

INFLUÊNCIA DA REGA COM ÁGUA RESIDUAL URBANA NOS TEORES EM Ca, Mg E Na NO SOLO E NO AZEVÉM*

M. C. Horta-Monteiro, F. C. Pinto*, J. Q. Santos*

Escola Superior Agrária – Quinta da Sr.ª de Mércules – 6000 CASTELO BRANCO

**Instituto Superior de Agronomia – Secção Autónoma de Química Agrícola*

– Tapada da Ajuda – 1300 LISBOA

RESUMO

Com o objectivo de avaliar a influência da rega com águas residuais urbanas depuradas (A.R.) no teor em Ca, Mg e Na das forragens, bem como sobre o nível desses elementos no solo, efectuou-se um ensaio em vasos com o azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), cultivado num solo Pg (pardo litólico não húmico de granito).

Verificou-se que a rega com A.R. poderá ter um efeito depressivo no teor em Ca da forragem (gramínea), que conduziu a um aumento no seu teor em Na e que é susceptível de levar a um progressivo aumento do seu teor em Mg. A diluição da A.R. e a calagem conduziram à obtenção de plantas com uma relação sódio/cálcio mais favorável. A rega com A.R. provocou um aumento do teor em sódio de troca e da condutividade eléctrica do solo, não tendo o teor em cálcio e magnésio de troca sofrido alteração significativa.

PALAVRAS-CHAVES: Água residual; Azevém; Cálcio; Magnésio; Sódio; Rega.

ABSTRACT

The objective of this work was the evaluation of the relevance of the wastewater use in irrigation, in the Ca, Mg and Na contents of the forage, as well as their levels in the soil. Therefore an experiment in pots with *Lolium multiflorum* Lam. was made. The soil used (Cambisol) was acid and poor in organic matter.

It was observed that wastewater irrigation could have a depressive effect on the level of Ca in the forage, it increased the Na level and it could have a progressive increase in the Mg level. The wastewater dilution and liming led to a more balanced relation between Na/Ca in the forage. The wastewater use in irrigation caused an increase in the exchangeable Na and in the electrical conductivity. The level of exchangeable calcium and magnesium did not have a significant change.

KEYWORDS: Wastewater; *Lolium multiflorum* Lam.; Calcium; Magnesium; Sodium; Irrigation.

1 – INTRODUÇÃO

Em Portugal Continental, um dos factores que limitam a produção agrícola é, sem dúvida, a escassez de água na época mais quente do ano. No entanto, a água a utilizar na rega não necessita ter uma qualidade tão elevada como a necessária para outras utilizações. Nestas condições, admite-se que o uso de águas residuais urbanas (A.R.) em irrigação possa ter interesse como alternativa ao uso de águas de outras origens. No entanto, para que as A.R. urbanas possam ser correctamente utilizadas na rega é necessário que as mesmas sofram tratamento adequado, com o objectivo de lhes conferir características físico-químicas e microbiológicas apropriadas.

Efectivamente, as A.R. urbanas podem apresentar características significativamente diferentes das da água que lhes deu origem, nomeadamente no que respeita à concentração em sódio, cálcio e em magnésio, que, em particular no caso dos dois primeiros elementos referidos, pode ter significativos aumentos durante a utilização da água.

Sendo os solos portugueses, de uma maneira geral, pobres em bases, nomeadamente em cálcio e magnésio, a utilização da A.R. na rega poderá contribuir para a diminuição das deficiências nestes elementos.

No caso das forragens, a disponibilidade de cálcio e magnésio no solo é extremamente importante, pois estes nutrientes, para além de serem essenciais para as plantas, são também imprescindíveis para uma correcta dieta dos animais. De facto, as necessidades dos animais em elementos minerais são asseguradas principalmente através da ingestão de forragens e pastos.

O cálcio é necessário em elevadas quantidades nos animais em crescimento, principalmente para a formação do esqueleto. Tem, no entanto, também outras funções, como sejam participar na osmorregulação, contracção muscular, coagulação do sangue, activação de ATPases, decréscimo da permeabilidade celular e redução da irritabilidade nervosa, sendo requerido em elevada quantidade durante a lactação.

Quanto às funções metabólicas do magnésio nos animais, este nutriente, na forma de catião bivalente, é um activador preferencial de vários sistemas enzimáticos. O magnésio na forma iónica exerce também uma forte influência na actividade neuromuscular. A deficiência em magnésio leva ao aparecimento da tetania, que poderá levar à morte do animal, no caso de não se tomarem medidas terapêuticas adequadas (6). Pode-se referir, como valores médios de necessidades em cálcio e magnésio para novilhos em engorda (com uma taxa de ganho de peso de 0,5 kg/dia, e com 500 kg de peso vivo), cerca de

21 g/dia de cálcio e de 5,8 g/dia de magnésio; para vacas em gestação (36 semanas) as necessidades em cálcio rondam os 24-29 g/dia e em magnésio 7,6-8,0 g/dia; para vacas em lactação (20 kg/dia) as necessidades em cálcio sobem para 48 g/dia e em magnésio para 14,6 g/dia (2).

No entanto, pelo facto de as A.R. poderem apresentar uma relativamente elevada concentração em sódio, o seu uso na rega é susceptível de influenciar a composição das plantas, nomeadamente o seu teor em Ca e Mg, para além de poder originar problemas de salinização e, eventualmente, de alcalização do solo. O sódio é também um elemento mineral essencial para os animais, para além de tornar a forragem mais apetecível. Ele é o principal electrólito alcalino do plasma. É necessário para o transporte de aminoácidos e de glucose através da mucosa e das membranas celulares. Uma das suas principais funções está relacionada com a regulação do balanço ácido-base e da irritabilidade nervosa (6). Pode-se dar como exemplo as necessidades em sódio de vacas frísias (600 kg de peso vivo) de 4,22 g/dia; em gestação (36-40 semanas) de 7,87 g/dia e em lactação (20 kg/dia) de 16,96 g/dia (2).

Com vista a avaliar a influência que a rega com A.R. possa ter no teor da forragem nos elementos atrás referidos, bem como no nível destes no solo, efectuou-se um ensaio em vasos, submetendo azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), cultivado num solo ácido, à rega com A.R. sujeitas a tratamento de nível secundário na Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Beirolas.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

2.1 – Material utilizado

Foi efectuado um ensaio em vasos com azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), cultivado num solo litólico não húmico de granito, cujas características físico-químicas principais se apresentam no quadro 1.

Dos valores apresentados verifica-se, em linhas gerais, que o solo ensaiado é ácido, tem um teor baixo em matéria orgânica (MO), muito baixo em fósforo "assimilável" e médio em potássio "assimilável". Apresenta uma capacidade de troca catiónica baixa e um grau de saturação em bases também baixo.

Os métodos analíticos utilizados na análise de terra foram os seguintes:

Para a MO determinou-se o carbono orgânico através do aparelho de Ströhleinn e multiplicou-se esse teor pelo factor 1,724. O pH foi determinado pelo eléctrodo de vidro, a condutividade eléctrica através de um condutivímetro numa suspensão de terra:água de 1:5, o azoto Kjeldhal pelo método Kjeldhal, o azoto nítrico por um eléctrodo selectivo, o fósforo e o potássio "assimiláveis" foram extraídos pelo método de Egner-Riehm e doseados colorimetricamente e por fotometria de chama respectivamente. As bases de troca foram extraídas pelo método de Mehlich e doseadas por espectrofotometria de absorção atómica. Os micronutrientes foram extraídos pelo método de Lakanem e doseados por espectrofotometria de absorção atómica.

QUADRO 1 – Algumas características físico-químicas do solo ensaiado.

Parâmetro	
Classe de textura	Franco-arenosa
Condutividade eléctrica (mS cm ⁻¹)	0,058
Matéria orgânica (%)	1,29
Azoto Kjeldahl (mg kg ⁻¹)	340
Azoto nítrico (mg kg ⁻¹)	vest.
pH (H ₂ O)	4,9
Fósforo "assimilável" (P ₂ O ₅ , mg kg ⁻¹)	16
Potássio "assimilável" (K ₂ O, mg kg ⁻¹)	100
Hidrogénio de troca [cmol(+) kg ⁻¹]	7,43
Bases de troca [cmol(+) kg ⁻¹]	
Cálcio	1,07
Magnésio	0,20
Potássio	0,11
Sódio	0,19
Capacidade de troca [cmol(+) kg ⁻¹]	9,09
Grau de saturação em bases (%)	18
Micronutrientes (mg kg ⁻¹)	
Cobre	0,5
Ferro	31,5
Zinco	1,9
Manganês	5,1
Boro	0,441

A água utilizada na rega foi água residual de origem urbana sujeita a um tratamento de nível secundário na ETAR de Beiroas-Lisboa para as modalidades que o exigiam, tendo-se utilizado água desionizada nas restantes modalidades. Foram efectuadas várias colheitas de A.R. ao longo do ensaio, apresentando-se os seus resultados analíticos no quadro 2.

QUADRO 2 – Resultado das análises de água residual, utilizada no ensaio.

Parâmetro	91-11-20	91-12-11	91-12-27	92-01-15	92-01-18	\bar{x}	s	mín.	máx.
ST (g l ⁻¹)	0,60	0,75	0,66	0,55	0,75	0,66	0,09	0,55	0,75
SVT (g l ⁻¹)	0,29	0,08	0,17	0,14	0,30	0,19	0,10	0,08	0,30
SST (g l ⁻¹)	0,08	0,02	0,03	0,04	0,03	0,04	0,23	0,02	0,08
CQO (mg l ⁻¹)	205,90	142,16	125,19	157,44	133,12	152,76	32,03	125,19	205,90
BOD ₅ (mg l ⁻¹)	39,05	vest.	vest.	vest.	vest.	39,05	8,18	20,30	43,00
EC _w (mS cm ⁻¹)	0,82	1,00	0,93	0,69	1,01	0,89	0,14	0,69	1,01
pH	7,8	7,6	7,6	7,8	7,9	7,7	0,12	7,6	7,9
N-NK (N, mg l ⁻¹)	34,50	32,30	30,10	20,30	43,00	32,04	8,18	20,30	43,00
N-NH ₄ ⁺ (N, mg l ⁻¹)	-	0,27	26,90	19,70	38,00	27,90	6,54	19,70	38,00
N-NO ₃ ⁻ (N, mg l ⁻¹)	3,50	0,50	2,10	2,10	33,60	8,36	14,15	0,50	33,60
Cl ⁻ (mg l ⁻¹)	149,10	142,00	135,00	92,00	134,90	130,60	22,36	92,00	149,10
HCO ₃ ⁻ (meq l ⁻¹)	6,24	7,70	7,30	5,40	7,18	6,76	0,93	5,40	7,70
P (P ₂ O ₅ , mg l ⁻¹)	4,15	7,25	5,15	1,03	16,18	6,75	5,73	1,03	16,18
K (mg l ⁻¹)	24,50	112,50	40,04	37,50	12,50	45,41	39,09	12,50	112,50
Ca (mg l ⁻¹)	49,00	77,50	102,50	80,00	105,00	82,80	22,69	49,00	105,00
Na (mg l ⁻¹)	103,50	13,75	92,50	50,00	180,00	87,95	62,61	13,75	180,00
Mg (mg l ⁻¹)	6,25	10,00	10,00	5,00	10,00	8,25	2,44	5,00	10,00
Fe (mg l ⁻¹)	4,60	2,53	3,50	2,00	4,00	3,81	1,06	2,00	4,60
Cu (mg l ⁻¹)	-	0,45	0,50	0,50	0,50	0,49	0,10	0,45	0,50
Zn (mg l ⁻¹)	2,05	0,83	0,50	vest.	vest.	0,68	0,85	vest.	2,05
Mn (mg l ⁻¹)	0,10	0,43	vest.	vest.	vest.	0,11	0,19	vest.	0,43
B (mg l ⁻¹)	0,37	1,17	1,45	1,23	2,03	1,25	0,60	0,37	2,03

Os métodos utilizados na análise da água residual são os referidos no Standard Methods (3).

2.2 – Técnica experimental

A terra original, após secagem ao ar, foi passada ao crivo de 5mm e subdividida em lotes de 12,0 kg, correspondentes ao peso de terra a introduzir por vaso para cada modalidade e repetição. Os vasos utilizados foram do tipo Kick-Brauckmann.

Aos diversos lotes foi feita, manualmente, a incorporação dos nutrientes e de calcário para as modalidades que exigiam aqueles fertilizantes.

Concluído o enchimento dos vasos, humedeceu-se o solo até à capacidade de campo, utilizando água desionizada, tendo-se procedido em seguida à sementeira.

O ensaio compreendeu as seguintes modalidades:

Rega com água desionizada e adubação NPK (D+F)

Rega com A.R. e adubação NPK (R+F)

Rega com A.R. sem adubação NPK (R)

Rega com A.R. diluída a 50% sem adubação NPK (50%R).

Foram efectuadas estas modalidades com calagem (C1) e sem calagem (C0), com o objectivo de avaliar a necessidade desta prática quando se utiliza A.R. na rega.

A quantidade de azoto, fósforo e potássio aplicados por vaso nas modalidades com adubação foi de: 1,5 g de azoto (N); 1,5 g de fósforo (P_2O_5) e 1,0 g de potássio (K_2O).

Nas modalidades em que se efectuou a calagem aplicaram-se 17,0 g/vaso de carbonato de cálcio pró-análise (p.a.) (com o objectivo de elevar o pH (H_2O) para cerca de 6,5).

A aplicação dos adubos foi feita antecedendo a sementeira. O azoto foi aplicado em solução, na forma de nitrato de amónio p.a. O fósforo e o potássio foram aplicados na forma de dihidrogenofosfato de potássio p.a.

O ensaio envolveu três repetições para cada modalidade, totalizando vinte e quatro vasos:

$$1 \text{ solo} \times 3 \text{ repetições} \times 8 \text{ modalidades}$$

A data da sementeira foi a 1991-10-31, utilizaram-se 1,5 g de semente por vaso e efectuaram-se quatro cortes. Os cortes realizavam-se quando o azevém tinha uma altura aproximada de 30 cm.

Após a sementeira, os vasos foram colocados ao ar livre, sob cobertura, e mantiveram-se a 80% da capacidade de campo, sendo a rega efectuada com água desionizada ou A.R. consoante as modalidades.

Nos primeiros quinze dias todos os vasos foram regados apenas com água desionizada.

Após o último corte do azevém a terra de cada vaso foi retirada, homogeneizada e colhida uma amostra para análise.

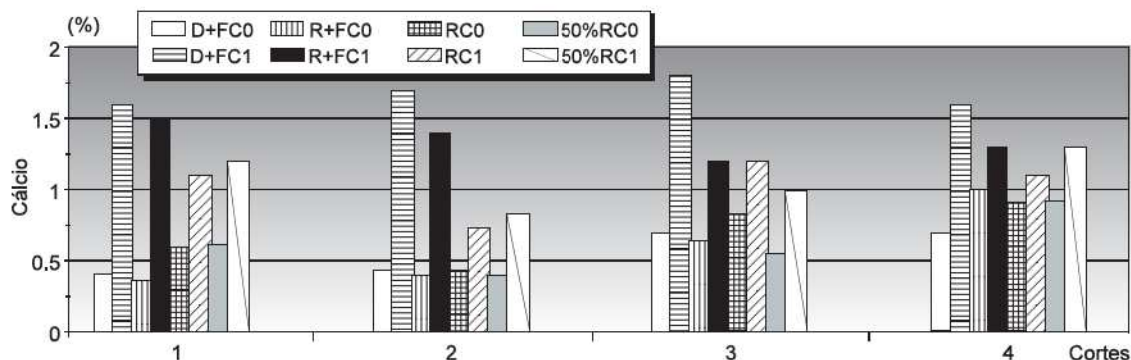
2.3 – Interpretação estatística dos resultados

Foi efectuado um delineamento experimental completamente casualizado. A análise estatística dos resultados foi feita no programa Statgraphics, versão 5.0, utilizando a análise de variância modelo fixo bifactorial incompleto. O teste de comparação múltipla de médias utilizado foi o de Tukey, para uma probabilidade de erro do tipo I inferior ou igual a 5% ($P \leq 0,05$).

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 – Planta

Foi possível verificar que o teor em cálcio das plantas regadas com A.R. era mais reduzido do que nas plantas regadas com água desionizada (figura 1), sendo essa diferença significativa no 2.º e 3.º cortes ($P \leq 0,01$ no 2.º corte e $P \leq 0,001$ no 3.º corte).

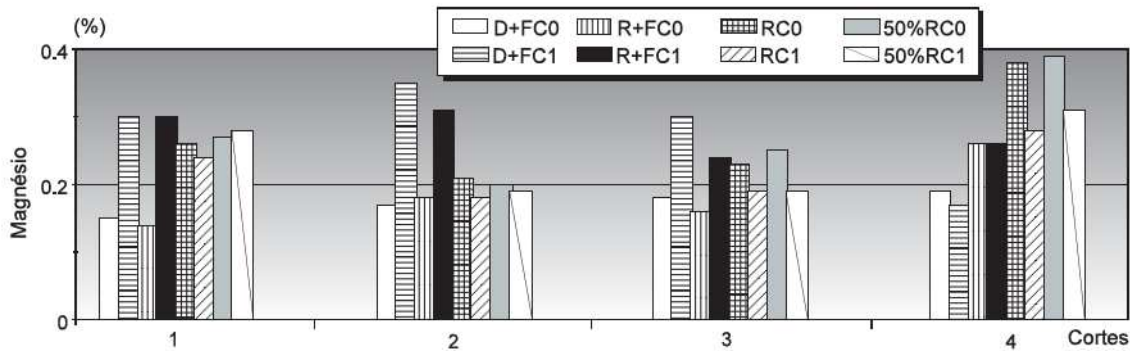


D+FC0 – Rega com água desionizada, adubação e sem calagem; D+FC1 – Rega com água desionizada, adubação e com calagem; R+FC0 – Rega com A.R., adubação e sem calagem; R+FC1 – Rega com A.R., adubação e com calagem; RC0 – Rega com A.R., sem adubação e sem calagem; RC1 – Rega com A.R., sem adubação e com calagem; 50% RC0 – Rega com A.R. diluída a 50%, sem adubação e sem calagem; 50% RC1 – Rega com A.R. diluída a 50%, sem adubação e com calagem.

FIGURA 1 – Teor em cálcio do azevém nas várias modalidades, nos quatro cortes (% MS).

Quanto ao seu teor em Mg (figura 2) verificou-se que, enquanto no 3.º corte as modalidades regadas com A.R. apresentavam um teor em Mg significativamente menor que as regadas com água desionizada ($P \leq 0,001$), no 4.º corte acontecia precisamente o contrário, isto é, as modalidades regadas com A.R. apresentavam um teor em Mg significativamente superior ao das plantas regadas com água desionizada ($P \leq 0,001$). Este resultado parece sugerir que, ao fim de um certo intervalo de tempo, a rega com A.R. conduzirá a um aumento do teor em Mg das plantas, devido certamente ao seu conteúdo neste elemento, diminuindo também um certo efeito depressivo da calagem sobre o teor em Mg das plantas quando se rega com esta água.

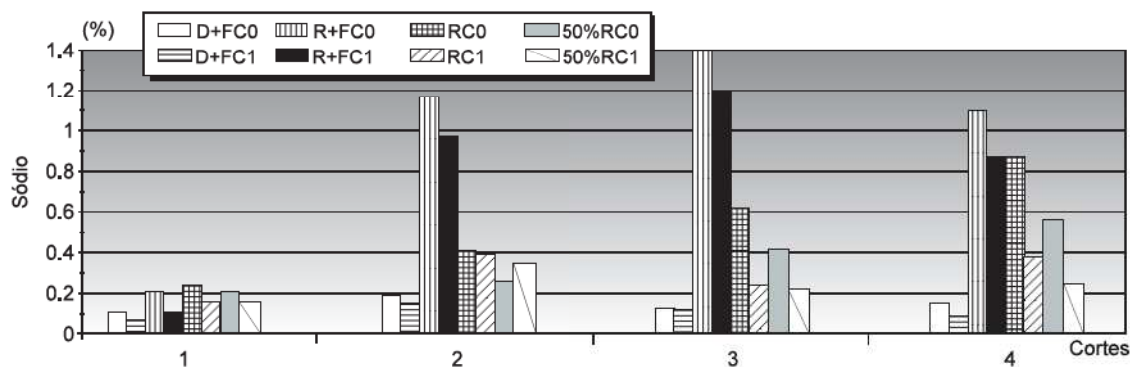
Foi ainda possível observar que o teor em sódio das plantas regadas com A.R. era, em todos os cortes, significativamente mais elevado do que o das plantas regadas com água desionizada ($P \leq 0,001$) (figura 3), facto justificado pela maior disponibilidade de sódio e pela absorção preferencial dos iões monovalentes pelas gramíneas.



D+FC0 – Rega com água desionizada, adubação e sem calagem; D+FC1 – Rega com água desionizada, adubação e com calagem; R+FC0 – Rega com A.R., adubação e sem calagem; R+FC1 – Rega com A.R., adubação e com calagem; RC0 – Rega com A.R., sem adubação e sem calagem; RC1 – Rega com A.R., sem adubação e com calagem; 50% RC0 – Rega com A.R. diluída a 50%, sem adubação e sem calagem; 50% RC1 – Rega com A.R. diluída a 50%, sem adubação e com calagem.

FIGURA 2 – Teor em magnésio do azevém nas várias modalidades, nos quatro cortes (% MS).

Verificou-se, também, que a diminuição da quantidade de sódio disponível para as plantas (através de diluição das águas residuais) e o enriquecimento do solo em cálcio (através da calagem) conduziram à produção de plantas com uma relação sódio/cálcio mais favorável.

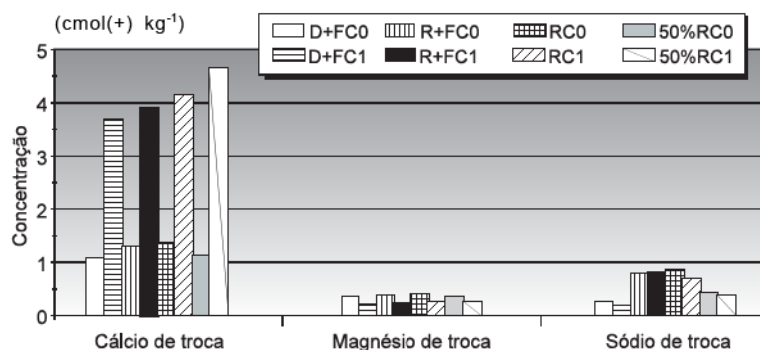


D+FC0 – Rega com água desionizada, adubação e sem calagem; D+FC1 – Rega com água desionizada, adubação e com calagem; R+FC0 – Rega com A.R., adubação e sem calagem; R+FC1 – Rega com A.R., adubação e com calagem; RC0 – Rega com A.R., sem adubação e sem calagem; RC1 – Rega com A.R., sem adubação e com calagem; 50% RC0 – Rega com A.R. diluída a 50%, sem adubação e sem calagem; 50% RC1 – Rega com A.R. diluída a 50%, sem adubação e com calagem.

FIGURA 3 – Teor em sódio do azevém nas várias modalidades, nos quatro cortes (% MS).

3.2 – Solo

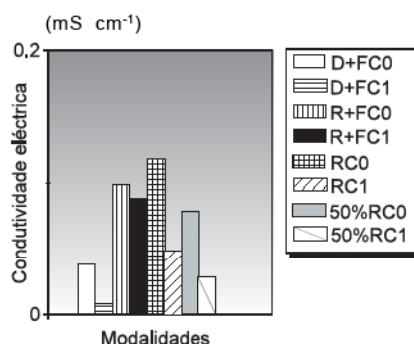
Relativamente ao solo, verificou-se que a rega com A.R. conduziu a um aumento significativo ($P \leq 0,001$) do sódio de troca, não se observando, no entanto, variações significativas relativamente ao cálcio e magnésio de troca (figura 4).



D+FC0 – Rega com água desionizada, adubação e sem calagem; D+FC1 – Rega com água desionizada, adubação e com calagem; R+FC0 – Rega com A.R., adubação e sem calagem; R+FC1 – Rega com A.R., adubação e com calagem; RC0 – Rega com A.R., sem adubação e sem calagem; RC1 – Rega com A.R., sem adubação e com calagem; 50% RC0 – Rega com A.R. diluída a 50%, sem adubação e sem calagem; 50% RC1 – Rega com A.R. diluída a 50%, sem adubação e com calagem.

FIGURA 4 – Teor em cálcio, magnésio e sódio de troca do solo (cmol(+) kg⁻¹) nas várias modalidades.

Observa-se, porém, que a rega com A.R. conduziu ao aumento significativo ($P \leq 0,01$) da condutividade eléctrica do solo (C.E.) (figura 5), o que indica que a solução do solo ficou mais rica em iões. Nas modalidades regadas apenas com A.R., a adubação ou a diluição da A.R. não alteraram significativamente o valor deste parâmetro, tendo no entanto o seu valor decrescido nas modalidades em que se efectuou a diluição da A.R. É conveniente não esquecer, porém, que o tempo de duração do ensaio não foi, possivelmente, suficiente para que a diluição da A.R. se mostrasse eficaz na redução da C.E. De qualquer forma a condutividade eléctrica não aumentou para valores indicativos da ocorrência de problemas de salinidade a curto prazo. Nas aplicações a longo prazo o seu valor deverá ser controlado.



D+FC0 – Rega com água desionizada, adubação e sem calagem; D+FC1 – Rega com água desionizada, adubação e com calagem; R+FC0 – Rega com A.R., adubação e sem calagem; R+FC1 – Rega com A.R., adubação e com calagem; RC0 – Rega com A.R., sem adubação e sem calagem; RC1 – Rega com A.R., sem adubação e com calagem; 50% RC0 – Rega com A.R. diluída a 50%, sem adubação e sem calagem; 50% RC1 – Rega com A.R. diluída a 50%, sem adubação e com calagem.

FIGURA 5 – Valor da condutividade eléctrica do solo (mS cm⁻¹) nas várias modalidades.

Estes resultados indicam, pois, que a rega com A.R. conduziu não só a um aumento do teor em sódio da solução do solo, como também do teor em sódio no complexo de troca, o que poderá, nas aplicações a longo prazo, conduzir a problemas não só de salinidade mas também de permeabilidade, susceptíveis de afectar o movimento do ar e da água no solo, e criar dificuldades ao desenvolvimento radicular e à absorção de água pelas plantas. De igual modo é possível a manifestação de desequilíbrios iónicos ao nível da nutrição das plantas.

4 – CONCLUSÕES

A utilização de águas residuais urbanas depuradas na rega de culturas forrageiras pode ser considerada uma prática com bastante interesse, já que desta forma, para além de se reutilizar água, se assegura o fornecimento de nutrientes às plantas. No entanto, dado que a composição química das A.R. poderá afectar adversamente as culturas, o solo e os meios hídricos, a sua utilização como água de rega terá de obedecer a um cuidado planeamento e a uma criteriosa gestão da rega.

O facto de a utilização de A.R. na agricultura poder ainda ter reflexos negativos em termos de saúde pública, aspecto não abordado no presente trabalho, reforça a importância do correcto acompanhamento dessa utilização.

BIBLIOGRAFIA

- 1 – ASANO, T. *et al.* – *Evolution of tertiary treatment requirements in California*. "Water Environ. & Techn.", 4 (2) 1992, p. 36-41.
- 2 – COMMONWEALTH AGRICULTURAL BUREAU – *The nutrient requirements of ruminant livestock*. London, England, Agricultural Research Council, 1980.
- 3 – FRANSON, Mary Ann – *Standard methods for examination of water and waste water*. 14th ed. Washington, American Public Health Association, 1976.
- 4 – MONTEIRO, M. C. Horta – *Utilização de A.R. Urbana na Cultura de Azevém (Lolium multiflorum Lam.)*. Trabalho realizado para obtenção do grau de Mestre em Nutrição Vegetal, Fertilidade do Solo e Fertilização. Lisboa, ISA, 1994.
- 5 – NEILSEN, G.H. *et al.* – *Nutrition and yield of young apple trees irrigated with municipal wastewater*. "J. Am. Soc. Hort. Sci.", 114 (3) 1989, p. 377-383.
- 6 – UNDERWOOD, E. J. – *The mineral nutrition of livestock*. 2nd ed. London, England, Commonwealth Agricultural Bureau, 1981.