes e arbustos vivazes.

Os arbustos classificam-se no *Modelo* em função da altura em que são conduzidos, e é expressa em centímetros: arbustos 50, arbustos 110 e arbustos 120.

Ficam assim identificadas cinco culturas cujas características fenológicas, morfológicas e outras, se descrevem no Quadro 3.

Devemos salientar que para as culturas vivazes apenas se considera uma fase fenológica, que é a fase de pleno desenvolvimento.

**Quadro 3:** Características das culturas

	Altura (cm)	Profundidade radicular (m)	Kc (adim)	Coefficiente facilmente utilizável (adim)	Superfície de solo coberta (adim) [0, 1]
Relva	9	0,15	1	0,60	0,99
Herbáceas	35	0,30	1,1	0,55	0,90
Arbustos 50	50	0,50	0,7	0,80	0,70
Arbustos 110	110	0,90	0,8	0,80	0,80
Arbustos 120	120	1,00	0,9	0,80	0,85

### Aspectos da condução da rega. Parâmetros de rega. Momento e dotação de rega.

A abordagem da condução da rega envolve resposta para as questões tradicionais de “quando?, quanto? e como regar?”, para as quais o *Modelo* se propõe responder.

Os parâmetros de rega tradicionais são a dotação, a duração da rega, o momento da rega, e ainda, no caso da aspersão, a intensidade média de precipitação e grau de pulverização.

A condução da rega, com a determinação do momento e da dotação, resulta da execução de um balanço hídrico diário, ou de balanço hídrico de menor intervalo de tempo, como por exemplo o balanço hídrico horário. No *Modelo* revela-se adequado o balanço diário.

O intervalo de tempo entre duas regas consecutivas é condicionado pela evolução do balanço, podendo elas ocorrer em intervalos desiguais ou, menos frequentes, em intervalos iguais.

A dotação da rega é a quantidade de água, expressa em altura, que deve ser aplicada ao solo para repor a capacidade facilmente utilizável; é determinada no balanço.

O tempo que demora a efectuar uma rega, tempo de rega,  $t_r$ , é função da dotação  $h_r$ , e da intensidade média de precipitação,  $i_m$ .

Para o caso da rega por aspersão, embora muitas vezes não seja referida, convém salientar que o grau de pulverização é um

parâmetro de rega a que se deve dar especial atenção em culturas sensíveis ao tamanho da gota, dado o impacto que produzem ao caírem, pelos estragos que possam provocar e que não se desejam. Em Espaços Verdes exteriores, dado que ficam expostos aos agentes atmosféricos, não se devem implantar culturas sensíveis ao tamanho da gota.

O *Modelo* determina que a rega é preferentemente de aplicação nocturna, para minimizar perdas por evaporação e, no caso da aspersão, para reduzir perdas por arrastamento pelo vento.

### Determinação da evapotranspiração de referência

O método FAO Penman-Monteith foi escolhido para o cálculo da evapotranspiração de referência –  $ET_0$ , por ser recomendado pela FAO, por ser capaz de fornecer resultados bastante próximos dos observados na medição da evapotranspiração de cobertos de relva, por ter uma base física e por incorporar parâmetros aerodinâmicos e fisiológicos das culturas (Allen *et al.* (1998).

### Evapotranspiração cultural. Coeficiente cultural dual e coeficiente de stress.

A evapotranspiração cultural –  $ET_c$ , que é a medida das necessidades das culturas, é calculada a partir de  $ET_0$  e do coeficiente cultural,  $K_c$ , assim calculada:  $ET_c$ , representa a procura climática, que é a influência

das condições ambientais sobre a evapotranspiração de referência.

$$ET_C = ET_0 \times K_c \quad (\text{eq. 8})$$

O coeficiente cultural decompõe-se em coeficiente cultural basal,  $K_{cb}$ , e em coeficiente de evaporação,  $K_e$ , e acautelando a ocorrência de stress hídrico, vem

$$K_c = K_{cb} \times K_s + K_e \quad (\text{eq. 9})$$

$K_s$  é o coeficiente de stress (adimensional).

Os valores tabelados do coeficiente cultural basal,  $K_{cbTAB}$ , médio e final, “midi” e “end”, divulgados por Allen *et al.* (1998), (tabela 17), foram ajustados para as condições climáticas e culturais existentes.

**O coeficiente de evaporação -  $K_e$  e o coeficiente de redução -  $K_r$**

O valor do coeficiente de evaporação, que depende essencialmente do humedecimento da camada superficial do solo ( $\cong 10$  cm), é máximo quando esta camada está completamente humedecida, e decresce à medida que a camada superficial do solo vai secando, podendo chegar a zero em situações de extrema secura.

Para a determinação de  $K_r$ , efectua-se o balanço hídrico diário do solo para a camada superficial até aos 10 cm de profundidade; esta determinação envolve o conhecimento da *água facilmente evaporável* –  $REW$  e do *total de água evaporável* –  $TEW$ , para cada tipo de textura.

**Determinação do coeficiente cultural máximo,  $K_{c\ Max}$**

O  $K_{c\ máx}$  é determinado como preconizado em Allen *et al.* (1998).

**Determinação da fracção de solo exposta e humedecida -  $f_{ew}$**

Foi efectuada a determinação da fracção

de solo exposta e humedecida por comparação entre a área cultivada que não está coberta, e a área de solo humedecido pela chuva ou rega.

**Balanço de água na camada superficial**

Para a determinação do coeficiente de evaporação,  $K_e$ , foi efectuado o balanço diário na camada superior do solo.

**Determinação do coeficiente de stress -  $K_s$**

O coeficiente de stress  $K_s$  reflecte o efeito da escassez de água sobre a transpiração cultural, assume valores  $0 \leq K_s \leq 1$ .

**Estrutura e integração da informação utilizada em SIG**

O *Modelo* integra a programação de algoritmos implementados em Visual Basic 6, VB6 e um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Os métodos e ferramentas utilizadas coadunam-se com a variação temporal dos factores intervenientes, bem como à sua variação espacial.

Os valores dos parâmetros de rega para cada tipo de cultura, solo, clima e sistema de rega, apresentam uma variação espacial. Para representar esses valores espacialmente recorreu-se a um Sistema de Informação Geográfica (SIG) que teve na sua base de concepção a criação de um ficheiro em formato vectorial, que contempla todas as variáveis com representação geográfica (culturas, solos, clima e sistema de rega).

Posteriormente foi criada a ligação do ficheiro vectorial à base de dados (informação alfanumérica) que contempla as dotações úteis, através de um *joining*. Desse *joining* resultou uma tabela com toda a informação necessária para representar cartograficamente a dotação útil. O programa utilizado para integrar a informação no projecto SIG foi o

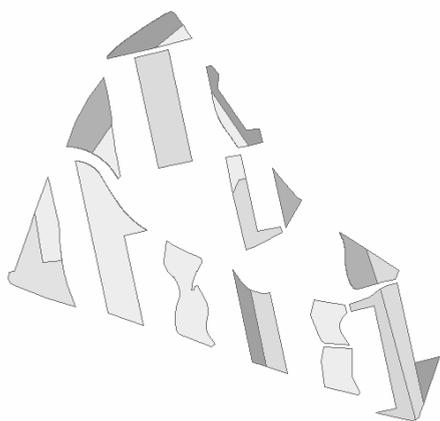
**Quadro 4:** Informação disponível para carregamento do sistema e seus formatos

Informação para o Carregamento do Sistema	Modelo de Dados	Estrutura de Dados	Escala	Aquisição da Informação	
Canteiros	Polígono			CM Oeiras	
*.shp	Solos	Polígono	Vectorial	1: 2 500	CM Oeiras
	Estações	Ponto	-	-	CM Oeiras
*.mdb	Dotações úteis	Tabela	Alfanumérico	-	Calculados

ArcGIS 9 – ArcMap Version 9.1.

Resume-se a informação disponível e seus formatos no Quadro 4.

### A informação vectorial e respectivas tabelas gráficas



**Figura 3:** Informação cartográfica georeferenciada.

FID	Shape *	LAYER	ID
0	Polygon	Arbustos 0.50	FA05
1	Polygon	Herbaceas	FAHER
2	Polygon	Relva	FAREL
3	Polygon	Herbaceas	FAHER
4	Polygon	Relva	FAREL
5	Polygon	Relva	FAREL
6	Polygon	Arbustos 1.10	FA110
7	Polygon	Arbustos 0.50	FA05

**Figura 4:** Tabela gráfica e respectivos atributos

### Manipulação da informação no projecto SIG

Para se proceder à análise vectorial dos dados inseridos no projecto SIG, foi necessário criar a ligação desses dados, através de um *join*, resultando assim, uma única tabela (Figura 5) com todas as combinações de consumos estudadas.

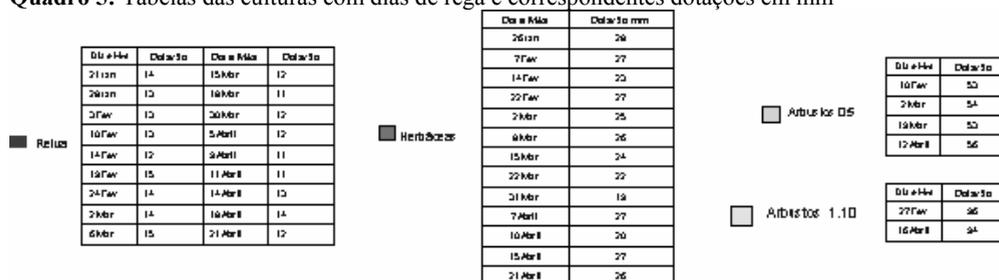
### Saídas do modelo e perspectivas futuras

O *Modelo* foi concebido para operar, em tempo real, sobre sistemas de rega automática com estação meteorológica associada.

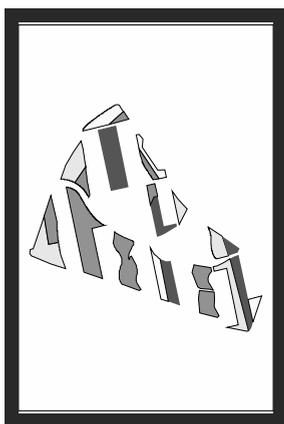
CONS ID.ID	CONS ID.21 JAN	CONS ID.26 JA	CONS ID.28	CONS ID.3 FEVEREIR	CONS ID.7 FE	CONS ID.10 FEVEREI	CONS ID.14
FA05	0	0	0	0	0	53	
FAHERB	0	28	0	0	27	0	
FAREL	14	0	13	0	0	10	
FAHERB	0	28	0	0	27	0	
FAREL	14	0	13	0	0	10	

**Figura 5:** Tabela gráficas resultante do *join* com os respectivos consumos

**Quadro 5:** Tabelas das culturas com dias de rega e correspondentes dotações em mm



Deste modo, o *Modelo* recolhe a evolução meteorológica diariamente; determina os parâmetros de rega em tempo real, e faz executar a oportunidade de rega, dotação, duração de rega. Para a aspersão, e caso o sistema de rega permita executar, o *Modelo* determina a intensidade média de precipitação e grau de pulverização adequados.



**Figura 6:** Distribuição cultural nos canteiros da Medrosa

O funcionamento do *Modelo* é ilustrado com uma simulação da sua aplicação ao Canteiro da Medrosa (Figura 6), que contempla a determinação da oportunidade e dotação de rega, por um período de 100 dias desde 15 de Janeiro a 24 de Abril de 2005.

### AGRADECIMENTOS

Os autores manifestam a sua gratidão à Câmara Municipal de Oeiras onde O *Modelo* de Gestão de Rega em Espaços Verdes foi iniciado.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, R.G, Pereira, L.S., Raes, D. & Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome, Italy, 300 p.

Rodrigues, C. 2006. Aplicação de um S.I.G. na Avaliação de Consumos de Água pelas Culturas. Relatório do trabalho do fim de curso de engenharia Agronómica. ISA. Lisboa.

Serafim, A. & Rodrigues, C. 2007. Aplicação de técnicas de ponta para uso racional da água e do solo. Comunicação oral no Congresso da SPCS. Vila Real

Serafim, A., Rodrigues, C. & Lisboa, A. 2008. Modelo de gestão de rega em espaços verdes. Poster apresentado ao Congresso da SPCS. Vila Real.