

# Avaliação Qualitativa do Risco de Escorrimento e Erosão na Rega por Rampa Rotativa utilizando Sistemas de Informação Geográfica.

Luís L. Silva<sup>1</sup>, José R. Marques da Silva<sup>2</sup> & Paulo B. da Luz<sup>3</sup>

<sup>1</sup> – Prof. Auxiliar, Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Univ. Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora, e-mail: [llsilva@uevora.pt](mailto:llsilva@uevora.pt).

<sup>2</sup> – Prof. Auxiliar, Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Univ. Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora, email: [jmsilva@uevora.pt](mailto:jmsilva@uevora.pt)

<sup>3</sup> – Investigador, Estação Agronómica Nacional, EAN-INIAP, Qt<sup>a</sup> do Marquês, 2784-505 Oeiras, email: [pbluz@mail.telepac.pt](mailto:pbluz@mail.telepac.pt)

## Resumo

Os sistemas de informação geográfica combinados com as metodologias de dimensionamento das rampas rotativas mostram potencialidades para funcionarem como uma ferramenta integrada muito útil no apoio ao técnico que vai fazer o dimensionamento da máquina. A aplicação PROPIVOT permite modelar o efeito da utilização de uma rampa rotativa, com determinadas características hidráulicas, num terreno com uma dada topografia e tipo de solos, permitindo avaliar qualitativamente os riscos de escorrimento e erosão do solo devidos à sua utilização nessas condições, as zonas da área regada que apresentam maiores problemas e escolher uma máquina cujas características de funcionamento possam minimizar o escorrimento e a erosão. Em situações de sistemas já instalados a identificação de zonas problemáticas poderá ajudar o agricultor a alterar a gestão da rega utilizada, ou definir melhor o modo de utilização da terra optando por sistemas de produção com técnicas de não mobilização ou mobilização reduzida do solo que minimizem os riscos de escorrimento e erosão.

Palavras chave: Rampa rotativa, escorrimento, erosão, SIG, Propivot

## Abstract

Geographical Information Systems combined with proper design methodologies of center pivot irrigation systems show potential to work as an integrated and feasible tool, very useful to the irrigation designer. The PROPIVOT tool allows modeling the effect of using a center-pivot, with a specific configuration in a field with particular topographic conditions and soil type, evaluating, qualitatively, the runoff and soil erosion hazards related to its performance in such particular conditions, identifying the most problematic field areas and choosing a center-pivot system with operational conditions that allow to minimize runoff and erosion. In situations where the systems are already installed the identification of problematic areas can help the farmer to optimize the irrigation management, or to choose alternative production systems, such as no-till planting or reduced tillage, in order to minimize runoff and soil erosion.

Keywords: Center-pivot, runoff, erosion, GIS, Propivot

## **1. Introdução**

A rega com rampas rotativas (center-pivots) apresenta, hoje em dia, diversos problemas relacionados com o inadequado dimensionamento e escolha dos sistemas para regar uma determinada área, conduzindo todos eles ao mesmo resultado final, que é o excessivo consumo de água, a degradação dos solos e fracas produções.

Durante as avaliações de campo, é frequente observar-se máquinas que devido ao seu excessivo comprimento aplicam a água com intensidades pluviométricas incompatíveis com a capacidade de infiltração dos solos, originando escorrimento e erosão do solo. Ferreira (2001) verificou que a erosão provocada por estes sistemas pode ser igual ou superior à provocada pela precipitação natural. Observa-se também máquinas a regar zonas com declives que excedem os limites aconselhados para a sua utilização, os quais provocam variações de pressão ao longo da rampa, originando regas com má uniformidade e consequentemente produções com elevada variabilidade espacial; além de ficarem sujeitas a esforços demasiado elevados na sua estrutura, o que diminui a qualidade da rega e a vida útil do próprio equipamento.

A opção por sistemas de baixa pressão, numa tentativa de diminuir os custos de energia, conduz a sistemas com maiores intensidades pluviométricas, o que na maioria das situações acaba por aumentar os problemas de escorrimento e erosão e perda de solo. A própria escolha do tipo de aspersor, e o modo como este aplica a água ao solo (com gotas de maior ou menor dimensão) pode influenciar a formação de crostas superficiais alterando as características de infiltração do solo (Silva, 2001) e agravando os problemas já referidos.

Alguns destes problemas podem ser resolvidos através da alteração do modo como a rega está a ser realizada, outros porém são inultrapassáveis a nível da gestão da rega e a consequência da utilização das máquinas nestas condições é a transformação de áreas de solos férteis em zonas altamente erodidas e que a curto-médio prazo se tornam estéreis, condicionando a sustentabilidade do sistema de produção agrícola.

Os sistemas de informação geográfica (SIG) podem ser uma ferramenta poderosa no estudo e previsão do impacte ambiental provocado pela implantação de uma rampa rotativa, conforme comprovaram Marques da Silva & Silva (2002). Ao mesmo tempo podem ajudar a detectar as zonas da parcela que poderão ser problemáticas para a rega com um sistema deste tipo, permitindo verificar a viabilidade da sua utilização e as condicionantes inerentes à mesma. A conjugação das potencialidades dos SIG com as condições e metodologias de dimensionamento das rampas rotativas podem assim ser uma mais valia importante para o projectista destes sistemas.

## **2. Objectivos**

A aplicação informática aqui apresentada, e que recebeu o nome de PROPIVOT, tem como objectivo servir de apoio ao técnico que vai fazer o dimensionamento da máquina, permitindo-lhe modelar o efeito da utilização de uma máquina com determinadas características num terreno com uma determinada topografia e tipo de solos, avaliando qualitativamente os riscos da utilização do sistema nessas condições e quais as zonas da área regada que apresentam maiores problemas.

### 3. Modelação

A aplicação PROPIVOT foi escrita em linguagem AVENUE e funciona como uma extensão associada ao programa ARCVIEW 3.2 . Inclui uma base de dados com alguns dos parâmetros característicos de 4 diferentes tipos de aspersores. A estrutura do modelo é a apresentada na figura 1.

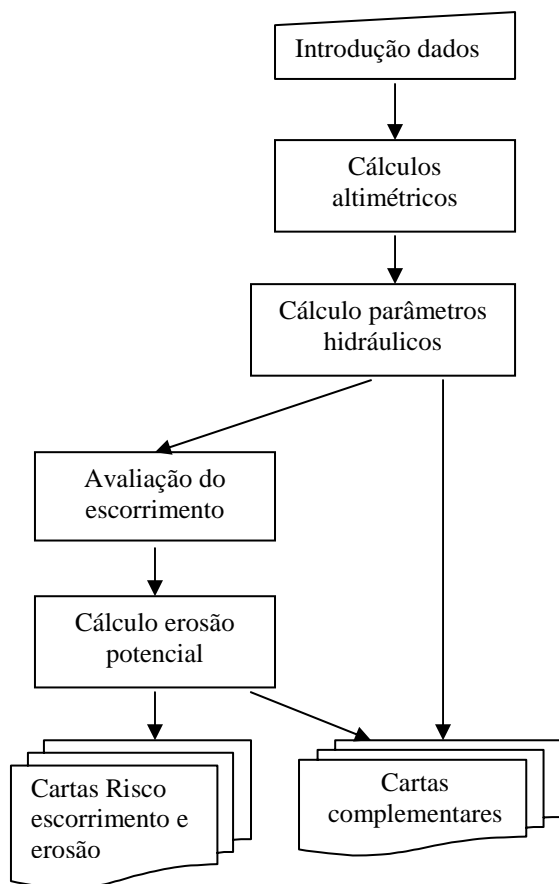


Figura 1 – Estrutura conceptual da ferramenta PROPIVOT

A introdução de dados é feita através da janela de “Introdução de dados” que aparece com a inicialização da extensão PROPIVOT (fig. 2). Nesta introdução são necessários dados da altimetria do terreno (ficheiro com as coordenadas x,y,z do terreno resultante do respectivo levantamento topográfico da parcela, e as coordenadas x,y do ponto de implantação do pólo da rampa rotativa), da máquina (comprimento total, número e comprimento dos lanços da rampa, diâmetro da tubagem, tipo e espaçamento dos aspersores, existência ou não de canhão terminal e respectivo alcance, existência ou não de reguladores de pressão), das suas condições de funcionamento (pressão de funcionamento, caudal, dotação aplicada na campanha de rega) e ainda do solo (condutividade hidráulica saturada).

O cálculo dos parâmetros hidráulicos é iniciado com o cálculo da pressão de funcionamento de cada aspersor, que pode ser um dado de entrada do programa caso estes tenham reguladores de pressão, ou então pode ser calculada em função da variação de pressão ao longo da rampa, devido às perdas de carga, utilizando-se no seu cálculo a metodologia apresentada por Wilmes *et al.* (1993). Com base na pressão de funcionamento

dos aspersores é possível determinar o seu alcance (Wilmes *et al.*, 1993) e a partir deste e do caudal de cada aspersor a intensidade pluviométrica máxima.

Introduza os DADOS da Rampa Rotativa

Coordenadas do Centro da Rampa  
X: 241950  
Y: 173521

Dimensões da Rampa Rotativa:  
Comprimento total: 450 m  
Número de Torres: 9  
Espaço entre Torres: 50 m

Tubagens da Rampa:  
Diâmetro: 170 mm

Coeficiente de Hazen-Williams  
Alumínio e aço novo -> 130  
Aço galvanizado -> 130-140  
Aço com revestimento amon -> 145  
Valor a usar: 140

Classe de Solo  
 Classe I (Ks < 0,25 cm/h)  
 Classe II (Ks = 0,5 cm/h)  
 Classe III (Ks = 1 a 2 cm/h)  
 Classe IV (Ks > 2 cm/h)

Modelo Digital de Terreno:  
Resolução (m): 1  
Método de interpolação: TIN  
Tabela de Dados MDT: c:\aq\levant\_lueteoi\_militar.dbf

Tipo de Aspersor  
 Estático com defletores fixos  
 Estático com defletores estriados  
 Estático com defletor rotativo  
 Rotativo

Espaçamento entre aspersores  
Espaçamento: 3 m

Pressão de Funcionamento:  
 Com Regulador de Pressão  
 Sem Regulador de Pressão

Pressão no Polo: 300 kPa

Canhão Terminal:  
 Sim  Não

Alcance do canhão: 12 m

Caudal Total da rega: 60 l/s

Dotação Total Aplicada  
Por campanha: 700 mm

Continuar Cancelar

Figura 2 - Janela de introdução de dados.

Os dados referentes à intensidade pluviométrica máxima dos aspersores são utilizados na análise qualitativa do escoamento através da metodologia proposta por Luz (2002). Esta metodologia define 3 índices de risco (A, B e C), de acordo com as características de infiltrabilidade dos solos (divididos em 4 classes de acordo com o valor da sua condutividade hidráulica saturada), dos valores da intensidade pluviométrica aplicada pelo sistema de rega e da dotação de rega.

Na definição dos índices de risco, Luz (2002) considerou 3 dotações de rega (10, 20 e 30 mm, que classificou, respectivamente como baixa, média e alta) e 3 intensidades pluviométricas (30, 65 e 100 mm/h, classificadas, respectivamente, como baixa, média e alta) (fig. 3). Os índices de risco de escoamento definidos são:

**A** - Com escoamento inferior a 25 % da dotação aplicada.

**B** - Escoamento entre 25 a 50 % da dotação aplicada.

**C** - Escoamento superior a 50 % da dotação aplicada.

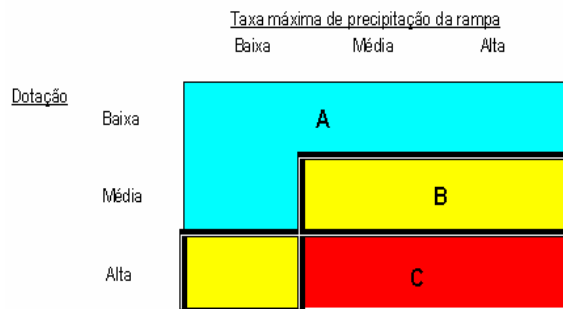
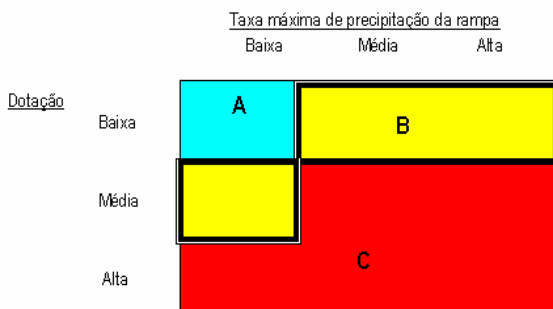
A extensão PROPIVOT considera apenas as hipóteses de dotações de rega de 10 e 20 mm, que são valores mais frequentes. A dotação de 30 mm é pouco utilizada, principalmente em sistemas de maior dimensão que seriam obrigados a tempos de rega muito longos ou a intensidades pluviométricas mais elevadas para conseguirem aplicar dotações desta grandeza.

Actualmente a metodologia apresentada por Luz (2002) encontra-se em processo de evolução, no qual se dividiu o índice B em dois sub-índices, permitindo um enquadramento dos parâmetros em condições mais específicas e limitadas de escoamento, proporcionando uma maior fiabilidade na estimativa obtida. Esta nova versão dos índices irá ser introduzida em futuras versões da extensão.

Um dos factores que contribui para a diminuição do escoamento é a capacidade de armazenamento superficial do solo. As áreas da parcela que apresentam condições de risco associadas aos índices anteriores são corrigidas em função da capacidade de armazenamento superficial do solo usando-se os valores propostos por Shockley (1968) e ainda hoje muito utilizados: 12,7 mm para declives de 0 a 1 %, 7,62 mm para declives de 1 a 3 % e 2,54 mm para declives de 3 a 5 %.

**CLASSE I** - Solos com Infiltrabilidade inferior a 0,25 cm/h. Risco de escoamento superficial máximo. Índice A tem representatividade mínima.

**CLASSE II** - Solos de baixa infiltrabilidade, próxima de 0,5 cm/hora. Risco de escoamento médio-alto. Índice A tem representatividade minoritária.



**CLASSE III** - Solos de média infiltrabilidade (próxima de 1-2 cm/hora). Risco de escoamento reduzido. Índice A tem representatividade maioritária.

**CLASSE IV** - Solos com boa infiltrabilidade (superior a 2 cm/hora). Risco de escoamento mínimo a nulo. Índice A tem representatividade máxima total.

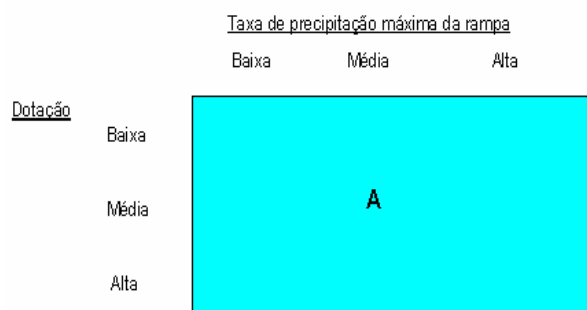
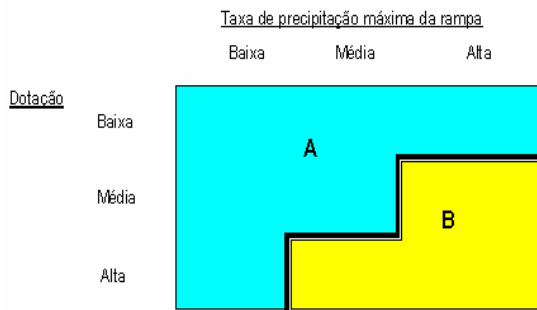


Figura 3 - Classes de risco de escoamento (Luz, 2002).

O cálculo da erosão potencial baseia-se na utilização da Equação Universal de Perda de Solo (Wischmeier & Smith, 1978):

$$A = EI30 \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

onde A é a perda de solo anual média habitualmente apresentada em  $(t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1})$ , EI30 o factor de erosividade em  $(MJ \cdot mm \cdot h^{-1} \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1})$ , K o factor de erodibilidade que é normalmente contabilizado em  $(t \cdot ha \cdot h \cdot ha^{-1} \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1})$ , L a relação de comprimento (adimensional), S a relação de declive (adimensional), C a relação de coberto vegetal (adimensional) e P a relação de prática agrícola (adimensional).

No caso concreto da extensão PROPIVOT a equação (1) ficou reduzida à seguinte expressão:

$$A = EI30 \cdot L \cdot S \quad (2)$$

considerando-se os termos K, C e P iguais à unidade.

A metodologia seguida para o cálculo do parâmetro EI30 foi aquela proposta por Wischemeier & Smith (1978), com ligeiras adaptações de forma a poder ser aplicada às rampas rotativas. A energia cinética da precipitação dos diferentes aspersores da rampa é determinada com base na metodologia apresentada por Kincaid (1996), e depois multiplicada pela dotação de rega global. Este valor é depois multiplicado pela intensidade máxima em 30 minutos, obtendo assim o parâmetro EI30 de Wischmeier & Smith (1978) para a época de rega com as seguintes unidades, {MJ.mm.h<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup>.100<sup>-1</sup>}.

O cálculo do parâmetro fisiográfico (LS) é efectuado tendo em conta as equações apresentadas por McColl *et al.* (1987).

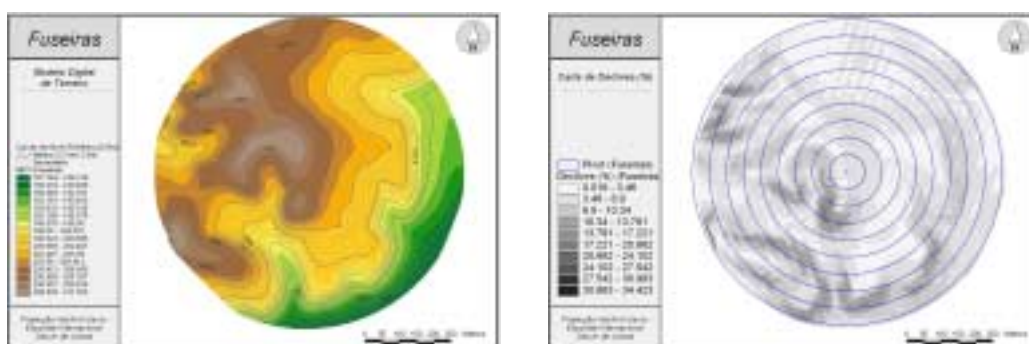
### 3. Resultados da extensão PROPIVOT

A aplicação apresenta como resultado final uma série de cartas com a identificação das zonas problemáticas, no que se refere ao risco de escorrimento e à erosão e perda de solo, obtidas em função dos diferentes dados de entrada do programa.

Será fácil ao utilizador verificar o efeito resultante da opção por diferentes parâmetros de dimensionamento da máquina (caudal, pressão de funcionamento, dimensão da máquina, tipo de aspersores, etc.) e tentar encontrar a solução de configuração mais adequada às condições de uma determinada área a regar.

Em situações de sistemas já instalados a identificação de zonas problemáticas poderão ajudar o agricultor a definir melhor o modo de utilização da terra, que poderá passar por deixar algumas zonas sem regar, por fazer uma gestão da rega diferente, ou optando por sistemas de produção alternativos, tais como técnicas de não mobilização ou mobilização reduzida do solo, nomeadamente a sementeira directa e a mobilização reduzida.

Os primeiros mapas que se podem obter com o programa são os referentes à topografia do terreno (fig. 3), e que poderão logo à partida dar uma ideia das potencialidades e limitações da parcela para a utilização deste tipo de sistema de rega.



Figuras 3a (esq.) e 3b (dir.) - Modelo digital do terreno (3a) e Carta de declives (3b) com a posição do centro da rampa e das diferentes torres.

E depois obtém-se os mapas referentes à erosão potencial relativa (fig. 4) e ao risco de escoamento (fig. 5).

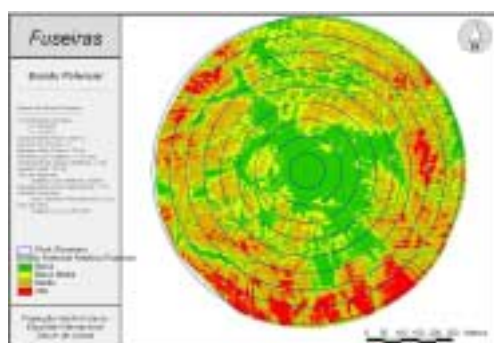


Figura 4 – Erosão potencial relativa

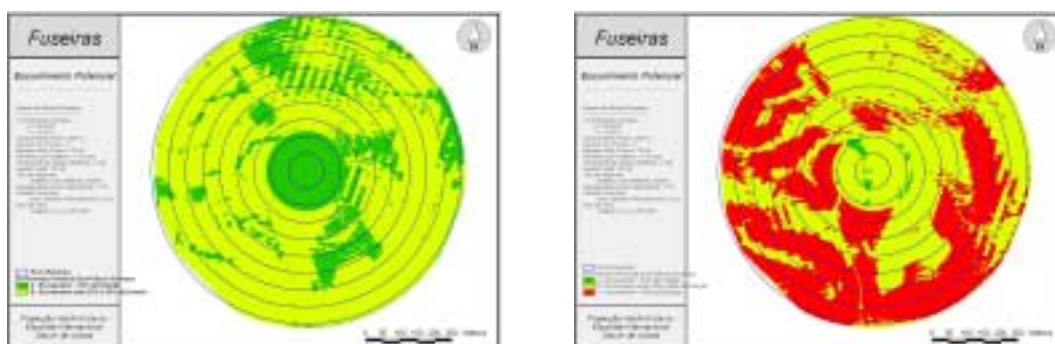


Figura 5 - Risco de escoamento para regas com dotações de 10 mm e 20 mm.

De salientar que os resultados da erosão potencial obtidos são, de uma maneira geral, sempre elevados. Tal facto verifica-se porque a intensidade de precipitação nestas máquinas de rega é sempre bastante elevada e como tal o parâmetro EI30 é de uma dimensão exageradamente grande quando comparado com os valores obtidos na precipitação natural. Decidiu-se portanto, que em vez de usarmos a erosão potencial obtida pela equação 10 usaríamos um índice do risco de erosão. Esse índice erosivo é constituído pela equação 10 dividida por 100 e subdivide-se nas seguintes classes:

- Classe 1 = [0,5] - "Baixo"
- Classe 2 = ]5,10] - "Baixo Médio"
- Classe 3 = ]10,20] - "Médio"
- Classe 4 = ]>20] - "Alto"

Da análise dos mapas anteriores poderá ser feita nova simulação alterando alguns dos parâmetros de dimensionamento tentando minimizar as áreas com riscos elevados de escoamento e erosão. A extensão PROPIVOT permite ainda elaborar alguns mapas derivados da altimetria com alguma importância no estudo em caso, como o mapa da rede de drenagem natural e bacias hidrográficas. Este mapa pode ter algum interesse, uma vez que mostra as linhas de água que se formam no terreno após a precipitação (natural ou artificial), indicando desde logo, as zonas que terão maiores problemas de excesso de água durante a campanha de rega.

É possível ainda calcular outros mapas como o referente ao factor LS da equação universal de perda de solo de Wischmeier & Smith, ou um mapa com a distribuição da intensidade pluviométrica ao longo da rampa.

#### 4 . Conclusões

A aplicação PROPIVOT revela-se de utilização fácil e permite, rapidamente, simular diferentes cenários de dimensionamento de rampas rotativas, observando-se de imediato os potenciais riscos da utilização destes sistemas em situações concretas. Pode ser assim uma ferramenta que ajudará o projectista a dimensionar os sistemas tecnicamente mais adequados a uma determinada situação, e, ao mesmo tempo ajudar o empresário agrícola a gerir a rega, de acordo com as condicionantes das diferentes áreas da parcela a regar, ou seja, também numa perspectiva de aplicação da agricultura de precisão.

#### 5. Bibliografia

- FERREIRA, A.G. (2001) Relatório final do projecto PRAXIS XXI – “Soil conservation, irrigation water management and applicability efficiency under center pivot”.
- KINCAID, D.C. (1996) Spraydrop kinetic energy from irrigation sprinklers. *Transactions of the ASAE*, vol. 39 (3), p.847-853.
- LUZ, P.B. (2002) Sistematização da informação para apoio ao regadio no âmbito agro-ambiental. Avaliação do risco de escoamento superficial em rampas rotativas. *Actas do 6º Congresso da Água*. APRH. Porto
- MARQUES DA SILVA, J.R. & L.L. SILVA (2002) Utilização de sistemas de informação geográfica no estudo de impacte ambiental. Caso de estudo: introdução de um sistema de rega do tipo rampa rotativa nas áreas a beneficiar pelo Alqueva. *Revista da Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal*, Edição Especial: 1º Congresso Nacional das Ciências do Solo, vol. XXV, nº 3 e 4, p. 304-319.
- McCOOL. D. K. *et al.* (1987) Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. *Trans. Am. Soc. Agr. Eng.*, vol. 30, nº5
- SHOCKLEY, D. (1968) *Mimeograph report*. Soil Conservation Service, Portland, Oregon.
- SILVA, L.L. (2001) *O efeito das características de aplicação da água sobre a infiltração num solo Mediterrâneo regado por rampa rotativa*. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Agrícola. Universidade de Évora, Évora.
- WISCHMEIER, W. H. & SMITH, D. D. (1978) *Predicting rainfall erosion losses*. USDA agr. Res. Serv. Handbook 537.
- WILMES, G.J.; D.L. MARTIN & R.J. SUPALLA (1993) Decision support system for design of center pivots. *Transactions of the ASAE*, vol. 37 (1), p.165-175.