

Aplicação da poliacrilamida no controlo da erosão e do escoamento superficial na rega por rampa rotativa

Polyacrylamide application in center pivot irrigation systems for erosion and runoff control

R. O. Pires¹, J. L. Reis¹, F. L. Santos^{1,2} & N. L. Castanheira¹

RESUMO

Na rega por rampa rotativa geralmente a intensidade de precipitação da água aplicada ultrapassa a taxa de infiltração, o que vai gerar escoamento superficial e arrastamento de partículas do solo que, além do favorecimento de perda de solo, aumenta também os riscos de poluição das linhas de água e albufeiras. O presente trabalho foi realizado com o objectivo de, numa primeira aproximação, estudar estratégias de aplicação da poliacrilamida aniónica (PAM), um condicionador de solo, para o melhor controlo da erosão e escoamento superficial de vários solos do Alentejo regados por rampa rotativa. Delineou-se um conjunto de testes para a recolha de dados para análise, tendo-se em conta os tipos de solos e dois declives pré-estabelecidos. Assim procedeu-se à instalação do ensaio experimental na Herdade da Mitra, utilizando-se uma rampa rotativa experimental e aplicou-se com dois declives, de 2,5% e 5%, a poliacrilamida aos solos Vt, A, Bvc e Pmg. A cada solo aplicou-se cinco regas, tendo a PAM sido também aí aplicada com o seguinte critério: 1) de forma única na primeira rega com uma concentração de 7 ppm, o que corresponde a

uma taxa de aplicação de 0,84 kg/ha, 2) de forma fraccionada nas duas primeiras regas com uma concentração de 3,5 ppm e uma taxa de aplicação de 0,42 kg/ha em ambas, num total de 0,84 kg/ha e 3) de forma fraccionada nas três primeiras regas com uma concentração de 2,33 ppm e uma taxa de aplicação de 0,28 kg/ha em cada uma, num total de 0,84 kg/ha, tendo-se comparado todas estas aplicações de PAM com a testemunha (sem PAM). Para controlo das dotações de água aplicadas colocaram-se pluviómetros e udógrafos na área circundante a cada talhão, constituído por tabuleiros com os respectivos solos e em declives pré-estabelecidos. Procedeu-se à recolha da água de escorrimento e dos sedimentos arrastados. O aumento do declive por si só, aumenta o escoamento. Por cada tipo de solo, as diferentes modalidades de aplicação de poliacrilamida (PAM) tiveram um comportamento diferente mas irregular em termos de redução de escoamento superficial e da erosão. Existem indícios que mostram que a aplicação de PAM é benéfica, em especial no solo A, para o controlo desses parâmetros. No solo Vt, com os testes efectuados é difícil traçar uma estratégia de aplicação de PAM. De qualquer forma, a apli-

¹ Dep. de Engenharia Rural, Universidade de Évora, Núcleo da Mitra, 7002-554 ÉVORA, e-mail: rmopires@portugalmail.pt; ² Instituto de Ciências Agrárias Mediterrâneas (ICAM)

cação fraccionada em três vezes na erosão foi melhor que nas outras aplicações, embora no escoamento superficial isso não se verifique, aconselhando-se ainda assim esta modalidade. Quanto ao solo A, constatou-se que a aplicação de PAM fraccionada em duas vezes, foi a que obteve melhores resultados no controlo do escoamento superficial e erosão. Em relação ao solo Pmg, os resultados obtidos não permitem dar qualquer indicação para o uso da melhor forma de aplicação de PAM no controlo do escoamento superficial. Contudo, a aplicação de PAM fraccionada em três vezes foi a que teve melhores resultados no controlo da erosão. No solo Bvc, verificou-se que naturalmente o escoamento superficial e erosão baixos, não sendo necessário a procura de benefícios com as PAM. Serão necessários mais testes para poder ajustar a melhor forma de aplicação para cada solo e declive. Recomenda-se que se adoptem outras práticas de conservação do solo, juntamente com a utilização das PAM.

ABSTRAT

Polyacrylamide was applied to several soils through a center pivot irrigation system to study their effects on erosion and runoff control. Tests were designed to apply the polyacrylamide to Vt, A, Bvc and Pmg Portuguese soils, and under two slopes, 2,5 and 5% respectively. Each soil was submitted to five irrigations, being the polyacrylamide applied on the following criteria: 1) one single application with the first irrigation at a concentration of 7 ppm (0,84 kg/ha), 2) two applications, first and second irrigation, at a concentration of 3,5 ppm (0,42 kg/ha each, and a total of 0,84 kg/ha), 3) three applications, first, second and third irrigation, at a concentration of 2,33 ppm (0,28 kg/ha each, and a total of 0,84 kg/ha. The rates applied

seem to better control erosion and runoff on soil A, being the best results obtained when the polyacrylamide was applied twice, in the first and second irrigation. On soil Vt the results are not so conspicuous, but the multi applications (three times) of polyacrylamide seem to provide some protection to soil against erosion. The same can be observed for soil Pmg. Soil Bvc does not require polyacrylamide applications to control erosion and runoff.

INTRODUÇÃO

A implantação de sistemas de rega por rampa rotativa tem aumentado bastante nos últimos anos no Alentejo. Idealmente o escoamento superficial não devia ocorrer neste tipo de rega, quando correctamente dimensionados e monitorizados (Santos *et al.*, 2002). Geralmente a aplicação de água não acompanha a capacidade de infiltração do solo, resultando daí problemas de escoamento superficial e perda de solo, levando também à formação de crosta superficial. Esta crosta é formada pela energia de impacto das gotas de água na superfície do solo, o que leva a que os agregados humedecidos sejam destruídos, os poros colmatados pelas partículas quando transportadas, produzindo-se crosta (Bjorneberg *et al.*, 2000). Tal facto, que reduz a infiltração, favorece os fenómenos erosivo e de escoamento superficial.

A chave para controlar a erosão provocada pela rega por aspersão é reduzir ou eliminar o escoamento superficial (Santos *et al.*, 2002). Este pode ser controlado reduzindo-se a taxa de aplicação e aumentando a capacidade de infiltração do solo. Tem-se apostado em técnicas de prevenção do escoamento superficial e da formação de crosta através do uso de condicionadores do

solo, como é o caso das poliacrilamidas aniónicas (PAM).

As PAM são constituídas por uma longa cadeia de polímeros de grandes dimensões e elevado peso molecular, electronegativas e solúveis em água. Os catiões bivalentes existentes na água de rega (como Ca^{++} e Mg^{++}) favorecem uma ligação do tipo Van der Waals e de Colombo entre o condicionador e as partículas do solo, agindo o condicionador como um agente fortalecedor da agregação do solo, mantendo a estrutura do solo. O condicionador, também com propriedades floculantes, permite ainda a rápida agregação e deposição das partículas que são destacadas (Bjorneberg *et al.*, 2000).

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição dos trabalhos experimentais

O presente trabalho foi realizado com o objectivo de estudar, numa primeira aproximação, o efeito da aplicação de poliacrilamidas aniónicas (PAM), um condicionador de solo, no controlo da erosão e escoamento superficial, a vários solos do Alentejo, usando a rega por rampa rotativa. Durante o ano de 2004, traçou-se um conjunto de testes, referente à recolha de dados para essa análise, tendo-se em conta que diferentes tipos de solos e declives podem dar resultados diferentes recebendo iguais quantidades de PAM. Assim procedeu-se à instalação do ensaio experimental numa parcela de terreno situada no Centro de Estudos e Experimentação da Mitra, pertencente à Universidade de Évora e que se situa a cerca de 10 km a sudoeste da cidade de Évora. O ensaio experimental consistiu na aplicação de poliacrilamidas (PAM) através de uma rampa rotativa experimental aos solos Vt, A, Bvc e Pmg, com dois declives (2,5% e 5%). As amostras de solo foram

previamente crivadas por um crivo de 3,5 mm de malha, de modo a obter-se uma densidade aparente próxima da densidade aparente de campo. Aplicou-se a cada solo cinco regas com uma periodicidade mínima de 4 dias, sendo também a PAM aplicada com a ajuda da rega com o seguinte critério: 1) de forma única na primeira rega com uma concentração de 7 ppm e uma taxa de aplicação de 0,84 kg/ha, 2) de forma fraccionada nas duas primeiras regas com uma concentração de 3,5 ppm e uma taxa de aplicação de 0,42 kg/ha em ambas, num total de 0,84 kg/ha e 3) de forma fraccionada nas três primeiras regas com uma concentração de 2,33 ppm e uma taxa de aplicação de 0,28 kg/ha em cada uma, num total de 0,84 kg/ha, tendo-se comparado todas estas aplicações de PAM com a testemunha (sem PAM). Para controlo das dotações aplicadas colocaram-se 6 pluviómetros e 2 udógrafos na área circundante a cada talhão.

Ensaio

Foi utilizado um sistema com três tabuleiros, com a dimensão de 0.60 m x 0.20 m x 0.04 m onde é introduzido o solo, o que permite que o solo seja dividido em três amostras ou repetições por cada modalidade. Impuseram-se inclinações de 2,5 e 5% a esses tabuleiros, de acordo com o previamente estabelecido.

Em cada tabuleiro é recolhido o escoamento superficial e os sedimentos, cujo volume se mede e regista. Procedeu-se em seguida à sua evaporação em estufa, pesando-se o resíduo (massa de sedimentos que o escoamento continha), obtendo-se, desta maneira, o valor da perda de solo. As regas aplicadas tiveram uma duração de 15 minutos. Nos ensaios foi utilizada água com 0,545 dS/m de condutividade eléctrica e pH de 7,45. Chegou-se a um valor médio de precipitação (média aritmética) de 13,73

mm (desvio padrão de 1,33) para os udógrafos, a que corresponde uma intensidade de precipitação de 54,94 mm h⁻¹. Para os pluviómetros, obteve-se um valor médio de 12,32 mm (desvio padrão de 1,17) de precipitação, correspondendo a uma intensidade de precipitação de 49,27 mm h⁻¹.

A poliacrilamida utilizada nos ensaios foi a SUPERFLOC A110 Flocculant (CYTEC Industries Inc.), na forma seca granular, com 80% de matéria activa.

A rampa rotativa, onde foram realizados os ensaios, é composta por duas torres que suportam dois braços de 12 m de comprimento cada e um lança suspenso de 6 m, num comprimento total de 30 m. Os lanços são constituídos por tubos com um diâmetro de 140 mm. Os aspersores têm uma distância aos tabuleiros de 3,13 m e foram utilizados aspersores estáticos com pratos deflectores lisos. O espaçamento entre cada aspersor foi de 1,5 m o que conduziu a um total de 17 aspersores com os seguintes diâmetros (em mm): 2,75 - 3,0 - 3,0 - 3,5 - 4,0 - 4,25 - 4,25 - 4,5 - 4,5 - 4,75 - 5,0 - 5,25 - 5,5 - 5,5 - 5,75 - 5,75 e 6,0.

A velocidade utilizada na realização dos ensaios foi de 40, correspondendo este número ao número de segundos que em cada minuto a última torre está em movimento. A esta velocidade, a rampa rotativa leva 2,33 horas a realizar uma volta completa. A energia cinética é de 11,3 J kg⁻¹ (Silva, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Escoamento superficial – efeito da aplicação de PAM nos diferentes solos e declives

Quanto ao escoamento superficial, os resultados da aplicação de PAM tendo por base o escoamento acumulado ao longo das 5 regas são apresentados nos gráficos da

Figura 1.

No que diz respeito ao declive de 2,5%, em relação ao solo Vt, no caso da modalidade testemunha o valor do escoamento superficial foi de 33,38 mm. Aplicando 0,84 kg/ha (7 ppm) na primeira rega, esse valor diminuiu para 27,59 mm e na modalidade de 3,5 ppm nas duas primeiras regas, diminuiu para 26,92 mm. A modalidade de 2,33 ppm foi a que teve piores resultados (33,99 mm). No solo A, já se obteve algum ajustamento entre os dados de infiltração e de escoamento. Tal como na infiltração, o melhor resultado foi obtido na aplicação fraccionada com 3,5 ppm, seguidamente na aplicação única com 7 ppm e a modalidade de 2,33 ppm também ofereceu benefícios na redução do escoamento. Quanto ao solo Pmg, o escoamento superficial aumentou com a aplicação do produto, indicando, que a aplicação das PAM não é encorajadora para reduzir o escoamento superficial nestes solos, quando regados em rampa rotativa. O solo Bvc, apresentou baixos valores de escoamento. Observa-se que estes solos apresentam baixo escorrimento, não necessitando de aplicações de PAM.

No declive de 5%, à excepção do solo A, a aplicação de PAM não originou reduções substanciais do escoamento superficial. Nos outros solos, na modalidade de 7 ppm conseguiram-se decréscimos no escoamento nos solos Vt e Bvc. Também se conseguiram bons resultados na modalidade 3,5 ppm no solo Vt.

Erosão – efeito da aplicação de PAM nos diferentes solos e declives

Os gráficos da Figura 2 apresentam os valores da erosão acumulada ao longo das 5 regas.

Em relação ao declive de 2,5%, para o solo Vt, a modalidade de 2,33 ppm mostrou-se benéfica na diminuição da ero-

são, ao contrário das outras opções. Na aplicação de PAM de forma única e em duas vezes, o solo que levou PAM apresenta mais erosão do que o solo sem aplicação de PAM. No solo A foi a aplicação de 3,5 ppm que teve mais eficácia, tal como no escoamento superficial. A escolha da modalidade de 2,33 ppm foi a que teve piores resultados, aumentando mesmo a erosão em relação à testemunha. Em relação ao solo Pmg, a aplicação de PAM quando fraccionada teve bons resultados, enquanto

que na aplicação feita de forma única, o valor da erosão aumentou em relação à testemunha. Finalmente, no solo Bvc qualquer uma das modalidades se mostrou benéfica, destacando-se a aplicação única de 0,84 kg/ha (7 ppm). De notar que o solo Bvc, por si só tem baixo escoamento e baixos valores de erosão.

No que diz respeito ao declive de 5%, conforme sucedeu no declive de 2,5% no solo Vt, a modalidade de 2,33 ppm mostrou-se

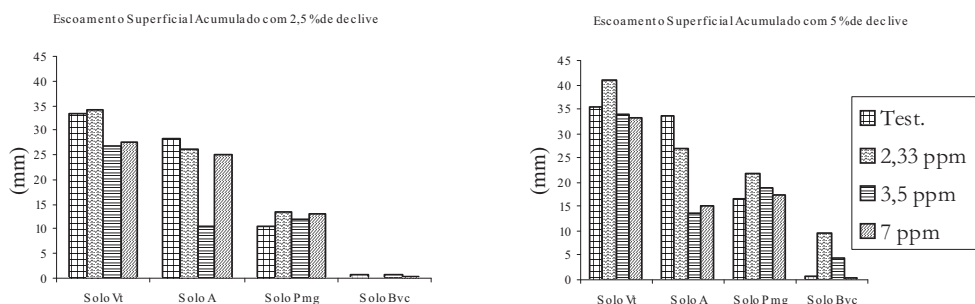


Figura 1 – Valores do escoamento superficial acumulado ao longo de 5 regas sem aplicação de PAM (Testemunha) e com aplicações fraccionadas em 3 regas (2,33 ppm com 0,28 kg/ha), fraccionada em 2 regas (3,5 ppm com 0,42 kg/ha) e única (7 ppm com 0,84 kg/ha)

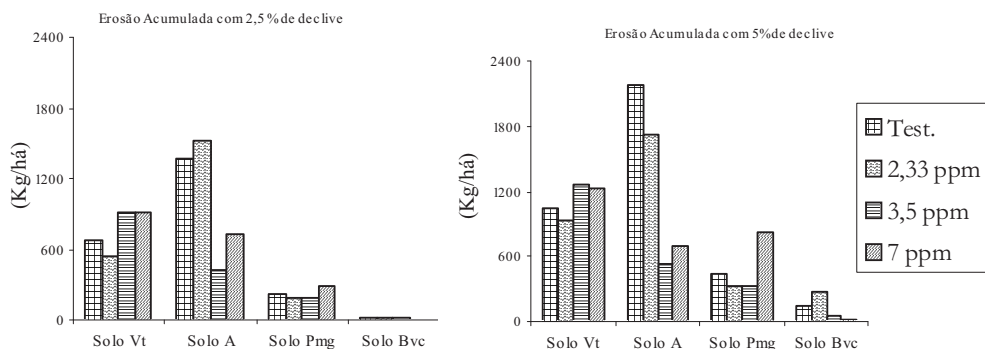


Figura 2 – Valores da erosão acumulada ao longo de 5 regas sem aplicação de PAM (Testemunha) e com aplicações fraccionadas em 3 regas (2,33 ppm com 0,28 kg/ha), fraccionada em 2 regas (3,5 ppm com 0,42 kg/ha) e única (7 ppm com 0,84 kg/ha)

QUADRO 1 – Efeito das PAM no declive em relação à testemunha (Variação percentual % = ((PAM-Test)*100)/Test) do escoamento superficial e erosão

Solo	Escoamento Superficial (Variação Percentual %)						Erosão (Variação Percentual %)					
	2,33 ppm		3,5 ppm		7 ppm		2,33 ppm		3,5 ppm		7 ppm	
	2,5%	5%	2,5%	5%	2,5%	5%	2,5%	5%	2,5%	5%	2,5%	5%
Vt	1,83	15,98	-19,35	-4,47	-17,35	-6,00	-18,44	-10,67	35,80	21,79	36,16	18,36
A	-7,84	-19,97	-63,56	-59,50	-12,23	-55,64	12,29	-21,14	-68,73	-75,62	-47,07	-68,46
Pmg	28,33	31,67	13,60	14,87	22,57	5,83	-15,90	-27,01	-15,77	-26,27	27,62	86,42
Bvc	-67,27	1176,00	23,64	497,33	-3,64	-56,00	-34,12	94,49	-25,28	-55,38	-48,57	-90,39

benéfica na diminuição da erosão, ao contrário das outras opções. No solo A, todas as modalidades foram bem sucedidas sendo a mais benéfica a de 3,5 ppm, tal como no declive de 2,5%. No solo Pmg, a tendência observada no declive de 2,5% voltou a repetir-se, verificando-se que a aplicação de PAM em duas vezes e em três vezes o solo com PAM tem menor erosão do que a testemunha. Em relação ao solo Bvc, as modalidades de 3,5 ppm e 7 ppm mostraram bons resultados, enquanto que aplicando 2,33 ppm de PAM nas 3 primeiras regas fez com que houvesse maior erosão.

Efeito do declive e da aplicação de PAM

De acordo com o declive, o Quadro 1 compara a aplicação de PAM em cada solo, através da variação percentual. Assinalou-se a **negrito** os casos onde houve benefício.

No solo Vt, com os testes efectuados, é difícil traçar uma estratégia de aplicação de PAM. De qualquer forma, com a aplicação fraccionada em três vezes (2,33 ppm), no controlo da erosão conseguiram-se benefícios, embora no controlo do escoamento superficial isso não se verifique. Assim, aconselha-se a modalidade de 2,33 ppm como a melhor opção no controlo da erosão, conseguindo-se reduzir em 18% (de 668,6 kg/ha para 545,3 kg/ha) e 11% (de 1044,2 kg/ha para 932,8 kg/ha) com 2,5% e 5% de

declive, respectivamente. No controlo do escoamento superficial a modalidade de 2,33 ppm não funcionou, enquanto que nas outras duas opções conseguiu-se controlar este parâmetro com benefícios similares (decrécimo na ordem dos 18% e 5% com 2,5% e 5% de declive, respectivamente). Consoante o parâmetro que se queira controlar, assim se terá que escolher criteriosamente a estratégia a seguir.

Quanto ao solo A, constatou-se que a aplicação de PAM fraccionada em duas vezes (3,5 ppm) foi a que teve melhores resultados no controlo do escoamento superficial e erosão. Em relação ao solo Pmg, os resultados obtidos não são conclusivos. Contudo, a aplicação de PAM fraccionada em três vezes (2,33 ppm) foi a que teve melhores resultados no controlo da erosão apesar de ter tido resultados similares à modalidade de 3,5 ppm. No solo Bvc, verificou-se que naturalmente o escoamento superficial e erosão são baixos, não tendo de se procurar benefícios com a aplicação de PAM.

Assim, nas várias estratégias de aplicação de PAM estudadas, única e fraccionada (em duas e três vezes num total de 0,84 kg/ha), verificou-se que houve uma resposta diferente para cada tipo de solo e nem sempre se encontram benefícios com a sua aplicação. Crê-se que aplicações mais concentradas de PAM, de 2 kg/ha, trarão benefícios maiores

aos solos, com substanciais reduções de erosão e escoamento superficial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bjorneberg, D. L., Aase, J. K. & Sojka, R. E. 2000. Sprinkler irrigation runoff and erosion control with polyacrylamide. *Applied Engineering in Agriculture*. ASAE, **16(5)**:513-520, Phoenix, Arizona, USA.
- Santos, F. L., Reis, J. L., Martins, O. C., Castanheira, N. L. & Serralheiro, R. P. 2002. Avaliação do impacte das gotas produzidas pela rega por aspersão e da aplicação de poliacrilamida em unidades-solo do Alentejo. *Revista de Ciências Agrárias*, **XXV (3 e 4)**:256-268.
- Cardoso, C. J. V. J. 1965. Os Solos de Portugal. *Sua Classificação, Caracterização e Génese. 1-A Sul do Tejo*. Secretaria de Estado da Agricultura, Direcção Geral dos Serviços Agrícolas, Lisboa, Portugal.
- Silva, J. R. M. 1999. *Susceptibilidade do Solo à Erosão Hídrica (Avanço na Modelação)*. Tese de Doutoramento. Universidade de Évora, Évora.
- Silva, L. L. S. 2001. *O Efeito das Características de Aplicação da Água Sobre a Infiltração num Solo Mediterrâneo Regado com Rampa Rotativa*. Tese de Doutoramento. Universidade de Évora, Évora.