

CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO DE UM SOLO  
PROVENIENTE DA TRASEIRA DO 1º BIMec NO  
CAMPO MILITAR DE SANTA MARGARIDA

*Paula Figueiredo* <sup>(1)</sup>

*N. Jerónimo* <sup>(5)</sup>

*M.J. Matias* <sup>(2)</sup>

*J. Feliciano* <sup>(6)</sup>

*J.M. Marques* <sup>(3)</sup>

*A. Flambó* <sup>(7)</sup>

*C. Ribeiro* <sup>(4)</sup>

*F. Margarido* <sup>(8)</sup>

**RESUMO**

Apresenta-se, uma abordagem preliminar, do estudo de um solo recolhido na traseira do 1º Batalhão de Infantaria Mecanizado (1º BIMec) no Campo Militar de Santa Margarida decorrente de meio século da sua utilização como Campo de Treino Militar.

Faz-se uma breve abordagem aos efeitos dos metais pesados no ambiente e dos seus efeitos toxicológicos.

Refere-se a metodologia utilizada a fim de analisar o grau de contaminação do solo e comparam-se os resultados obtidos com a legislação em vigor.

---

<sup>1</sup> Professora Associada da Academia Militar, Investigadora do Centro de Petrologia e Geoquímica do IST (CEPGIST) e do CINAMIL.

<sup>2</sup> Professora Associada com Agregação do Departamento de Engenharia de Minas do Instituto Superior Técnico, Investigadora do CEPGIST e do CINAMIL.

<sup>3</sup> Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia de Minas do Instituto Superior Técnico, Investigador do CEPGIST e do CINAMIL.

<sup>4</sup> TCor Tm, Director de curso de Transmissões e Investigador do CINAMIL.

<sup>5</sup> TCor Eng, Director de curso de Engenharia e Investigador do CINAMIL.

<sup>6</sup> TCor Art, Investigador do CINAMIL.

<sup>7</sup> Cor Eng, Comandante da Escola Prática de Engenharia e Investigador do CINAMIL.

<sup>8</sup> Professora Associada do Departamento de Engenharia de Materiais do Instituto Superior Técnico, Investigadora do Centro de Valorização de Recursos Minerais (CVRM) e do CINAMIL.

## 1. INTRODUÇÃO

O Campo Militar de Santa Margarida cobre uma área com cerca de 65 km<sup>2</sup>, abrangendo duas zonas com características distintas: uma zona “urbana”, onde se encontram situadas todas as unidades orgânicas do campo, infra-estruturas de apoio, zonas residenciais etc., e uma zona de treino militar. Esta última, é bastante extensa e inclui zonas de exercícios táticos para unidades mecanizadas, várias carreiras de tiro, uma pista de aviação, etc.

O impacto ambiental resultante de instalações militares e actividades associadas ao treino militar pode manifestar-se de várias maneiras:

- a. Promoção da contaminação química dos solos e das águas;
- b. Erosão dos solos;
- c. Desabamentos de terra, cheias, etc.;
- d. Compactação e impermeabilização do solo;
- e. Diminuição de matéria orgânica;
- f. Diminuição da biodiversidade;
- g. Salinização do solo.

A avaliação global do estado da qualidade dos solos e das águas do Campo Militar, bem como da sua envolvente próxima, visa sobretudo definir estratégias de protecção e, caso necessário, de reabilitação, dos recursos hídricos subterrâneos, bem como dos solos *in loco*.

Neste trabalho apenas se vão referir os estudos relativos a um solo retirado da traseira do 1º BIMec, que corresponde a uma zona de descarga de óleos. Tratam-se de solos contaminados por substâncias orgânicas.

## 2. METODOLOGIA

A fim de analisar o grau de contaminação de um solo, em zona de descarga de óleos resultante da actividade desenvolvida no Campo Militar de Santa Margarida foi recolhida uma amostra na traseira do 1.º BIMec (**Foto 1**).

As características analisadas foram: teor de humidade, hidrocarbonetos totais, compostos orgânicos voláteis halogenados e não-halogenados, hidrocarbonetos aromáticos polinucleares, matéria orgânica e metais pesados, nomeadamente, cádmio (Cd), cobre (Cu), crómio (Cr), mercúrio (Hg), níquel (Ni), chumbo (Pb), zinco (Zn).

Sempre houve metais na Terra. Muitos deles têm funções essenciais em todos os seres vivos, contudo, os efeitos no ambiente dos metais denominados pesados são diversos.



**Foto 1** – Amostra de solo recolhido na traseira do 1º BIMEc.

Os metais pesados são componentes naturais da crosta terrestre, considerando-se metal pesado qualquer elemento químico metálico cuja densidade seja superior a  $5 \text{ g/cm}^3$ .

Os metais pesados entram no nosso corpo via alimentação, água de beber e ar, sendo tóxicos ou venenosos mesmo em baixas concentrações. Como elementos vestigiais são essenciais para manter o metabolismo do corpo humano e como micronutrientes para as plantas. Contudo, alguns metais pesados em concentrações elevadas são perigosos para as plantas, animais e homem.

Os metais pesados são perigosos porque tendem a bioacumular. A bioacumulação consiste num aumento da concentração dum elemento químico num organismo biológico, com o tempo, quando comparado com a concentração química no ambiente. Os metais pesados acumulam-se em seres vivos sendo o tempo de armazenamento inferior ao tempo de metabolização ou excreção.

Um grande número de elementos cai nesta categoria, mas os metais pesados que apresentam maior relevância no contexto ambiental são o arsénio (As), cádmio, crómio, cobalto (Co), cobre, chumbo, mercúrio, níquel, estanho (Sn), vanádio (V), zinco.

Os três metais mais poluentes são o Pb, Cd, Hg. O arsénio embora seja um semi-metal é geralmente olhado como metal perigoso. Muitos metais pesados, em particular o Cu, Hg, Pb, são facilmente retidos por matéria orgânica nas camadas superficiais do solo, onde podem atingir concentrações tão elevadas que podem ser perigosos aos microorganismos e pequenos animais. Outros metais, incluindo o Cd, e o Zn, são muito mais solúveis e podem conseqüentemente ser transportados através do solo muito mais rapidamente. A sua mobilidade vai aumentando à medida que o solo se torna mais ácido.

No grupo dos hidrocarbonetos consideram-se os compostos orgânicos voláteis halogenados e não-halogenados, além dos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH), sendo estes últimos os que suscitam maiores preocupações.

Os PAH apresentam diversas características nefastas, entre as quais o facto de serem mutagénicos e carcinogénicos para os mamíferos e terem a capacidade de se acumularem nos sedimentos, nos seres vivos aquáticos e, em menor grau, na água. Alguns hidrocarbonetos aromáticos policíclicos são agentes carcinogénicos genotóxicos para o homem e não existe um limiar identificável abaixo do qual estas substâncias não representem um risco para a saúde humana. O impacto na saúde humana e no ambiente é devido à sua existência no ar ambiente e no solo. O benzo(a)pireno é utilizado como marcador do risco carcinogénico dos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos no ar ambiente.

O benzeno é um hidrocarboneto aromático que se evapora rapidamente à temperatura ambiente e que é pouco solúvel em água. Devido essencialmente à volatilização, o tempo de residência do benzeno na água é de poucas horas, não ocorrendo praticamente a sua adsorção aos sedimentos. O benzeno existente no solo pode ser transportado para o ar mediante volatilização e para as águas superficiais por escorrência superficial. Em condições aeróbicas, o benzeno existente na água ou no solo é rapidamente degradado (num espaço de horas) através da acção das bactérias. No entanto, em condições anaeróbicas (por exemplo nas águas subterrâneas), o benzeno pode tornar-se persistente à degradação bacteriológica. Não existem evidências de bioacumulação ou bioconcentração em organismos aquáticos ou terrestres. Estudos *in vitro* indiciam que o benzeno e seus metabolitos causam alterações nos cromossomas de animais, tanto em termos estruturais como numéricos.

O tolueno é um hidrocarboneto aromático. A biodegradação nos solos atinge valores entre 60% a 85%, após 20 dias.

O xileno é um hidrocarboneto aromático que ocorre em três formas isométricas: orto, meta e para. Os xilenos são pouco solúveis na água, pelo que é possível que somente pequenas quantidades existentes no solo possam ser lixiviadas para os sistemas aquáticos. A volatilização para a atmosfera a partir da água é um fenómeno que ocorre rapidamente para qualquer das três formas referidas. No solo e água, os isómeros meta e para são facilmente biodegradáveis sob condições aeróbicas ou anaeróbicas, mas o isómero orto é mais persistente. As poucas informações disponíveis indicam que a bioacumulação dos isómeros de xileno pelos peixes e invertebrados é baixa. A eliminação do xileno dos organismos

aquáticos é extremamente rápida logo que cessa a exposição, e a sua toxicidade pode ser considerada moderada ou baixa.

Os xilenos podem ser adsorvidos, em pequena extensão, tanto pelos sedimentos aquáticos como pelo solo, fenómeno que depende de um conjunto de factores, tais como os teores em carbono orgânico e em água. Na ausência de água, os solos e os minerais de argila apresentam uma elevada capacidade para adsorver o isómero p-xileno, devido principalmente à adsorção na superfície dos minerais. No entanto, estas condições de elevada secura são difíceis de encontrar no ambiente e podem somente existir nas camadas superficiais do solo ou em climas áridos. O etilbenzeno é um hidrocarboneto aromático não persistente, que é degradado por foto-oxidação e por acção biológica. A sua volatilização para a atmosfera ocorre de uma forma rápida. As evidências existentes apontam para que os factores de bioconcentração em peixes e moluscos sejam baixos. A eliminação de organismos aquáticos parece acontecer de forma rápida. A sua toxicidade aguda em relação a algas, peixes e invertebrados aquáticos é moderada.

A poluição devida a metais pesados provenientes da actividade mineira, pirometalúrgica e militar é grande, colocando problemas ao nível dos recursos hídricos, da cadeia alimentar e qualidade do ar. A limpeza dos solos poluídos com metais pesados e hidrocarbonetos, além de ser importante do ponto de vista de protecção da saúde humana e ambiental, tem também grande interesse económico.

## 2.1. *Aspectos toxicológicos dos metais pesados*

### a. *Cádmio*

O cádmio é biopersistente e, uma vez absorvido por um organismo, permanece por muitos anos (décadas para os humanos) embora possa ser eventualmente excretado. Nos seres humanos, a exposição prolongada está associada a disfunção renal e a doenças pulmonares, estando ligado ao cancro do pulmão. As suas propriedades toxicológicas derivam da sua semelhança química com o zinco.

### b. *Cobre*

É uma substância essencial para a vida humana, mas em doses elevadas pode causar anemia, destruição do fígado e rins e irritação do estômago e do intestino.

### c. *Crómio*

Se a exposição a este elemento for baixa, pode verificar-se irritação da pele, provocando ulceração. No entanto, a exposição prolongada pode provocar

destruição do fígado, rim e tecidos nervosos. O crómio acumula-se muitas vezes na vida aquática, sendo perigoso para o ser humano comer peixe que possa ter estado exposto a níveis elevados de crómio.

d. ***Mercúrio***

O mercúrio elementar é considerado não classificável em termos de carcinogenicidade, enquanto o metilmercúrio é um possível agente carcinogénico para o homem. O envenenamento com mercúrio inorgânico está associado a tremores, gengivites e/ou alterações fisiológicas pequenas, conjuntamente com absorção espontânea e malformações congénitas.

e. ***Chumbo***

A exposição humana ao chumbo pode provocar uma grande gama de efeitos biológicos dependendo do nível e duração da exposição. Os fetos e crianças são mais sensíveis que os adultos. Se a exposição for elevada, pode provocar efeitos bioquímicos tóxicos nos seres humanos, o que por sua vez pode causar problemas na síntese da hemoglobina e efeitos nos rins.

f. ***Níquel***

O corpo humano necessita de pequenas quantidades de níquel para produzir os glóbulos vermelhos. Contudo, em quantidades excessivas pode tornar-se ligeiramente tóxico. A exposição prolongada pode provocar diminuição de peso, problemas no coração e fígado e irritação cutânea. O níquel pode acumular-se na vida aquática, não sendo no entanto a sua presença ampliada na cadeia alimentar.

g. ***Zinco***

É um micronutriente essencial para plantas, animais e seres humanos. As intoxicações provocadas pelo zinco são pouco frequentes. Muitos dos efeitos que lhe são atribuídos podem ser provocados por outros metais, nomeadamente, Cd, Pb, Sb e As. Acumula-se nos pulmões e rins. Concentrações elevadas de zinco no corpo humano podem provocar envenenamento.

## 2.2. ***Legislação – Valores de qualidade***

Do levantamento bibliográfico efectuado sobre a qualidade de solos verificou-se que em 1987 foi estabelecido o conceito de multifuncionalidade do solo, através da promulgação da Lei de Protecção do Solo pelo governo federal

holandês. Em 1994, o Ministério do Planeamento Territorial e Meio Ambiente da Holanda, atendendo a essa lei, publicou uma proposta de valores de qualidade do solo e da água subterrânea. A característica principal dessa proposta é a criação de três valores distintos (STI) de qualidade para o solo e água subterrânea, ou seja: Valor de referência (S); Valor de intervenção (I) e Valor de alerta (T). O Valor de referência (S) indica um nível de qualidade do solo e da água subterrânea que permite classificá-los como “limpos”, considerando-se a sua utilização para qualquer finalidade. Como valor de referência para as substâncias naturalmente presentes no solo, utilizou-se como ponto de partida os valores de background (valores naturais ou devidos à contaminação difusa pela atmosfera). Assim, para os metais pesados foram adoptados os maiores valores naturais encontrados. Para outras substâncias, o valor de S foi calculado tomando-se por base um risco desprezável para a saúde humana e para o ambiente. Segundo Theelen & Nijhof (1996) os valores de referência considerados para substâncias antropogénicas são os limites de detecção dos métodos analíticos adoptados, tendo em conta a melhor técnica disponível (MTD, sendo normalmente conhecida pela sigla anglo-xasónica BAT - Best Available Technology). Para algumas substâncias, o valor de referência depende do tipo de solo, tendo-se encontrado uma correlação significativa com o teor de argila e de matéria orgânica (**Tabelas 1 e 2**). A utilização de valores específicos para cada tipo de solo baseia-se nos seguintes factos:

- a. O teor natural de metais nos solos argilosos ser superior ao encontrado nos solos arenosos;
- b. O aumento do teor de matéria orgânica no solo diminuir a sua densidade, aumentando a concentração de metais por volume de solo;
- c. A maior parte das substâncias contaminadoras do solo estar ligada à fracção argila e orgânica do solo.

O Valor de intervenção (I) indica um nível de qualidade do solo acima do qual existem riscos para a saúde humana e para o ambiente. Estes valores foram determinados pela quantificação dos riscos toxicológicos e ecotoxicológicos advindos da contaminação do solo.

O Valor de alerta (T) é um valor médio entre os dois primeiros: S e I. Indica que já ocorreu uma certa alteração que diminuiu, ainda que pouco, as propriedades funcionais do solo, sendo necessária uma investigação detalhada na área, para quantificação dessa alteração.

**Tabela 1** – Valores referenciais para solo, considerando-se um teor de argila e de matéria orgânica de 0%.

Parâmetro	Concentração em peso seco (mg/kg)		
	S	T	I
<b>Cádmio</b>	0,4	3,3	6,1
<b>Crômio</b>	50	120	190
<b>Cobre</b>	15	47	79
<b>Chumbo</b>	50	181	312
<b>Mercúrio</b>	0,2	3,5	6,6
<b>Níquel</b>	10	35	60
<b>Zinco</b>	50	154	257
<b>Benzeno</b>	0,01	0,11	0,20
<b>Tolueno</b>	0,01	13	26
<b>Etilbenzeno</b>	0,01	5	10
<b>Xileno (soma)</b>	0,01	2,5	5
<b>PAH (soma)</b>	0,2	4,1	8
<b>PCB (soma)</b>	0,004	0,1	0,2
<b>Hidrocarbonetos Totais</b>	10	505	100

**Tabela 2** – Valores referenciais para solo, considerando-se um teor de argila de 25 % e de matéria orgânica de 10%.

Parâmetro	Concentração em peso seco (mg/kg)		
	S	T	I
<b>Cádmio</b>	0,8	6,4	12
<b>Crômio</b>	100	240	380
<b>Cobre</b>	36	113	190
<b>Chumbo</b>	85	308	530
<b>Mercúrio</b>	0,3	5,2	10
<b>Níquel</b>	35	123	210
<b>Zinco</b>	140	430	720
<b>Benzeno</b>	0,05	0,53	1
<b>Tolueno</b>	0,05	65	130
<b>Etilbenzeno</b>	0,05	25	50
<b>Xileno (soma)</b>	0,05	12,5	25
<b>PAH (soma)</b>	0,004	20,5	40
<b>PCB (soma)</b>	0,020	0,5	1
<b>Hidrocarbonetos Totais</b>	50	2525	5000

Na legislação italiana encontra-se uma lei mais recente (DM 471/99) que indica os valores limite de metais pesados considerando 4 classes de contaminação (baixo, médio, alto e anômalo) (**Tabela 3**). Nesta tabela, estão também indicados os valores limite que são utilizados como referência no caso do solo ser utilizado para fins residenciais ou de recreio, ou para fins industriais e comerciais [ P. Sequi, Chimica del suolo, Pátron Ed., Bologna (1989) ].

**Tabela 3** – Valores limites de metais pesados (mg/kg) em Itália.

	Baixo	Médio	LV A (+)*	Alto	LV B (+)**	Anómalo
<b>Cd</b>	0,01	0,35	2	2	15	500
<b>Cr</b>	5	70	150	1500	800	11000
<b>Cu</b>	2	30	120	250	600	50000
<b>Ni</b>	2	50	120	750	500	9000
<b>Pb</b>	2	35	100	300	1000	100000
<b>Zn</b>	1	90	150	900	1500	87000
<b>Hg</b>	0,6					

\* – Valores limite se o solo for usado para fins residenciais ou de recreio.

\*\* – Valores limite se o solo for usado para fins industriais e comerciais

Em Portugal, os valores limite da concentração de metais pesados considerando os três tipos de solos ácidos, alcalinos e intermédios (**Tabela 4**),s são fixados pela Portaria n° 176/96, de 3 de Outubro.

**Tabela 4** – Valores limite de concentração de metais pesados nos solos (mg/kg de matéria seca).

Parâmetros	Valores limite em solos com		
	pH< 5,5	5,5<pH< 7,0	pH>7,0
<b>Cádmio</b>	1	3	4
<b>Cobre</b>	50	100	200
<b>Níquel</b>	30	75	110
<b>Chumbo</b>	50	300	450
<b>Zinco</b>	150	300	450
<b>Mercúrio</b>	1	1,5	2
<b>Crómio</b>	50	200	300

Em relação aos compostos orgânicos existe um despacho conjunto dos Ministérios do Ambiente e Recursos Naturais e do Mar de 21 de Junho de 1995, que estabelece as regras técnicas de avaliação e gestão do material dragado. O interesse deste diploma reside no facto de estabelecer no n° 5 do artigo 6º, classes de qualidade do material dragado, em função do seu grau de contaminação por compostos orgânicos e metais pesados. As 5 classes de qualidade dos sedimentos (material dragado) a que se refere são (**Tabela 5**): classe 1 – material dragado limpo; classe 2 – material dragado com contaminação vestigiária; classe 3 – material dragado ligeiramente contaminado; classe 4 – material dragado contaminado; classe 5 – material muito contaminado.

**Tabela 5** – Valores limite de concentração dos compostos orgânicos nos solos ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  de matéria seca).

Compostos Orgânicos	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
<b>PCB (soma)</b>	< 5	5 - 25	25 – 100	100 - 300	> 300
<b>PAH (soma)</b>	< 300	300 – 2000	2000 – 6000	6000 - 20000	> 20000
<b>HCB</b>	< 0,5	0,5 – 2,5	2,5 - 10	10 - 50	> 50

### 3. RESULTADOS

Relativamente ao solo amostrado na traseira do 1º BIMec, o boletim de análises com os resultados referentes ao teor de metais pesados, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, compostos orgânicos voláteis halogenados (PCB) e compostos orgânicos voláteis não-halogenados, encontram-se respectivamente nas **Tabelas 6, 7, 8 e 9**.

**Tabela 6** – Metais Pesados.

Perda a 105°C (Humidade)		33%
Hidrocarbonetos Totais		41g/Kg <sup>9</sup>
Em base seca	Perda a 500°C (Matéria Orgânica)	
	Cádmio	33 mg/Kg
	Cobre	38 mg/Kg
	Crómio	31 mg/Kg
	Mercúrio	0,6 mg/Kg
	Níquel	< 20 mg/Kg
	Chumbo	283 mg/Kg
	Zinco	398 mg/Kg

**Tabela 7** – Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos.

Naftaleno	0,033 mg/Kg
Acenafteno	< 0,288 mg/Kg
Fenantreno	< 0,144 mg/Kg
Antraceno	< 0,144 mg/Kg
Fluoranteno	< 0,144 mg/Kg
Pireno	0,383 mg/Kg
B(a) antraceno	1,142 mg/Kg
Criseno	0,440 mg/Kg
B(b) fluoranteno	< 0,144 mg/Kg
B(k) fluoranteno	< 0,144 mg/Kg
B(a) pireno	< 0,144 mg/Kg
D(a) Antraceno	< 0,144 mg/Kg
B(g,h,i) perileno	< 0,144 mg/Kg
Indeno	< 0,144 mg/Kg

**Tabela 8** – Compostos orgânicos voláteis halogenados.

Clorofórmio	< 5 $\mu\text{g}/\text{Kg}$
Tetracloroeto de Carbono	< 5 $\mu\text{g}/\text{Kg}$
1,2-Dicloroetano	< 5 $\mu\text{g}/\text{Kg}$
Tricloroetano	< 5 $\mu\text{g}/\text{Kg}$
Bromodichlorometano	< 5 $\mu\text{g}/\text{Kg}$
Tetracloroetano	< 5 $\mu\text{g}/\text{Kg}$
Dibromoclorometano	< 5 $\mu\text{g}/\text{Kg}$
Bromofórmio	5 $\mu\text{g}/\text{Kg}$
1,2-Diclorobenzeno	< 5 $\mu\text{g}/\text{Kg}$
Hexaclorobutadieno	< 5 $\mu\text{g}/\text{Kg}$

<sup>9</sup> Na amostra tal e qual.

**Tabela 9** – Compostos orgânicos voláteis não-halogenados.

Benzeno	< 5 µg/Kg
Tolueno	< 5 µg/Kg
Etilbenzeno	6 µg/Kg
m-Xileno + p-Xileno	< 5 µg/Kg
o-Xileno	< 5 µg/Kg
Propilbenzeno	< 5 µg/Kg
Naftaleno	< 5 µg/Kg

#### 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Importa comparar os resultados obtidos com valores de referência relativos à poluição dos solos pelas substâncias em causa. A metodologia utilizada assenta, então, na comparação dos resultados obtidos com os valores constantes dos diplomas legais apresentados.

Não foi mandado analisar o pH do solo nem o teor de argila, pelo que a análise comparativa com a legislação holandesa e portuguesa não pode ser efectuada com rigor. No entanto, devido à tendência verificada com todos os resultados apresentados pelas diferentes legislações, pode afirmar-se que o cádmio com um teor de 33 mg/kg é o único elemento que apresenta um teor acima do valor de alerta (I) e, o chumbo com 283 mg/kg e o zinco com 398 mg/kg apresentam valores dentro dos valores de intervenção (T). Todos os outros metais pesados apresentam valores abaixo dos valores de referência (S). Verifica-se a mesma tendência, quando se faz a comparação com os valores adoptados pela legislação italiana.

Em relação aos compostos orgânicos, tanto os hidrocarbonetos totais (41 g/kg), como os compostos orgânicos voláteis não-halogenados (< 36 µg/kg) ou os compostos orgânicos voláteis halogenados (< 50 µg/kg), apresentam valores abaixo dos valores de referência, podendo considerar-se um solo limpo. Já os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos apresentam um valor da ordem dos 4 mg/kg, podendo considerar-se um solo ligeiramente contaminado, com um valor acima do valor de referência.

Do estudo efectuado, pode afirmar-se que apenas o cádmio apresenta valores muito altos, havendo necessidade de se proceder a tratamentos de remediação, para que este solo possa ser utilizado para fins industriais e comerciais. Os valores do chumbo e do zinco são ligeiramente altos, sendo interdito o uso do solo para fins residenciais ou de recreio, sem tratamento prévio.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi suportado pelo Projecto “O CAMPO MILITAR DE SANTA MARGARIDA: ESTUDO DO IMPACTO AMBIENTAL APÓS MEIO SÉCULO DE UTILIZAÇÃO” apoiado pela Divisão de Planeamento e Programação do Estado-Maior do Exército.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (1983). Toxicological Profile for Cadmium, US Dept. of Health and Human Services, Public Health Service.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (1999). ATSDR/EPA Priority List of Hazardous Substances, US Dept. of Health and Human Services, Public Health Service

Fontana, P. Silva, S. (1989). *Chimica del Suolo*. Ed. Pátron, Bologna.

Ministry of Housing, Physical Planning and Environment (1987). *The Netherlands, Soil Protection Act*.

Portaria nº 176/96 de 3 de Outubro da República Portuguesa - Fixa o limite da concentração de metais pesados.

Visser, W. (1993). *Contaminated Land Policies in some Industrialized Countries*, Technical Soil Protection Committee.