

AGRICULTURA DE REGADIO E QUALIDADE DA ÁGUA, À ESCALA DA BACIA HIDROGRÁFICAA. Canatário Duarte¹, L. Mateos², E. Fereres^{2,3}¹ E.S.A.C.B., Quinta da Sra. de Mércules, Apartado 119, 6001-909 Castelo Branco, Portugal, acduarte@esa.ipcb.pt.² I.A.S., C.S.I.C., Finca Alameda del Obispo, Apartado de Correos 4084, 14080 Córdoba, Espanha, ag1mainl@uco.es.³ Departamento de Agronomía, U.C.O., Campus Universitario de Rabanales, 14071 Córdoba, Espanha, aglfecae@uco.es.

RESUMO. Este estudo propõe-se estudar a qualidade dos fluxos de retorno (azoto, sedimentos e sais), integrada com o comportamento hidrológico de uma pequena bacia hidrográfica com agricultura de regadio. A bacia de estudo (189 ha) localiza-se no *Aproveitamento Hidroagrícola da Campina da Idanha*, e tem como culturas principais de regadio o tabaco, o milho e o sorgo, e como cultura principal de sequeiro, a aveia. A topografia da bacia pode considerar-se como levemente ondulada, tendo uma rede de drenagem natural que assegura um bom escoamento superficial da água. A compreensão do comportamento hidrológico da bacia hidrográfica é fundamental para perceber a dinâmica dos contaminantes naquela unidade territorial. Na estação de rega o comportamento hidrológico mostrou-se muito sensível às práticas de rega (frequência e dotações usadas), enquanto que na estação de chuva o modelo *hortoniano* domina o comportamento do escoamento superficial. O teor de humidade do solo configura-se como decisivo na magnitude das pontas de escoamento nos eventos de elevada precipitação. As metodologias usadas neste estudo, durante os anos hidrológicos de 2004/2005 e 2005/2006, incluem recolha periódica de amostras de água e análises de laboratório para determinação da concentração dos contaminantes em estudo (azoto, sais e sedimentos). A determinação da carga contaminante diária implica o conhecimento do hidrograma de saída da bacia, o que foi assegurado pelo funcionamento de uma estação hidrológica, localizada na secção de referência da bacia, para medição e registo contínuos dos caudais efluentes. A água derivada para a bacia de estudo durante as campanhas de rega foi de muito boa qualidade, influenciando, em conjunto com as boas práticas agrícolas usadas pelos agricultores, a igualmente boa qualidade com que é restituída ao meio hídrico. Durante as estações de chuvas, a qualidade da água drenada da bacia depende da conjugação de eventos de precipitação intensos com a disponibilidade dos contaminantes no solo. A dependência da carga da carga contaminante diária do volume de escoamento, como outra forma de analisar a dinâmica dos contaminantes, mostrou-se fortemente influenciada pela solubilidade dos contaminantes na água.

Palavras Chave: poluição difusa, bacia hidrográfica, hidrologia, agricultura de regadio, qualidade da água.

1.- Introdução

A agricultura, enquanto maior usuário da água doce, torna-se uma das causas importantes da degradação dos recursos hídricos, e justifica a preocupação existente pelas suas repercussões na qualidade da água à escala mundial. A utilização massiva de produtos agroquímicos é uma prática comum nos esquemas agrícolas actuais, alcançando o seu maior impacto nas zonas de regadio, onde a maior intensificação requer a aplicação de doses mais elevadas daqueles produtos (Mañas, 2001; Fereres y Ceña, 1997). Oomen *et al.* (1990) indicam que do total de fertilizantes usados na actividade agrícola, cerca de 60% são aplicados nas terras de regadio. Os sistemas de rega funcionando de forma deficiente são uma das causas que mais contribuem para a degradação da qualidade da água efluente das zonas de rega, enquanto que a rega bem controlada é uma das práticas agrícolas menos contaminantes, ao mesmo tempo que reduz os gastos inerentes (Ignazi, 1993; Mateos, 2003). A melhoria da gestão da água nas explorações agrícolas é uma das vias mais eficientes que dispõe a sociedade para reduzir os impactos do regadio nos ecossistemas receptores (Villalobos *et al.*, 2002; Pereira, 2005). Porém, um uso adequado da água ao nível das explorações agrícolas, é indissociável de uma conveniente gestão daquele recurso à escala do aproveitamento hidroagrícola (Mateos *et al.*, 2002; Lorite *et al.*, 2004). O maior desafio sobre a viabilidade e sustentabilidade da agricultura de regadio, é um bom compromisso entre a produtividade agrícola e a protecção do meio ambiente (Causapé *et al.*, 2004). Ainda que haja outros contaminantes dos recursos hídricos superficiais, são os contaminantes azoto, fósforo, pesticidas, sedimentos e sais, cada um com a sua dinâmica própria, os que podem causar problemas mais preocupantes (Thornton *et al.*, 1999).

Este estudo apresenta como objectivo principal estudar a qualidade dos fluxos de retorno (azoto, sedimentos e sais) de uma pequena bacia hidrográfica com agricultura de regadio, em duas campanhas de rega e nas estações de chuva que se seguem a cada campanha. É conveniente para este propósito uma boa compreensão do comportamento hidrológico da bacia, para um entendimento adequado da dinâmica dos contaminantes em estudo.

2.- Descrição da bacia hidrográfica de estudo

A bacia hidrográfica de estudo situa-se no concelho de Idanha-a-Nova (Fig. 1), estando incluída no *Aproveitamento Hidroagrícola da Campina da Idanha*. É uma zona fronteiriça a este com Espanha, e a sul com o *Parque Natural do Tejo Internacional*.

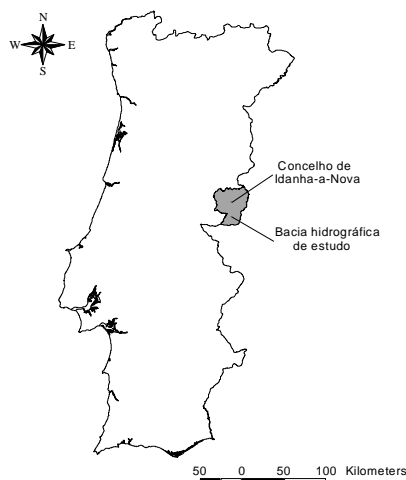


Fig. 1- Localização da bacia hidrográfica de estudo em Portugal.

As características fluvio-morfológicas de uma bacia hidrográfica definem em grande parte o seu comportamento hidrológico. A bacia de estudo tem uma área de 189 hectares e apresenta uma hierarquia fluvial de 3ª ordem (drenada por um conjunto de 28 linhas de água) e uma densidade de drenagem de 12.2 m ha⁻¹. Na Fig. 2 podemos observar a topografia geral da bacia com os limites bem demarcados nas linhas de separação de águas. As cotas variam entre 248 metros de altitude, no extremo NE numa zona de planalto, e 212 metros na secção de referência da bacia. Os declives mais representativos variam entre 0 e 4%, ou seja uma área levemente ondulada com algumas zonas de declives mais acentuados.

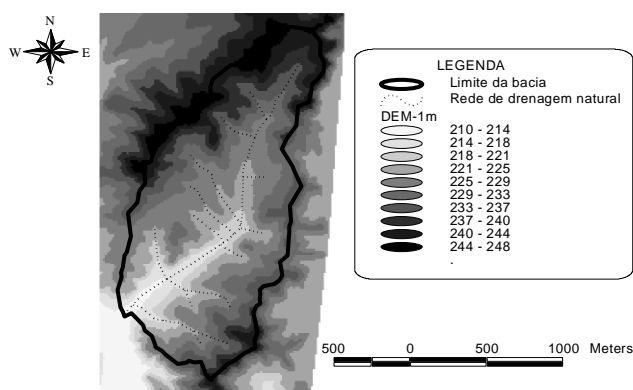


Fig. 2- Topografia geral e rede de drenagem natural da bacia de estudo.

A realidade pedológica da bacia é dominada por solos das categorias dos *Cambisols*, a que correspondem

maioritariamente depósitos de planalto das linhas de água tributárias do rio Tejo com perfis muito heterogêneos, e de *Luvissols* situados a altitudes menores (Fig. 3). Existe outra categoria de solos que tem pouca representatividade na bacia, os *Fluvisols* ou solos de aluvião, presentes nas margens das linhas de água em extensão variável. A existência de uma camada impermeável a pequena profundidade, é uma característica comum a todas as categorias de solos desta bacia, o que a torna praticamente impermeável.

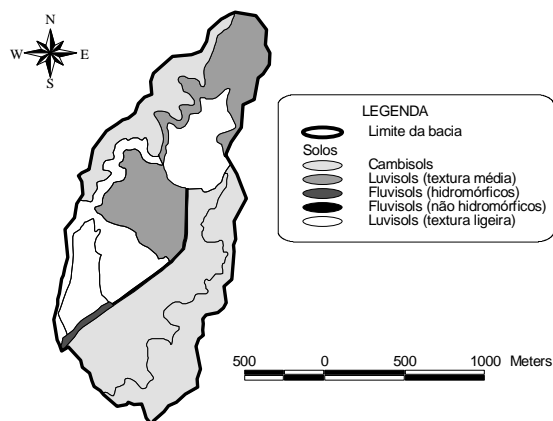


Fig. 3- Categorias de solos existentes na bacia de estudo (nomenclatura da FAO).

O clima da zona é tipicamente mediterrâneo continental, com uma precipitação média anual de 624 mm, e uma temperatura média diária que oscila entre 8.3 °C em Janeiro e 24.5 °C em Agosto (INAG, 2007), própria das zonas com uma acentuada interioridade. O clima da zona é também marcado por uma forte aleatoriedade dos parâmetros climáticos.

Esta bacia apresenta, relativamente à sua sistematização em parcelas e ao seu uso, três zonas bastante distintas (Fig. 4 e Fig. 5): zona de aproveitamento não agrícola (azinheiras e sobreiros dispersos com vegetação herbácea e arbustiva), zona de aproveitamento agrícola intensivo (milho de regadio no ano agrícola de 2003/2004 e maioritariamente pousio no ano agrícola de 2004/2005), e zona de diversidade de usos agrícolas com parcelas de menores dimensões.

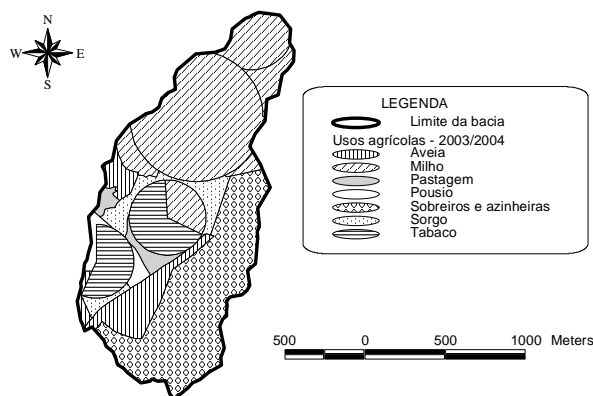


Fig. 4- Usos da bacia de estudo no ano agrícola 2003/2004.

O mosaico de usos da bacia teve uma alteração significativa no ano agrícola 2004/2005 relativamente ao ano anterior (Fig. 5), que se traduziu numa redução importante na área de regadio (52%) na parte alta da bacia, e uma intensificação da actividade agrícola em algumas parcelas na parte baixa da bacia. Esta alteração, compreensivelmente, teve uma influencia decisiva no volume e qualidade dos fluxos de retorno da campanha de rega respectiva.

Os métodos de rega usados pelos agricultores da bacia de estudo são exclusivamente por aspersão. De entre estes, têm larga representatividade os *pivots*, ocupando as coberturas móveis apenas algumas parcelas irregulares.

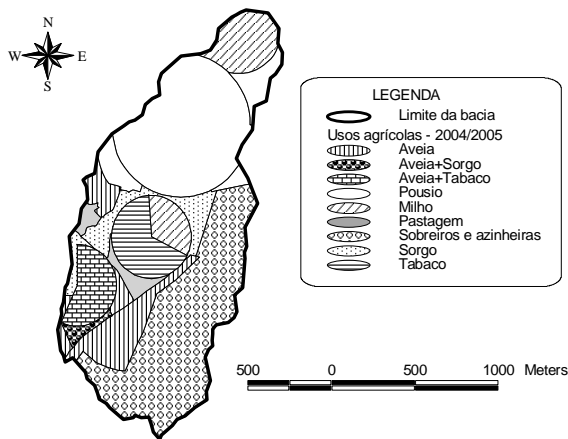


Fig. 5- Usos da bacia de estudo no ano agrícola 2004/2005.

3.- Metodologías e técnicas experimentais

A dinâmica dos contaminantes só é cabalmente entendida quando integrada com o comportamento hidrológico de uma bacia, atendendo, entre outros aspectos, à solubilidade dos contaminantes, à forma como a bacia reage aos eventos de precipitação intensa, à importância relativa do escoamento de base, à gestão dos sistemas de rega. Para dar resposta a algumas destas questões, foi instalado na secção de referência da bacia um descarregador de ressalto de soleira com secção composta triangular e trapezoidal (Bos *et al.*, 1991), y uma estação hidrológica com uma sonda de ultrasons dirigida à superfície do escoamento e um *datalogger* para registo continuo dos dados da sonda. Conhecida a curva de vazão do descarregador, os dados da sonda são transformados em caudais.

Na estação de rega, o volume de escoamento que passa pela secção de referência da bacia mostrou-se muito dependente do escoamento superficial, mais concretamente da pluvimetria dos *pivots*, y, sobretudo, da proximidade dos *pivots* à rede de drenagem natural e ao maior ou menor alinhamento com as linhas de água.

A Fig. 6 ilustra esta situação relativamente a dois *pivots* de dimensões diferentes, em que os picos do hidrograma são referentes a uma posição favorável dos *pivots* relativamente à rede de drenagem.

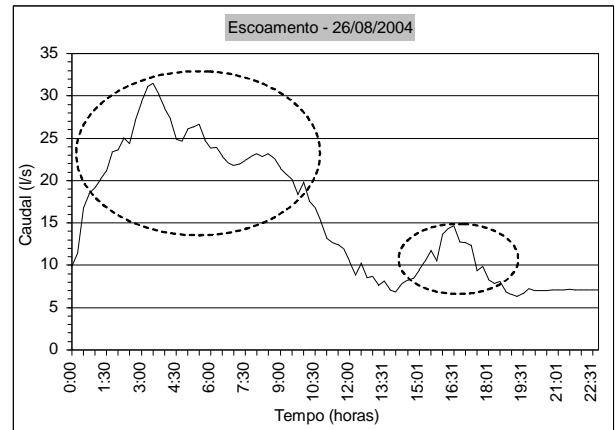


Fig. 6- Aumento do escoamento na bacia, provocado pela posição favorável de dois pivots com pluvimetria diferente.

Também na estação de chuva o comportamento hidrológico da bacia é largamente dominado pelo escoamento superficial directo. Ainda assim, verificámos que o escoamento de base é suficientemente importante para garantir fluxo na secção de referência da bacia durante largo tempo sem precipitação. A pequena área da bacia (189 ha), conjugada com a relativa impermeabilização dos seus solos, são factores importantes para que prevaleça o modelo *hortoniano* de escoamento. A Fig. 7, relativa a um evento de ponta localizado, ao evidenciar um hietograma com forma similar ao hidrograma, traduz este tipo de comportamento do escoamento.

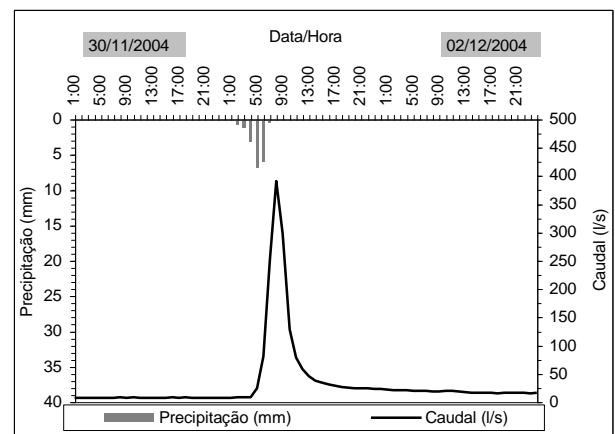


Fig. 7- Hidrograma de uma ponta de caudal isolada na bacia.

Por outro lado, o teor de humidade do solo quando ocorrem os eventos de precipitação mais intensos, é decisivo na magnitude das situações de ponta de escoamento. Na Fig. 8 pretendemos mostrar esta situação, em que 46 mm de chuva em 24 horas e uma intensidade máxima de 12.8 mm h⁻¹, e com solo relativamente seco, determinaram um caudal de ponta de 217 l s⁻¹, e decorridos 7 dias, com o solo muito húmido, 42 mm de chuva em 24 horas e uma intensidade máxima de 8.4 mm h⁻¹, provocaram um caudal de ponta de 2533 l s⁻¹.

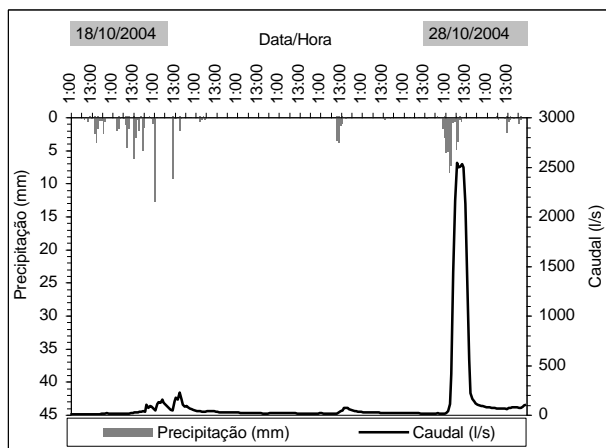


Fig. 8- Evolução do escoamento gerado na bacia, num período de precipitação intensa.

Perante a ausência de equipamentos de medição continua da concentração dos contaminantes em estudo, optámos pela metodologia de recolha pontual de amostras de água, que se transportavam em ambiente frio ao laboratório para as avaliações em causa. As concentrações dos contaminantes na água avaliadas para a amostra, ou amostras, relativas a um determinado dia, consideraram-se representativas desse dia. Conhecidos o hidrograma de saída da bacia de cada dia e a concentração dos contaminantes em estudo, determina-se a carga contaminante diária.

4.- Análise de resultados

A redução da área de regadio em cerca de 50% na campanha de rega de 2005 permitiu analisar uma situação real sem necessidade de a simular, e perceber que a dinâmica dos contaminantes, não é determinada por regras de linearidade. A bacia hidrográfica de estudo não apresenta normalmente problemas de poluição, devido por um lado à boa qualidade da água que é derivada para as parcelas de rega, e por outro lado à boa gestão da água e dos outros factores de produção feita pelos agricultores. A Fig. 9 mostra a evolução da qualidade da água durante a campanha de rega de 2004, podendo constatar-se a boa qualidade da água derivada bem como a que é drenada da bacia, relativamente a um dos parâmetros mais importantes na definição da qualidade da água de rega. Nas duas campanhas de rega controladas, os valores da condutividade eléctrica da água ficaram sempre largamente abaixo do *Valor Máximo Recomendável (VMR)* previsto na normativa portuguesa relativamente a este parâmetro de qualidade.

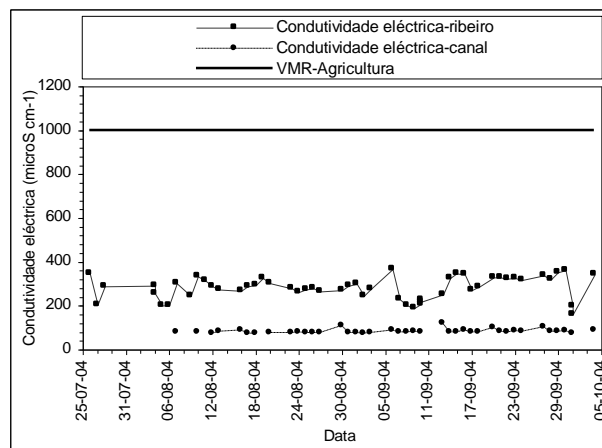


Fig. 9- Condutividade eléctrica da água derivada e drenada da bacia de estudo, durante a campanha de rega de 2004.

No entanto, durante a estação de chuva e de forma imprevisível, podem conjugar-se algumas condições favoráveis à ocorrência de situações importantes de poluição da água e simultaneamente de perda de nutrientes nas parcelas agrícolas. O gráfico da Fig. 10 ilustra como a disponibilidade de um nutriente no solo, mesmo com uma solubilidade relativamente baixa como é o caso do azoto amoniacal, conjugada com eventos hidrológicos de ponta, pode originar arrastamentos significativos para fora da bacia.

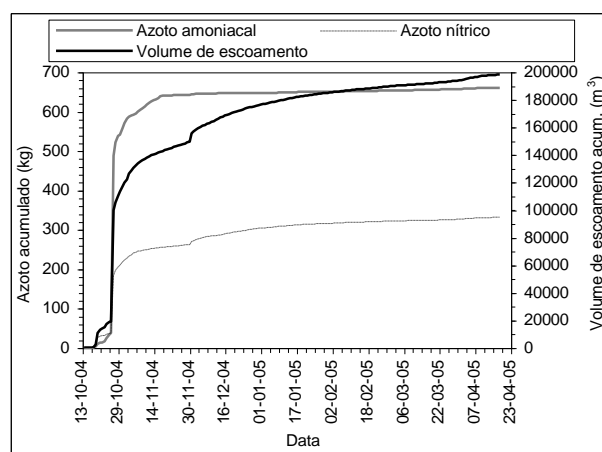


Fig. 10- Evolução do volume de escoamento e da carga contaminante diária de azoto, na estação de chuva de 2004/2005.

Adicionalmente à análise dos contaminantes arrastados em cada um dos períodos (campanhas de rega e estações de chuva), torna-se interessante a comparação entre os mesmos períodos de tempo que decorreram de formas bem distintas na bacia de estudo. Desde logo nas campanhas de rega, em que houve uma redução de cerca de 50% na área de regadio na campanha de 2005 com forte impacto na produção e arraste dos contaminantes. Uma primeira ideia importante que é possível retirar da leitura dos valores que figuram nas primeiras três tabelas que se seguem, é que não houve proporcionalidade entre a redução da área de regadio e os fluxos de retorno originados. No que respeita ao azoto, e como se pode

constatar nas Tabelas 1 e 2, a redução do escoamento na campanha de rega de 2005 provocou uma redução de mais de metade das perdas de azoto amoniacal por unidade de área, ao mesmo tempo que a concentração média na água aumentou ligeiramente. Relativamente ao azoto nítrico, a mesma redução de área de regadio e de escoamento determinou uma redução nas perdas de este contaminante na bacia em cerca de 61%. Tendo-se verificado uma redução tão significativa de escoamento, a perda de azoto nítrico manteve-se quase proporcional à diminuição da área de regadio, devido a um aumento da sua concentração na água efluente da bacia (de 1.44 mg l⁻¹ a 3.65 mg l⁻¹). Estes resultados estão de acordo com as características de solubilidade destas duas formas de azoto na água, e portanto da sua dinâmica na bacia sob condições diferentes de rega.

Tabela 1- Carga contaminante de azoto amoniacal, nas campanhas de rega de 2004 e 2005.

Campanha de rega	Área de regadio		Escoamento		N-amoniacal			
	(ha)	(%)	(m ³)	(%)	(kg)	(%)	(kg/ha)	(mg/l)
2004	100	100	68008	100	55	100	0.55	0.81
2005	48	48	10420	15	11	20	0.23	1.06

Tabela 2- Carga contaminante de azoto nítrico, nas campanhas de rega de 2004 e 2005.

Campanha de rega	Área de regadio		Escoamento		N-nítrico			
	(ha)	(%)	(m ³)	(%)	(kg)	(%)	(kg/ha)	(mg/l)
2004	100	100	68008	100	98	100	0.98	1.44
2005	48	48	10420	15	38	39	0.79	3.65

Os valores relativos aos sólidos suspensos totais não se apresentam porque nas campanhas de rega, e ao nível da bacia hidrográfica, este contaminante só pontualmente tem importância prática, que mais se relacionará com a concentração do escoamento na rede de drenagem do que com o arrastamento em suspensão das parcelas agrícolas.

No que respeita aos sólidos dissolvidos totais, directamente relacionados com a condutividade eléctrica da água, a forte dependência da carga contaminante de sais do volume de escoamento (Duarte, 2006), tem na Tabela 3 correspondência na redução da perda da massa de sais (86%), que toma um valor similar ao da redução do escoamento (85%).

Tabela 3- Carga contaminante de sólidos dissolvidos totais, nas campanhas de rega de 2004 e 2005.

Campanha de rega	Área de regadio		Escoamento		Sólidos Dissolvidos Totais			
	(ha)	(%)	(m ³)	(%)	(kg)	(%)	(kg/ha)	(mg/l)
2004	100	100	68008	100	12255	100	122	180
2005	48	48	10420	15	1749	14	36	168

A comparação entre as duas estações de chuva nas tabelas que se seguem, é estabelecida até ao final de Dezembro por ausência de valores posteriores aquela data na estação de

2005/2006. Também as estações de chuva de 2004/2005 e 2005/2006 evoluíram de forma bastante distinta, tanto pelo volume de escoamento como pela respectiva distribuição temporal. Efectivamente, a uma concentração do escoamento em poucos eventos na estação de chuva de 2004/2005, segue-se uma estação em que as pontas de escoamento são em número mais elevado e com distribuição temporal mais uniforme. A diferente dinâmica no transporte de azoto para fora da bacia, traduz-se nos valores presentes nas Tabelas 4 e 5. Desde Outubro até ao final de Dezembro de 2005, drenou da bacia cerca de 73% do volume de água drenado em igual período da estação de chuva anterior, proporção que é enormemente diferente da carga de azoto amoniacal (646 kg em 2004 e 45 kg em 2005), da carga contaminante por unidade de área (3.42 kg ha⁻¹ em 2004 e 0.24 kg ha⁻¹ em 2005), e da concentração na água (3.68 mg l⁻¹ em 2004 e 0.35 mg l⁻¹ em 2005). Esta grande diferença foi devida sobretudo ao evento de ponta registado em 27 de Outubro de 2004, que alcançou um caudal de ponta de 2558 l s⁻¹ (Fig. 8). No respeitante ao azoto nítrico, dadas as suas características de solubilidade e portanto mais dependente do volume de escoamento, a redução da carga contaminante apresenta um valor próximo ao da redução do volume de escoamento.

Tabela 4- Carga contaminante de azoto amoniacal, nas estações de chuva de 2004/2005 e 2005/2006.

Estação de chuva	Área da bacia		Escoamento		N-amoniacal			
	(ha)	(%)	(m ³)	(%)	(kg)	(%)	(kg/ha)	(mg/l)
2004/2005	189	100	175826	100	646	100	3.42	3.68
2005/2006	189	100	128105	73	45	7	0.24	0.35

Tabela 5- Carga contaminante de azoto nítrico, nas estações de chuva de 2004/2005 e 2005/2006.

Estação de chuva	Área da bacia		Escoamento		N-nítrico			
	(ha)	(%)	(m ³)	(%)	(kg)	(%)	(kg/ha)	(mg/l)
2004/2005	189	100	175826	100	303	100	1.60	1.72
2005/2006	189	100	128105	73	195	64	1.03	1.52

Os valores da Tabela 6, relativos ao contaminante sólidos suspensos totais, ainda que baseados em amostras pontuais de água, são também susceptíveis de uma interpretação. Ao menor escoamento gerado até ao final de Dezembro de 2005 (27% menor em relação à estação de chuva de 2004/2005 até à mesma data), corresponde uma perda de sedimentos em suspensão mais elevada em cerca de 41%. Esta constatação deve-se fundamentalmente a que o volume de água drenada da bacia na estação de 2005/2006 se repartiu por um número maior de eventos hidrológicos erosivos, apesar de que na estação de chuva de 2004/2005 tenha ocorrido um evento de ponta muito significativo com grande poder de arraste de sedimentos. Esta repartição do volume de escoamento por um número maior de eventos hidrológicos erosivos, também explica a mais elevada concentração média de sedimentos na água drenada da bacia.

Tabela 6- Carga contaminante de sólidos suspensos totais, nas estações de chuva de 2004/2005 e 2005/2006.

Estação de chuva	Área da bacia		Escoamento		Sólidos Suspensos Totais			
	(ha)	(%)	(m ³)	(%)	(kg)	(%)	(kg/ha)	(mg/l)
2004/2005	189	100	175826	100	8172	100	43	46
2005/2006	189	100	128105	73	11512	141	61	90

Dos contaminantes analisados nas distintas partes do ano agrícola (campanha de rega e estação de chuva), a carga contaminante dos sólidos dissolvidos totais é a que apresenta um comportamento mais similar à evolução do volume de escoamento (Duarte, 2006). Consta-se na Tabela 7 que a redução da carga de sais na estação de chuva de 2005/2006 relativamente à anterior (34%), foi quase da mesma amplitude da redução do volume de escoamento (27%). Os maiores volumes de água nas estações de chuva, alterando a dissolução dos contaminantes, fazem com que aqueles valores percentuais não sejam tão próximos como os verificados nas campanhas de rega.

Tabela 7- Carga contaminante de sólidos dissolvidos totais, nas estações de chuva de 2004/2005 y 2005/2006.

Estação de chuva	Área da bacia		Escoamento		Sólidos Dissolvidos Totais			
	(ha)	(%)	(m ³)	(%)	(kg)	(%)	(kg/ha)	(mg/l)
2004/2005	189	100	175826	100	39884	100	211	227
2005/2006	189	100	128105	73	26447	66	140	206

5.- Conclusões

A observação minuciosa dos processos relacionados com a poluição difusa da água superficial, apoiada em princípios agronómicos e hidrológicos conhecidos, permitiu-nos interpretar as relações entre gestão das práticas agrícolas, hidrologia e a quantidade e qualidade dos fluxos de retorno. Mais especificamente este estudo permitiu-nos apurar as seguintes conclusões.

O comportamento hidrológico da bacia hidrográfica de estudo em regadio, dominada por sistemas de rega por aspersão sobretudo *pivots*, mostra-se bastante influenciado pela densidade da rede de drenagem e pelo contacto directo ou próximo dos *pivots* com alguns percursos das linhas de água, e também pela regularidade com que os agricultores regam e as dotações usadas.

A maior parte do escoamento e do arraste de sedimentos ocorre durante eventos de chuva intensos e de curta duração. Em termos relativos e à escala da bacia hidrográfica, a prática da rega quase não produz sedimentos. Ao contrário, a maior parte do azoto perdido na bacia é arrastado com o escoamento produzido pela rega, ficando a dúvida de quanto desse azoto provém das fertilizantes aplicados nas culturas de regadio. De uma forma geral, a carga acumulada de nitratos e sais está relacionada com o volume acumulado de escoamento, e a carga de azoto amoniacal e sedimentos depende da ocorrência de eventos de precipitação que provoquem escoamento superficial elevado.

A água usada no *Aproveitamento Hidroagrícola da Campina da Idanha* é, no referente aos parâmetros estudados, de muito boa qualidade, não se verificando uma degradação significativa da sua qualidade depois de ser usada na bacia de estudo, e cumprindo, na maioria das vezes, amplamente os critérios de qualidade para o seu uso a jusante. Exceptuam-se as situações hidrológicas de ponta durante a estação de chuva, em que são ultrapassados os limites de qualidade de acordo com a normativa legal vigente. Em qualquer caso, as concentrações de agroquímicos na água de escoamento não alcançam níveis que indiquem que a actividade agrícola de regadio na bacia hidrográfica estudada seja um problema preocupante do ponto de vista ambiental.

Referências bibliográficas

- Bos, M. G., J.A. Replogle, A. J. Clemmens. 1991. *Flow measuring flumes for open channel systems*. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.
- Causapé, J., D. Quílez, R. Aragués. 2004. *Assessment of irrigation and environmental quality at the hydrological basin level II. Salt and nitrate loads in irrigation return flows*. *Agricultural Water Management* 70 (2004) 211-228.
- Duarte, A., C. 2006. *Contaminación difusa originada por la actividad agrícola de riego, a la escala de la cuenca hidrográfica*. Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes, Universidad de Córdoba, España.
- Fereres, E., F. Ceña. 1997. *Social benefits and environmental constraints of irrigation in an area of water scarcity*. In: *Proceedings of the 18th European Regional Conference "Water – an economic good"*, Oxford, pp. 128-136.
- Ignazi, J.C. 1993. *Improving nitrogen management in irrigated, intensely cultivated areas: the approach in France*. In: *Prevention of Water pollution by Agriculture and Related Activities*, Actas de la Consulta de Expertos de la FAO, Santiago, Chile, 20-23 de octubre de 1992, Water Report 1, FAO, Roma.
- INAG. 2007. *Boletim de precipitação anual – Estação do Ladoeiro-14N/02U*. Serviço Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), Retrieved January 25, 2007, from the W.W.W: http://snirh.inag.pt/snirhwww.php?main_id=18&item=4.3.
- Lorite, I. J., L. Mateos, E. Fereres. 2004. *Evaluating irrigation performance in a Mediterranean environment. I. Model and general assessment of an irrigation scheme*. *Irrigation Science* (2004) 23: 77-84.
- Mañas, F. M. S. O. 2001. *Agricultura y desertificación*. Universidad de Castilla-la-Mancha y Instituto de Desarrollo Regional, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Mateos, L. 2003. *Irrigation management and fertilizer/pesticide leaching*. In: *Encyclopedia of Water Science*, Trimble, S. W., B. A. Stewart, T. A. Howell, Eds., Marcel Dekker Inc., pp.282-284.
- Mateos, L., I. López-Cortijo, J. A. Sagardoy. 2002. *SIMIS: the FAO decision support system for irrigation scheme*

- management. Agricultural Water Management* 56 (2002) 193-206.
- Oomen, J. M. V., J. DeWolf, W. R. Jobin. 1990. *Health and Irrigation. ILRI Publication 45*, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands, 304 p.
- Pereira, L. S. 2005. *Water and agriculture: Facing environment and scarcity challenges. Agr. Engng. Intern.* Vol. VII (www.cigr-ejournal.tamu.edu).
- Thornton, J. A, W. Rast, M. M. Holland, G. Jolankai, S. O. Ryding. 1999. *Assessment and control of nonpoint source pollution of aquatic ecosystems – a practical approach.* Man and the Biosphere Series, UNESCO, Paris.
- Villalobos, F., L. Mateos, F. Orgaz, E. Fereres. 2002. *Fitotecnia-Bases y tecnologías de la producción agrícola.* ETSIAM-Universidad de Córdoba y Instituto de Agricultura Sostenible, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.