

A INFLUÊNCIA DO REGADIO NO TEOR DE ELEMENTOS VESTIGIAIS NO SOLO

Nunes, J. M. *; López-Piñeiro, A. **; Coelho, J. P. ***

*Escola Superior Agrária de Elvas, Apartado 254, 7350-903 Elvas, Portugal. Email: ratonunes@esaelvas.pt

**Universidad da Extremadura, Facultad de Ciências, Área de Edafologia. Av. de Elvas S/N, Badajoz, Espanha.

***Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Departamento de Produção Agrícola e Animal, Tapada da Ajuda, 1300 Lisboa.

Resumo

A contínua necessidade de aumentar a produção de alimentos conduz a que nos próximos anos a área potencialmente regável a nível mundial, o mesmo acontecendo no nosso país, sofra um importante aumento. É assim premente a realização de estudos que analisem os efeitos da prática do regadio sobre as características químicas do solo. Neste âmbito, desenvolvemos um trabalho no Perímetro de Rega do Caia (PRC) que visa quantificar as alterações no teor de elementos vestigiais no solo (ferro, alumínio, cádmio, crómio, cobre, zinco, manganês, chumbo e níquel) induzidas pela prática continuada do regadio. Com este objectivo, foram recolhidas, de forma georeferenciada, 14280 amostras da camada arável do solo, tendo, com recurso a Sistemas de Informação Geográfica, essas amostras sido relacionadas com o tipo de solo (Fluvisolos, Luvisolos, Calcissolos, Vertissolos, Regossolos e Cambissolos) e com o sistema cultural existente (sequeiro ou regadio). Nos solos em regadio foi ainda tido em conta a antiguidade desta prática (<15 anos, entre 15 e 25 anos e > 25 anos). Dos resultados obtidos pudemos concluir que o regadio não afecta significativamente o teor de elementos vestigiais existentes no solo. Denota-se contudo uma tendência, comprovada estatisticamente no caso do Fe, Al, Zn, Mn e Pb, para que o teor destes elementos aumente substancialmente logo após o início desta prática, decrescendo depois ao longo do tempo em que os solos permanecem em regadio.

Palavras chave: Regadio, elementos vestigiais, Perímetro de Rega do Caia

Abstract

The continuous need for food production improvement lead, in the next years, to an enormous increase in the irrigated area around the world and equally in Portugal. Therefore it's very important to make several studies about the irrigation impact on soil chemical characteristics. For this purpose we develop a study in Caia Irrigation Area with the main goal of quantify the change in soil trace elements (iron, aluminium, cadmium, chromium, copper, zinc, manganese, plumb, nickel) content caused by continuous irrigation. To carry out this objective we collect, referenced geographically (Universal Transverse Mercator (UTM) coordinates), 14280 topsoil samples and then, using a Geographic Information System (GIS), we superimpose the following

information layers: the results, regarding trace elements content, obtain from topsoil samples analysis, the soil type (Fluvisols, Luvisols, Calcisols, Cambisols, Vertisols and Regosols) and the agricultural system used (rain-fed or irrigation). For the irrigated soils we still divided that area, according the irrigation antiquity, in tree classes (< 15 years, between 15 and 25 years and > 25 years). From the results obtain it's possible to conclude that the irrigation doesn't affect significantly the soil heavy metals content. Nevertheless it's notorious the tendency, statically confirmed for iron, aluminium, zinc, manganese and plumb, for an initial increase and then a decrease in this elements concentration in the soil along the time under irrigation.

Key Words: Irrigation, trace elements, Caia Irrigation Area

Introdução

A designação de metal pesado é variável segundo os autores. Assim alguns autores consideram como metal pesado os elementos que possuem número atómico superior a 23, o que inclui o crómio e o manganês, enquanto outros autores consideram como metal pesado unicamente os elementos metais que apresentem uma massa atómica superior a 55, o que já exclui estes dois elementos. Para efeito do presente trabalho, e de modo a evitar definições dúbias, adoptamos por utilizar a nomenclatura “elementos vestigiais”, a qual aplicamos aos elementos ferro, alumínio, cádmio, crómio, cobre, zinco, manganês ou manganésio como por vezes é designado, chumbo e níquel, tal como preconizado em Verennes (2003).

Os elementos vestigiais podem causar efeitos adversos nas plantas, organismos do solo, organismos aquáticos e animais, incluindo o homem. Estes podem ter origem natural ou antrópica. As fontes naturais destes elementos resultam da actividade vulcânica e da meteorização das rochas, as fontes antrópicas mais comuns, e que podem conduzir à contaminação dos solos e das águas, são a extracção e uso de minérios e combustíveis fósseis, veículos automóveis e baterias, tintas, fertilizantes e agroquímicos (Verennes, 2003).

É de facto a aplicação de fertilizantes e outros agroquímicos a principal responsável pela introdução, nos solos agrícolas, de enormes quantidades de elementos vestigiais. Este aspecto assume particular relevo nos solos colocados em regadio, uma vez que é nestes agro-sistemas que, em virtude das produções serem tendencialmente superiores, se aplicam as maiores quantidades destes produtos (Nunes, 2003). Por outro lado, não poderemos esquecer que as maiores produções implicam o consumo de maiores quantidades de todos os elementos presentes do solo e, embora a essencialidade para a vida das plantas da maioria dos elementos classificados como “elementos vestigiais” não esteja comprovada (Santos, 2003), pensa-se que estes também serão utilizados pelas plantas em maiores quantidades nos agro-sistemas de regadio. É do equilíbrio entre as quantidades de elementos vestigiais introduzidas no solo e as perdas por lixiviação e/ou erosão ou consumidas pelas plantas que se poderá verificar uma acumulação ou, pelo contrário, um decréscimo dos teores de elementos vestigiais presentes no solo. A este balanço será também importante adicionar as quantidades de elementos vestigiais

aportados ao solo pela água de rega, dependendo da composição desta e da quantidade aplicada.

O regadio pode ainda ser responsável pela alteração de algumas condições do solo, nomeadamente no que respeita às condições de oxidação/redução, induzindo assim alterações na disponibilidade de elementos vestigiais. De facto, segundo Verennes (2003), condições oxidantes, relacionadas com solos com défice hídrico e excessivo arejamento, levam à dissolução de sulfuretos, como o CdS ou PbS, e aumento da concentração de elementos vestigiais no solo. Condições redutoras, em solos com excesso de água, seja proveniente da chuva ou de regadio, levam à dessorção dos elementos que estavam ligados a compostos de ferro e manganês, de que resulta um aumento da sua concentração na solução do solo, e à formação de sulfuretos que os retiram da solução (Verennes, 2003).

Contudo e apesar dos efeitos que a maior ou menor presença de água pode ter no comportamento dos elementos vestigiais, verificamos, nos poucos trabalhos científicos sobre este tema a que tivemos acesso (São inúmeros os trabalhos científicos desenvolvidos nas últimas décadas sobre a evolução dos teores de elementos vestigiais em solos regados com efluentes dos mais diversos tipos (Toze, 2006; Rattan *et al.*, 2005; Mapanda *et al.*, 2004), pelo contrário, no que respeita à influência do regadio com água de boa qualidade sobre os teores de elementos vestigiais existentes no solo, não existem praticamente trabalhos publicados), que o regadio, com água de boa qualidade, não afecta significativamente os teores de elementos vestigiais existentes no solo (Ramos, 1990) ou pode conduzir a um ligeiro aumento da sua concentração (Ribamar-Pereira & Cordeiro, 1987 e Koriem *et al.*, 1988). Tal como estes dois últimos autores Zaman & Nuruzzaman (1994) referem que a redução a que alguns elementos vestigiais estão sujeitos, assim como a produção de agentes complexantes e o decréscimo nos valores de pH, durante a fase em que o solo se encontra alagado devido à rega, conduzem inevitavelmente a uma solubilização dos elementos vestigiais, podendo este facto contribuir para o aumento dos teores destes no solo. A explicação para a discrepância nos resultados apresentados pelos diferentes autores deve-se, na nossa opinião, às diferentes técnicas culturais aplicadas em diferentes regiões do globo, as quais condicionam os resultados obtidos.

Face à manifesta falta de informação existente, decidimos conduzir este trabalho de investigação, cujos principais objectivos são: a) Determinar o efeito do regadio sobre os teores de ferro, alumínio, cádmio, crómio, cobre, zinco, manganésio, chumbo e níquel no solo; b) caso o regadio provoque alguma alteração no teor de elementos vestigiais no solo, verificar se esta alteração é progressiva ao longo do tempo, se ocorre logo no período inicial em que um solo é colocado em regadio ou se, pelo contrário, só ocorre depois de um período mais prolongado desta prática cultural; c) verificar se o efeito do regadio, caso exista, é igual em todos os tipos de solo ou se apresenta efeitos diferentes consoante o tipo de solo em análise.

Breve caracterização do local de estudo

A região em estudo é o Perímetro de Rega do Caia, localizado nos Concelhos de Elvas e Campo Maior, na confluência dos rios Caia e Guadiana (Figura 1). A geologia do local

consiste essencialmente em formações câmbrias e silúricas, com algumas rochas eruptivas associadas a rochas alcalinas e hiper-alcalinas. Os solos mais comuns na área de estudo são os fluvisolos (42,7 %), os luvisolos (21,7 %), os calcisolos (16,1 %), os cambisolos (6,1 %) e os vertisolos (1,8 %). Quanto a clima (estação meteorológica de Elvas – 38° 53' N e 7° 9' W) a Evapotranspiração potencial (ET_o) é maior que a precipitação entre Abril e Outubro, conduzindo a condições de aridez. A maioria dos 483 mm de precipitação média anual acontece coincidindo com os meses de Outubro a Março, quando a ET_o é menor, conduzindo a um excesso de água no solo. A temperatura média mais alta acontece em Julho com um valor de 24,7 °C, enquanto a temperatura média mais baixa é atingida em Janeiro com um valor de 8,8 °C. As culturas mais frequentes na região são o milho (*Zea mays*) - 49 % da área total, o trigo (*Triticum aestivum*) – 17 % da área total, o girassol (*Helianthus annuus*) – 7 % da área total, Tomate (*Lycopersicum esculento*) – 6,1 % da área total e Olival (*Olea europea*) – 4 % da área total.

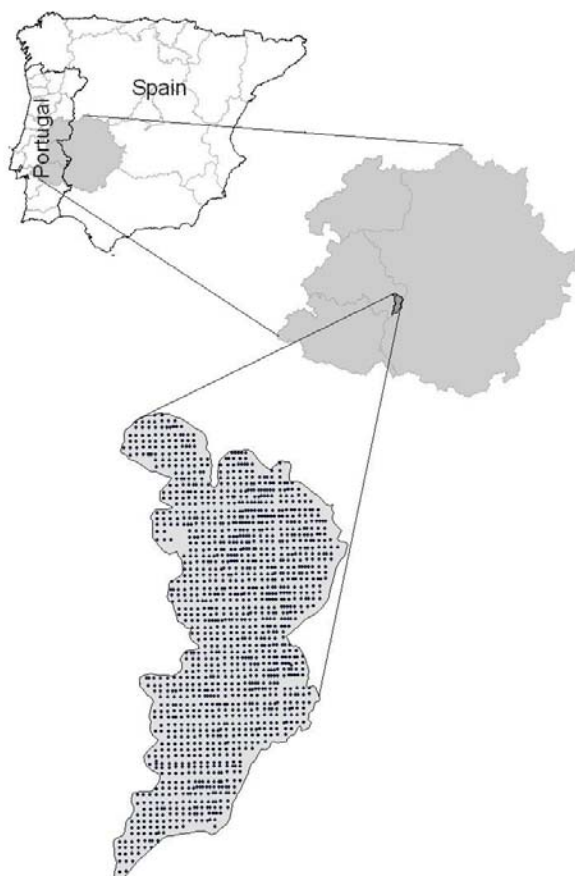


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

Caracterização da água de rega utilizada no Perímetro de Rega do Caia

A água utilizada no Perímetro de Rega do Caia é de boa qualidade. A composição média dessa água, dados recolhidos semanalmente durante as campanhas de rega dos anos 2001 e 2002, em dez pontos diferentes do sistema de canais existentes neste Perímetro de Rega, é apresentada no quadro seguinte.

Quadro 1 – Composição média da água de rega utilizada no Perímetro de Rega do Caia

Parâmetro	Média	Varição
pH	7,89	7.37 – 8.50
CE (dS m ⁻¹)	0,20	0.19 – 0.22
Ca (mg L ⁻¹)	18,72	16.35 – 23.40
Mg (mg L ⁻¹)	6,65	5.72 – 7.28
P (mg L ⁻¹)	4,97	4.72 – 5.34
K (mg L ⁻¹)	2,65	2.25 – 3.10
NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	3,00	Vest. – 8.80
Na (mg L ⁻¹)	11,15	8.60 – 13.90
Cl (mg L ⁻¹)	18,42	17.70 – 20.25
SAR	0,20	0.16 – 0.22

Segundo a FAO (Food and Agriculture Organization) esta água de rega pode ser classificada como “sem restrições para regadio” (Ayers & Wescott, 1985) e segundo a USDA (United States Department of Agriculture) pode ser classificada como C1S1 ou C1S2 (USDA, 1954).

Material e métodos

Recolha de amostras de solo

Dividimos os 12540 ha que constituem a área de estudo em quadrados, iguais, de 11,1 ha, sendo georeferenciado o centro de cada um desses quadrados no sistema de coordenadas Haford Gaus (pontos indicados no mapa de localização da área de estudo – Figura 1). Em cada quadrado eram recolhidas 10 amostras que, depois de cuidadosamente misturadas, passavam a constituir uma das amostras levadas para o laboratório para análise. Quando os quadrados previamente marcados eram heterogéneos no que respeita a tipo de solo, sistema cultural, etc., procedia-se à subdivisão destes em dois novos polígonos, sendo então georeferenciado o centro destes novos polígonos, e associando a esse ponto toda a informação analítica obtida.

O número de amostras recolhidas em cada binómio sistema agrícola (sequeiro, regadio – menos de 15 anos, 15 a 25 anos e mais de 25 anos) / tipo de solo é apresentado no quadro seguinte. Dado o reduzido número de amostras recolhidas em alguns sistemas agrícolas nos solos dos grupos Vertissolos e Regossolos optámos, no âmbito deste

trabalho, por não apresentar ou discutir os referidos resultados, sendo recomendável que mais trabalho de investigação seja desenvolvido nestes grupos de solos.

Quadro 2 – Número de amostras de solo recolhidas em cada binómio Sistema agrícola / tipo de solo

Tipo de solo	Sequeiro	Regadio		
		< 15 anos	15 a 25 anos	> 25 anos
Fluvissoles	2180	2300	430	1180
Luvissolos	1690	660	580	150
Calcissolos	1430	70	700	100
Vertissolos	150	0	100	0
Regossolos	70	0	20	0
Cambissolos	500	360	10	0

Métodos analíticos

As amostras após entrada no laboratório eram secas ao ar e em seguida crivadas por um crivo inox de 2 mm de malha.

Os elementos vestigiais analisados foram extraídos por uma solução de acetato de amónio, ácido acético e EDTA – método vulgarmente designado por método de Lakanen e Ervio, segundo Cootténie (1982) e Cootténie (1984). O doseamento destes elementos foi feito por espectrofotometria de absorção atómica, num aparelho Perkin Elmer Analyst A300.

Mapeamento e gestão da informação

A gestão da informação relativa aos factores em análise, nomeadamente no que respeita a sistema cultural (regadio versus sequeiro), antiguidade em regadio - para as áreas de regadio - (< 15 anos, entre 15 e 25 anos e > 25 anos) e tipo de solo (Fluvissoles, Luvissolos, Calcissolos, Vertissolos, Regossolos e Cambissolos), foi realizada com recurso a *software* SIG (Sistemas de Informação Geográfica), mais precisamente com a utilização do programa informático Arc View 3.2

Tratamento estatístico

Foi realizada uma ANOVA seguida de comparação múltipla de médias pelo teste de DUNCAN, para um nível de probabilidade de 95%, utilizando o *software* SPSS 11.2.

Resultados e discussão

Para a maioria dos elementos vestigiais estudados, verifica-se um aumento significativo nos seus teores quando passamos de sequeiro para regadio. Este resultado deve-se a que quando se passa de sequeiro para regadio existe sempre um aumento da quantidade de elementos vestigiais incorporados no solo, veiculados pela água de rega, pelos fertilizantes e pelos fitofármacos, que são aplicados, neste último agro-sistema, em quantidades muito maiores. Este resultado é particularmente notório para os elementos vestigiais que mais frequentemente são utilizados na actividade agrícola. Veja-se por exemplo o elemento ferro (quadro 3), aplicado com alguma frequência em culturas como o olival ou os citrinos (culturas particularmente sensíveis a clorose férrica), ou o cobre (quadro 4), utilizado como fungicida e insecticida, em quantidades substanciais, em várias culturas presentes no Perímetro de Rega do Caia, como é o caso do tomate, do olival e outras ou, por fim, o caso do zinco (quadro 4), usado em elevadas quantidades na cultura do milho, onde aparece já incorporado nas soluções nutritivas que são aplicadas ao longo do ciclo desta cultura.

Quadro 3 – Teores de ferro, alumínio e cádmio medidos nos diferentes sistemas agrícolas (sequeiro, regadio à menos de 15 anos, regadio entre 15 e 25 anos e regadio à mais de 25 anos) e grupos de solos (Fluvissoles, Luvissoles, Calcissolos e Cambissolos)

	Tipo de solo	Sequeiro	Regadio		
			< 15 anos	15 a 25 anos	> 25 anos
Ferro (mg kg ⁻¹)	Fluvissole	78.97 a	147.66 b	72.67 a	60.99 a
	Luvissole	55.94 a	91.38 b	67.12 a	50.03 a
	Calcissole	29.09 b	45.57 c	32.87 b	16.95 a
	Cambissole	78.46 a	111.86 b	-----	-----
Alumínio (mg kg ⁻¹)	Fluvissole	23.80 ab	30.86 b	18.91 a	16.08 a
	Luvissole	22.65 a	26.41 a	23.30 a	15.96 a
	Calcissole	16.16 b	29.14 c	21.27 bc	9.19 a
	Cambissole	20.69 a	20.83 a	-----	-----
Cádmio (mg kg ⁻¹)	Fluvissole	0.111 a	0.050 a	0.090 a	0.042 a
	Luvissole	0.129 a	0.124 a	0.096 a	0.073 a
	Calcissole	0.350 b	0.083 a	0.273 b	0.515 b
	Cambissole	0.028 a	0.049 a	-----	-----

Nota: Numa dada linha os números seguidos de uma mesma letra não diferem significativamente entre si para P<0,05.

Contudo, outros motivos podem ser apontados para o aumento do teor de elementos vestigiais quando um solo anteriormente em sequeiro passa a estar submetido a regadio. O primeiro desses motivos prende-se com a acidificação causada pelo regadio e pelas

técnicas culturais a ele associadas. Goza de um largo consenso entre os investigadores a ideia de que o regadio e os produtos aplicados neste agro-sistema levam a uma acidificação progressiva dos solos, o que segundo Zaman & Nuruzzaman (1994) conduz a um aumento do teor destes elementos. Segundo ainda este autor, acresce ao que dissemos anteriormente, o facto do regadio ao favorecer a existência de condições preferencialmente redutoras e de induzir a produção de agentes complexantes levar igualmente a um aumento do teor de elementos vestigiais no solo.

Por outro lado este aumento da quantidade de elementos vestigiais presentes no solo verificada com o regadio, acaba por ser efémera, uma vez que em seguida, como se pode observar nos quadros 3, 4 e 5, a quantidade de elementos vestigiais presentes no solo tende a decrescer. A explicação é óbvia. Uma maior quantidade destes elementos em formas solúveis promove um mais fácil consumo por parte das plantas, que ao produzirem mais nos sistemas de regadio, vão ter consumos superiores de nutrientes, e, mais importante, facilita a lixiviação destes elementos, conduzindo, tal como podemos observar nos resultados, que ao longo do período em regadio os teores de elementos vestigiais no solo vão decrescendo.

Outro factor que pode justificar a diminuição dos teores de elementos vestigiais quando se prolonga o tempo que um solo é explorado em regadio é a salinização secundária a que estes solos estão geralmente sujeitos, em consequência de uma acumulação dos sais aportados pela água de rega e fertilizantes. Assim nos solos em regadio haverá uma maior quantidade de iões negativos, como é o caso do cloro, que podem formar complexos solúveis com os elementos vestigiais, contribuindo desta forma para o aumento da sua lixiviação.

Quadro 4 – Teores de crómio, cobre e zinco medidos nos diferentes sistemas agrícolas (sequeiro, regadio à menos de 15 anos, regadio entre 15 e 25 anos e regadio à mais de 25 anos) e grupos de solos (Fluvissoles, Luvissoles, Calcissolos e Cambissolos)

	Tipo de solo	Sequeiro	Regadio		
			< 15 anos	15 a 25 anos	> 25 anos
Crómio (mg kg ⁻¹)	Fluvissole	0.506 b	0.255 a	0.378 a	0.145 a
	Luvissole	0.629 a	0.489 a	0.404 a	0.388 a
	Calcissole	1.213 a	0.447 a	0.990 a	1.380 a
	Cambissole	0.260 a	0.273 a	-----	-----
Cobre (mg kg ⁻¹)	Fluvissole	1.125 a	1.636 b	0.972 a	0.938 a
	Luvissole	1.467 b	1.343 b	1.187 ab	0.865 a
	Calcissole	1.792 a	3.253 b	3.108 b	1.321 a
	Cambissole	0.758 a	0.712 a	-----	-----
Zinco (mg kg ⁻¹)	Fluvissole	0.83 a	1.29 b	0.50 a	0.80 a
	Luvissole	0.54 a	0.94 b	0.60 a	0.42 a

Calcissolo	0.70 a	0.64 a	0.91 a	0.77 a
Cambissolo	0.55 a	0.71 a	-----	-----

Nota: Numa dada linha os números seguidos de uma mesma letra não diferem significativamente entre si para $P < 0,05$.

É ainda importante verificar que as diferenças existentes entre as várias situações em análise (sequeiro e regadio), embora bastante evidentes, não constituem, na maioria dos casos, diferenças estatisticamente significativas (quadro 3, 4 e 5). Este resultado deve-se à forte heterogeneidade dos teores de elementos vestigiais medidos nos vários agro-sistemas em estudo, o que se compreende pelas distintas práticas culturais realizadas, nomeadamente no que respeita à fertilização. Como seria de esperar esta heterogeneidade é muito superior entre os solos colocados em regadio, comparativamente ao que acontece nos solos mantidos em sequeiro. A explicação prende-se, obviamente, com a muito maior heterogeneidade nas técnicas culturais usadas nos solos regados, nomeadamente no que toca a mobilizações, quantidade de água aplicada e fertilizações.

Quadro 5 – Teores de manganês, chumbo e níquel medidos nos diferentes sistemas agrícolas (sequeiro, regadio à menos de 15 anos, regadio entre 15 e 25 anos e regadio à mais de 25 anos) e grupos de solos (Fluvissoles, Luvissoles, Calcissolos e Cambissolos)

	Tipo de solo	Sequeiro	Regadio		
			< 15 anos	15 a 25 anos	> 25 anos
Manganês (mg kg ⁻¹)	Fluvissolo	55.24 a	74.33 b	56.59 a	43.80 a
	Luvissolo	48.47 a	62.06 a	51.43 a	44.29 a
	Calcissolo	39.32 a	75.14 b	40.86 a	34.65 a
	Cambissolo	47.46 a	58.94 a	-----	-----
Chumbo (mg kg ⁻¹)	Fluvissolo	2.70 a	1.80 a	2.09 a	1.94 a
	Luvissolo	3.22 a	3.07 a	2.91 a	3.72 a
	Calcissolo	4.77 a	3.25 a	5.20 a	5.23 a
	Cambissolo	2.07 a	1.94 a	-----	-----
Níquel (mg kg ⁻¹)	Fluvissolo	1.42 a	1.65 a	1.51 a	0.89 a
	Luvissolo	2.30 a	2.81 a	1.64 a	1.80 a
	Calcissolo	2.78 a	1.41 a	2.46 a	2.84 a
	Cambissolo	1.32 a	1.10 a	-----	-----

Nota: Numa dada linha os números seguidos de uma mesma letra não diferem significativamente entre si para $P < 0,05$.

Quando analisamos a variação dos resultados nos diferentes grupos de solos (quadro 3, 4 e 5), verificamos que existe uma variação, em alguns casos acentuada, nos teores de elementos vestigiais aí existentes. Na nossa opinião, este facto deve-se às características

dos próprios solos, principalmente no que respeita ao conteúdo em argila e matéria orgânica, que condicionam a sua capacidade de troca catiónica e conseqüentemente a sua capacidade para reter os elementos vestigiais. A existência, ou não, de carbonatos, dada a possibilidade que estes têm de formar compostos com a maioria dos elementos vestigiais, acabam por influir também na capacidade de retenção no solo destes últimos, contribuindo assim para diferenciar os vários grupos de solo no que respeita a este item.

Por fim é importante salientar que a variação das concentrações de alguns dos elementos vestigiais em função do sistema agrícola prevalecente não segue o padrão de comportamento que temos vindo a apresentar. Estão nesta situação o cádmio (quadro 3), o crómio (quadro 4), o chumbo e o níquel (quadro 5). Para estes elementos a tendência genérica é para que os seus teores sejam muito semelhantes nas situações de sequeiro e regadio, o mesmo acontecendo ao longo do período em regadio. A justificação prende-se com o facto destes elementos, muito mais conhecidos pela sua elevada toxicidade que pela sua importância como nutrientes, não serem geralmente adicionados ao solo como fertilizantes e serem muito pouco utilizados pelas plantas, pelo que os seus baixos teores acabam por ser muito mais estáveis ao longo do tempo.

Conclusões

Dos resultados obtidos no presente trabalho podemos concluir que:

1. Para os elementos ferro, alumínio, cobre, zinco, manganês o regadio é inicialmente responsável por um aumento notório, em alguns casos significativo, dos seus teores no solo.
2. Verifica-se que as concentrações de ferro, alumínio, cobre, zinco, manganês decrescem, significativamente, ao longo do tempo nos solos em regadio, pelo menos durante os primeiros 35 anos desta prática.
3. Passados os primeiros 15 anos da prática do regadio, os teores dos elementos vestigiais analisados no âmbito deste trabalho tendem a ser semelhantes para as situações de sequeiro e regadio ou, no caso do ferro, alumínio, cobre, zinco, manganês, ligeiramente inferiores em regadio relativamente ao que se passa em sequeiro.
4. As concentrações no solo dos elementos vestigiais cádmio, crómio, chumbo e níquel mantêm-se aproximadamente iguais nas situações de sequeiro e regadio e ao longo do período em regadio.
5. As concentrações dos elementos vestigiais analisados no âmbito deste trabalho estão claramente dependentes, para além do sistema agrícola, do tipo de solo. As características dos solos que mais influenciam esta variação são o tipo e quantidade de argila que contêm e o seu teor em matéria orgânica.

Bibliografia

Koriem, M.; Khalifa, M.; Ibrahim, M. & Gaheen, S. 1988. Effect of irrigation with different water qualities on some chemical and physical properties of the soil at two levels of moisture depletion. *J. Agric. Res. Tanta Univ* 14(4):1942-1950.

Mapanda, F.; Mangwayana, E.; Nyamangara, J & Giller, K.. 2004. The effect of long-term irrigation using wastewater on heavy metals contents of soils under vegetables in Harare, Zimbabwe. *Agriculture Ecosystems and Environment* 107: 151-165

Nunes, J. 2003. Los suelos del Perímetro regable del Caia (Portugal): Tipos, fertilidad, e impacto del riego en sus propiedades químicas. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad da Extremadura, Espanha. 729 pp.

Ramos, C. 1990. Impacto químico sobre el suelo y el agua subterránea de las transformaciones en regadio. *Riegos y drenajes* 41:9-18

Rattan, R; Datta, S.; Chhonkar, P.; Suribabu, K & Singh, A. 2005. Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater – a case study. *Agriculture Ecosystems and Environment* 109: 310-322.

Ribamar-Pereira, J. & Cordeiro, G. 1987. Efeito da irrigação e adubação sobre algumas características químicas de um vertissolo. *Pesq. Agropec. Brás.* 22(6): 627-633

Toze, S. 2006. Reuse of effluents water-benefits and risks. *Agriculture water Management* 80: 147-159.

Verennes, A. 2003. Produtividade dos solos e ambiente. Escolar Editora Eds. Lisboa. 490 pp.

Zaman, M. & Nuruzzaman, M. 1998. Long term groundwater irrigation and fate of some soil micronutrients. *Thai J. Agric. Sci.* 27: 341-347.

Santos, J. 2003. Fertilização-Fundamentos da utilização de adubos e correctivos. *Collecção Euroagro, Publicações Europa-America Eds. Portugal.* 441 pp.