

CATÁSTROFES MISTAS

UMA PERSPETIVA AMBIENTAL

IMPRESA DA
UNIVERSIDADE
DE COIMBRA
COIMBRA
UNIVERSITY
PRESS

LUCIANO LOURENÇO
ADÉLIA NUNES
(COORDS.)

RISCOS
E C A T Á S T R O F E S

I
IMPRESA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA
COIMBRA UNIVERSITY PRESS
U

ESTRUTURAS EDITORIAIS

Série Riscos e Catástrofes
Estudos Cindínicos

DIRETOR PRINCIPAL | MAIN EDITOR

Luciano Lourenço
Universidade de Coimbra

DIRETORES ADJUNTOS | ASSISTANT EDITORS

Adélia Nunes, Fátima Velez de Castro
Universidade de Coimbra

ASSISTENTE EDITORIAL | EDITORIAL ASSISTANT

Fernando Félix
Universidade de Coimbra

COMISSÃO CIENTÍFICA | EDITORIAL BOARD

Ana C. Meira Castro
Instituto Superior de Engenharia do Porto

António Betâmio de Almeida
Instituto Superior Técnico, Lisboa

António Duarte Amaro
Escola Superior de Saúde do Alcoitão

António Manuel Saraiva Lopes
Universidade de Lisboa

António Vieira
Universidade do Minho

Cármem Ferreira
Universidade do Porto

Helena Fernandez
Universidade do Algarve

Humberto Varum
Universidade de Aveiro

José Simão Antunes do Carmo
Universidade de Coimbra

Margarida Horta Antunes
Instituto Politécnico de Castelo Branco

Margarida Queirós
Universidade de Lisboa

Maria José Roxo
Universidade Nova de Lisboa

Romero Bandeira
Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Porto

Tomás de Figueiredo
Instituto Politécnico de Bragança

Antenora Maria da Mata Siqueira
Univ. Federal Fluminense, Brasil

Carla Juscélia Oliveira Souza
Univ. de São João del Rei, Brasil

Esteban Castro
Univ. de Newcastle, Reino Unido

José António Vega
Centro de Investigación Forestal de Lourizán, Espanha

José Arnaez Vadillo
Univ.de La Rioja, Espanha

Lidia Esther Romero Martín
Univ. Las Palmas de Gran Canaria, Espanha

Miguel Castillo Soto
Universidade do Chile

Monserrat Díaz-Raviña
Inst. Inv. Agrobiológicas de Galicia, Espanha

Norma Valencio
Univ. Federal de São Carlos, Brasil

Ricardo Alvarez
Univ. Atlântica, Florida, Estados Unidos da América

Victor Quintanilla
Univ. de Santiago de Chile, Chile

Virginia Araceli García Acosta
CIESAS, México

Xavier Ubeda Cartaña
Univ. de Barcelona, Espanha

Yvette Veyret
Univ. de Paris X, França

CATÁSTROFES MISTAS

UMA PERSPETIVA AMBIENTAL

IMPRESA DA
UNIVERSIDADE
DE COIMBRA
COIMBRA
UNIVERSITY
PRESS

LUCIANO LOURENÇO
ADÉLIA NUNES
(COORDS.)

EDIÇÃO

Imprensa da Universidade de Coimbra
Email: imprensa@uc.pt
URL: http://www.uc.pt/imprensa_uc
Vendas online: <http://livrariadaimprensa.uc.pt>

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Imprensa da Universidade de Coimbra

CONCEÇÃO GRÁFICA

Imprensa da Universidade de Coimbra

PRÉ-IMPRESSÃO

Fernando Felix

INFOGRAFIA DA CAPA

Mickael Silva

PRINT BY

KDP

ISBN

978-989-26-1902-6

ISBN DIGITAL

978-989-26-1901-9

DOI

<https://doi.org/10.14195/978-989-26-1901-9>

RISCOS - ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE RISCOS, PREVENÇÃO E SEGURANÇA
TEL.: +351 239 992 251; FAX: +351 239 836 733
E-MAIL: RISCOS@UC.PT

© DEZEMBRO 2019, IMPRENSA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA

CATÁSTROFES MISTAS

Catástrofes mistas : uma perspetiva ambiental / coord. Luciano Lourenço, Adélia Nunes. – (Riscos e catástrofes)

ISBN 978-989-26-1902-6 (ed. impressa)

ISBN 978-989-26-1901-9 (ed. eletrónica)

I – LOURENÇO, Luciano, 1951-

II – NUNES, Adélia, 1971-

CDU 551

SUMÁRIO

PREFÁCIO	7
INTRODUÇÃO	11
RISCOS MISTOS DE COMPONENTE ATMOSFÉRICA	17
Riscos atmosféricos mistos	
Ana Monteiro e Helena Madureira	19
RISCOS MISTOS DE COMPONENTE GEODINÂMICA	39
Risco de sismicidade induzida	
Bruno M. Martins	41
Risco de erosão hídrica do solo	
Adélia Nunes	51
Risco de erosão fluvial	
Adélia Nunes	77
Risco de erosão costeira	
António Campar de Almeida.....	109
Risco de erosão eólica	
António Campar de Almeida.....	155
Risco de erosão química	
António Campar de Almeida.....	195
Desertificação	
Maria José Roxo e Carlos Russo Machado	211
Riscos de salinização do solo	
Maria da Conceição Gonçalves, José Casimiro Martins e Tiago Brito Ramos	241
Riscos relacionados com intrusão salina	
Bruno M. Martins	269
Riscos de poluição	
Cármem Ferreira.....	279
Riesgos de incendio forestal	
Miguel E. Castillo Soto.....	313
CONCLUSÃO	361

(Página deixada propositadamente em branco)

PREFÁCIO

O terceiro dos volumes dedicados às Catástrofes trata daquelas que tanto podem ter uma origem natural, como podem ser provocadas pelo ser humano, razão pela qual as designamos por catástrofes mistas. Porque a maioria delas produz efeitos notórios sobre o ambiente, por vezes também são referidas como catástrofes ambientais, embora, neste caso, não seja tida em conta a sua origem, ou seja, as causas que as determinaram, mas sim as suas consequências, o que corresponde a um critério diferente daquele que esteve subjacente à divisão que usámos para organizar os três últimos volumes da Série.

Mas, porque muitas das consequências das catástrofes mistas se refletem exatamente sobre o ambiente, torna-se difícil traduzir esses efeitos em perdas de seres humanos, como fizemos nos dois volumes anteriores, já que mesmo quando elas existem, raramente ocorrem em simultâneo e, por conseguinte, não se tornam tão visíveis como sucede nas catástrofes naturais e antrópicas, em que o número de mortos provocados por um único acontecimento pode ser muito elevado.

Todavia e embora sendo mais raro, as catástrofes mistas também podem provocar muitas mortes, sendo suficiente estar atento às notícias para, de quando em vez, tomar conhecimento de algumas dessas consequências, traduzidas em número de mortes.

Apenas a título de exemplo, referimos duas notícias sobre os efeitos da poluição. Uma delas da autoria de Amber Milne, da *Thomson Reuters Foundation*, publicada no jornal O Globo, de 12 de março de 2019, intitulada: *Poluição mata mais do que cigarro, revela estudo internacional*, dava conta de que “cientistas constataam que 8,8 milhões de pessoas morreram em apenas um ano, mais do que as 7 milhões de vítimas anuais do tabagismo” (<https://oglobo.globo.com/sociedade/saude/poluicao-mata-mais-do-que-cigarro-revela-estudo-internacional-23515245>).

Uma outra notícia, publicada no Público de 4 de abril de 2019, da autoria de Sofia Neves, intitulada *Só em 2017 morreram 3540 pessoas devido à poluição atmosférica em Portugal*, dava conta de que “a poluição do ar foi o quinto principal causador de mortes prematuras em todo o mundo: 4,9 milhões. Em Portugal, o problema

matou pelo menos 3540 pessoas. Os países em desenvolvimento são os mais afectados, mas os casos mais graves continuam a ser a China e a Índia” (<https://www.publico.pt/2019/04/04/ciencia/noticia/quase-dez-mortes-2017-causados-poluicao-atmosferica-1867924>).

E porque, na altura em que estou a redigir este prefácio, as notícias são sobre os grandes incêndios florestais que, de novo, voltaram ao Centro de Portugal, não posso deixar de referir o trabalho da Agência Lusa, publicado no Observador de 18 de junho de 2017, na sequência do incêndio florestal de Pedrógão Grande, registado no dia anterior e de triste memória, com o título: *Os incêndios que mais mataram no mundo*, dando conta de que aquele que mais vítimas mortais causou ter-se-á sido registado em 1871, nos Estados Unidos. “*O incêndio florestal mais mortífero parece ter sido o de outubro desse ano, em Peshtigo (Wisconsin), que causou entre 800 e 1 200 mortos, segundo as estimativas. O incêndio, que tinha deflagrado na floresta há uns dias, destruiu em algumas horas a localidade de 1 700 habitantes, bem como outras 16 vilas, numa área de mais de 500 000 hectares*” (<https://observador.pt/2017/06/18/os-incendios-que-mais-mataram-no-mundo/>). Depois, seguia-se a lista com o número de vítimas mortais provocados por outros grandes incêndios.

Como é sabido, em Portugal o ano com maior número de mortos foi o de 2017, num total de 121, sobretudo vítimas dos incêndios de 17 de junho e 15 de outubro, como refere a Sábado, um ano depois, a 16 de junho de 2018, num texto da Lusa com o título “*Está ‘tudo’ por fazer para que Pedrógão não regresse ao pré-incêndios*”. Entre outros aspetos, menciona expressamente:

“O incêndio que deflagrou há um ano em Pedrógão Grande (distrito de Leiria), em 17 de Junho, e alastrou a concelhos vizinhos provocou 66 mortos e cerca de 250 feridos.

As chamas, extintas uma semana depois, destruíram meio milhar de casas, 261 das quais habitações permanentes, e 50 empresas.

Em Outubro, os incêndios rurais que atingiram a região Centro fizeram 50 mortes, a que se somam outras cinco registadas noutros fogos, elevando para 121 o número total de mortos em 2017” (<https://www.sabado.pt/portugal/detalhe/esta-tudo-por-fazer-para-que-pedrogao-nao-regresse-ao-pre-incendios>).

Com efeito, os grandes incêndios florestais são um bom exemplo de catástrofes de origem mista, não tanto, felizmente, pelo número de mortos, mas sobretudo

pela destruição de diversos tipos de bens e haveres, bem como de extensas áreas de património florestal e, ainda, pelas graves consequências socioeconómicas e ambientais que acarretam *a posteriori*.

De facto, muitas das catástrofes que serão abordadas neste volume, não se traduzem diretamente num elevado número de mortos, mas antes fazem sentir os seus efeitos sobre o ambiente e, deste modo, indiretamente, sobre a população que, por vezes, só mais tarde acaba por ser afetada.

Porventura, as catástrofes mistas que permitem uma quantificação mais direta do número de mortos resultam da plena manifestação dos riscos biomédicos, também designados por riscos do foro infecto-contagioso, em resultado da atuação de microrganismos e parasitas, que podem ser transmitidos por vectores biológicos (vírus e bactérias), por ingestão de água e alimentos, por contágio de sangue contaminado e secreções orgânicas, por inalação e, ainda, por mais de que um dos mecanismos anteriores. Todavia, a conclusão deste capítulo foi mais demorada do que o inicialmente previsto e, para não atrasar mais a publicação deste volume, por opção dos autores foi decidido publicá-lo mais tarde, num outro tomo dedicado ao assunto.

Depois desta breve nota sobre algumas das consequências das catástrofes mistas, esperamos ter aguçado o apetite do leitor para não só se embrenhar nas páginas seguintes, onde estes temas serão tratados de forma mais profunda, mas também para se empenhar na investigação das catástrofes mistas, uma área científica que ainda carece de muita pesquisa.

Coimbra, 23 de julho de 2019

Luciano Lourenço

(Página deixada propositadamente em branco)

INTRODUÇÃO

Adélia Nunes

Departamento de Geografia e Turismo da Faculdade de Letras
CEGOT e RISCOS, Universidade de Coimbra, Portugal
ORCID: 0000-0003-3927-0748 adelia.nunes@ci.uc.pt

Os riscos mistos, de componente ambiental, associam-se a fenómeno potencialmente perigosos com causas combinadas, ou seja, para a sua manifestação concorrem condições naturais e/ou ações antrópicas. Resultam, assim, da combinação de ações continuadas da atividade humana com o funcionamento dos sistemas naturais, incluindo-se neste conjunto os incêndios florestais, a contaminação de cursos de água e aquíferos e a degradação e contaminação dos solos. Na terminologia sobre a Redução de Risco de Catástrofes do UNISDR emergem como riscos siconaturais, pois estão associados à combinação de factores naturais e antropogénicos, enfatizando a degradação ambiental e as mudanças climáticas. Acrescentam, ainda, que podem ser riscos químicos, naturais e biológicos, e resultar da degradação ambiental ou da poluição física ou química do ar, da água e do solo. No entanto, muitos dos processos e fenómenos que se enquadram nesta categoria podem ser, também, considerados “*driving forces*” de outros riscos como a degradação do solo, a desflorestação, a perda de biodiversidade, a salinização e o aumento do nível do mar.

Na obra que agora se apresenta analisam-se dois tipos principais de riscos: (i) os riscos mistos de componente atmosférica, quando, além do factor antrópico, se produzem no seio da atmosfera e os (ii) riscos mistos de componente geodinâmica, quando, além da ação antrópica, se relacionam com forças (geodinâmica interna) e processos (geodinâmica externa) que atuam sobre a Terra.

Nos riscos de componente atmosférica, no capítulo intitulado “*Riscos atmosféricos mistos*”, as autoras, Ana Monteiro e Helena Madureira, pretendem identificar algumas das ameaças provenientes da atmosfera que podem causar, direta ou indiretamente, perdas e danos severos para os seres humanos, assim como a sua distribuição planetária. Entre a multiplicidade de riscos que podem ser identificados, abordaram três com grande relevância científica e mediatismo social, associados às alterações na composição química da atmosfera, e dois menos valorizados nos

planos de prevenção, como a queda de meteoritos e os resultantes das pesquisas espaciais. A redução de espessura da camada de ozono, o agravamento do efeito de estufa e a poluição da atmosfera por terem sido identificados como ameaças severas, tanto os estímulos como as consequências têm sido descritos e bastante divulgados na sociedade. Concluem, todavia, que a valorização destes riscos ainda se encontra fortemente condicionada pela magnitude das consequências, diretas e imediatas, e pelo contexto social, económico e político dos alvos.

A abordagem aos Riscos Mistos de componente geodinâmica inicia-se como o capítulo “*Risco de sismicidade induzida*”, da autoria de Bruno Martins. De acordo com o Autor, a génese antrópica de sismos, em reservatórios, minas, campos de petróleo e gás e injeção de fluidos justificam-se, fundamentalmente, pelas mudanças de pressão introduzidas sobre a estrutura geológica, modificadoras das pressões neutras nas falhas, no volume, forças aplicadas e carga. Acrescenta, ainda, que a dimensão da estrutura influi no impacto sobre a área crustal, sugerindo que quanto maior for, maior será o risco de sismicidade.

Os capítulos subsequentes, relacionados com a erosão (geodinâmica externa), têm como denominador comum a água enquanto agente erosivo. A erosão assume, assim, diversas formas: pluvial, resultante das águas das chuvas; fluvial, causada pela água que flui nas linhas de água; costeira, consequência da ação das águas do mar; química, através da reação dos materiais minerais das rochas à água, levando a formação de novos minerais (argilas) e sais solúveis. O “*Risco de erosão hídrica do solo*”, da autoria de Adélia Nunes, sintetiza os tipos e os principais fatores que interferem na erosão hídrica em vertentes. Analisam-se alguns dos principais métodos usados na sua avaliação/monitorização, assim com as atividades antrópicas que mais têm contribuído para acelerar estes processos, bem como as respetivas consequências e algumas medidas de mitigação. Com efeito, a erosão por efeito da água da chuva constitui um dos principais processos de degradação da camada edáfica superficial, à escala global, ameaçando a produtividade agrícola do solo e a estabilidade económica e social de diversas regiões do globo. No capítulo seguinte, da mesma autora, intitulado “*Risco de erosão fluvial*” analisa-se a dinâmica fluvial, enfatizando-se os agentes e processos que atuam ao nível do escavamento, transporte e deposição de sedimentos. São também abordadas as principais formas resultantes, os fatores

intervenientes, alguns dos métodos utilizados na avaliação do transporte de sedimentos e na erosão lateral, assim como na sua proteção.

António Campar de Almeida, autor dos três capítulos que se seguem, debruça-se em primeiro lugar sobre os “*Riscos de erosão costeira*”, discutindo as condições naturais terrestres e marinhas mais favoráveis à ação dos processos perigosos, assim como o aumento da exposição humana a esses processos. São abordadas as dinâmicas próprias da costa de arriba e da costa arenosa baixa e são analisadas as medidas que têm sido tomadas para combater ou mitigar a erosão costeira e possíveis adaptações. No capítulo que intitula “*Risco de erosão química*”, o autor refere que os principais processos químicos que se verificam à superfície da crosta terrestre têm como principal interveniente a água, quer como meio de reação quer como reagente. Assim, entre os múltiplos processos que podem ocorrer, aborda a hidratação, a dissolução, a hidrólise, a oxidação e a redução. São, igualmente, analisados alguns dos efeitos mais evidentes da ação destes processos, quer na natureza quer em construções humanas. Problematisa, também, algumas das alterações que se verificarão, em termos da generalidade dos processos químicos, na sequência das mudanças climáticas previstas.

No capítulo, com o título “*Riscos de erosão eólica*”, também da autoria de António Campar de Almeida, o vento assume-se como agente erosivo, cujos modos de atuar sobre as rochas e de destruir ou construir geoformas são muito diferenciados. Assim, depois de analisar como atua o vento, apresenta o modo como modela a paisagem nas regiões áridas e como pode afetar os solos das regiões semiáridas. Por último, discute algumas das medidas usadas para minimizar os efeitos da erosão eólica, tanto em solos como em dunas, assim como as adaptações humanas a essa erosão.

Maria José Roxo e Carlos Russo Machado, no seu capítulo “*Desertificação*”, descrevem este processo como gradual, marcado pela perda de produtividade do solo e de diminuição da cobertura vegetal, em consequência da interação das atividades humanas com as condições ambientais marcadas por situações de seca e aridez. Analisam a sua dimensão planetária, os processos envolvidos, as consequências, a sua evolução e discutem o papel de organizações como as Nações Unidas e a União Europeia no combate à desertificação, identificando os mecanismos, instrumentos e estratégias adotadas para minimizar os seus efeitos. O “desaparecimento do Mar

de Aral” e o fenómeno da desertificação na Península Ibérica, constituem os estudos de caso. No final, são perentórios quanto à necessidade, perante um cenário em que as alterações climáticas são bem evidentes, dos governos e dos cidadãos, em todo o mundo, terem o conhecimento da dimensão, das causas, consequências e de algumas medidas de mitigação/adaptação aos processos de desertificação.

“*Riscos de salinização do solo*”, de Maria da Conceição Goncalves, José Casimiro Martins e Tiago Brito Ramos, e “*Riscos relacionados com intrusão salina*”, de Bruno Martins, abordam as questões da salinização, enquanto processos de degradação do solo e dos aquíferos, a nível mundial. Embora o problema de salinização do solo pareça limitado às zonas costeiras afetadas pelas marés (sapais) e a algumas áreas regadas no sul do País (Alentejo), o aumento do regadio e as perspectivas de mudanças climáticas para as próximas décadas, nomeadamente, o aumento das temperaturas e da concentração de sais solúveis na água de rega, podem levar a um acréscimo da área afetada em Portugal e a uma crescente degradação dos solos.

Por outro lado, a excessiva extração de água doce, devido à crescente pressão demográfica nas áreas costeiras, aliada a uma agricultura intensiva, exigentes em consumo de água, têm conduzido a uma penetração da água salgada para áreas mais continentais, responsável pela denominada intrusão salina em aquíferos. Os problemas relacionados com a intrusão salina são mundiais e têm-se agravado ao longo das últimas décadas, com consequências severas para o ambiente, as populações, a economia e a sociedade. De acordo com o autor, B. Martins, a diminuição do risco dependerá em boa parte das estratégias de redução das vulnerabilidades que passarão, necessariamente, por um planeamento e gestão global dos recursos hídricos objetivada num princípio de desenvolvimento sustentável.

O capítulo “*Riscos de poluição*”, de autoria de Carmén Ferreira, inicia-se com a discussão dos termos “poluição” *vs.* “contaminação”, concluindo que que um solo ou uma massa de água pode estar contaminado/a mas não poluído/a, todavia se estiver poluído/a está, obviamente, contaminado/a. Enfatizando os efeitos adversos da ação antrópica nestes dois recursos estratégicos, o solo e a água, dos quais depende o futuro da Humanidade, reforça a necessidade de um controlo da ocupação do solo urbano, das práticas agrícolas e industriais e o respeito pelo cumprimento da legislação relativa a estes recursos, tendo em conta a sua gestão baseada nos princípios de sustentabilidade.

O último dos capítulos desta obra, “*Riesgos de incendio forestal*”, da autoria de Miguel E. Castillo Soto, analisa a incidência geográfica dos incêndios florestais, numa perspetiva multiescalar, desde o global, com o intuito de definir macro zonas de ocorrência, ao particular, ou seja, através da análise de alguns exemplos de incêndios particularmente catastróficos, onde se incluem os incêndios de junho e outubro de 2017 em Portugal. Com efeito, entre os riscos mistos, os incêndios florestais têm merecido maior destaque sobretudo pela sua dimensão global, pelos impactes que provocam nas diferentes componentes da natureza e da sociedade. Apesar de fazerem parte da história da humanidade, os incêndios florestais representam, na atualidade, uma das mais importantes ameaças às funções e serviços dos ecossistemas, de que dependem o bem estar e a qualidade de vida da população.

(Página deixada propositadamente em branco)

**RISCOS MISTOS
DE COMPONENTE
GEODINÂMICA**

(Página deixada propositadamente em branco)

RISCOS DE POLUIÇÃO POLLUTION RISKS

Cármén Ferreira

Departamento de Geografia
CEGOT, Universidade do Porto, Portugal
ORCID: 0000-0002-8783-933X dra.carmenferreira@gmail.com

Sumário: Falarmos de poluição remete-nos, inevitavelmente, para uma breve discussão sobre os termos “poluição” *versus* “contaminação”. A sociedade civil está cada vez mais consciente dos efeitos adversos da poluição do solo e da água, recursos dos quais depende o futuro da Humanidade. Manter a qualidade destes recursos exige um controlo da ocupação do solo urbano, de práticas agrícolas e industriais e o respeito pelo cumprimento da legislação relativa a estes recursos, tendo em conta a sua gestão baseada nos princípios de sustentabilidade.

Palavras-chave: Poluição, contaminação, solo, águas, territórios de risco.

Abstract: Talking about pollution inevitably leads us to a brief discussion about "pollution" *versus* "contamination". Civil society is becoming increasingly aware of the adverse effects of soil and water pollution, resources on which the future of humanity depends. Maintaining the quality of these resources requires monitoring urban land use, controlling agricultural and industrial practices and complying with legislation on these resources, given that their management is based on the principles of sustainability.

Keywords: Pollution, contamination, soil, water, risk territories.

Introdução

Desde os finais do século XX, com o aparecimento da consciencialização ambiental na década de 70, que os problemas relativos à poluição ambiental ficaram na “agenda” de políticos, investigadores e população em geral. Em Portugal, tem-se verificado uma consciencialização crescente associada ao controlo da poluição dos solos e, por inerência, das reservas de água. Falarmos de poluição remete-nos, inevitavelmente, para uma breve discussão sobre os termos “poluição” *versus* “contaminação”. Muitas vezes utilizadas como sinónimos, estas duas palavras, têm, no entanto, diferenças subtis (B. Singh, 1997). Para haver contaminação ou poluição num determinado recurso natural, tem que existir um grau de concentração de uma qualquer substância ou energia superior às concentrações naturais dessa substância nesse recurso. A diferença entre estes dois conceitos reside na possibilidade, ou não, de essa mesma concentração elevada poder causar danos na saúde, na estrutura e no funcionamento dos organismos e dos ecossistemas. Assim, podemos referir que a existirem danos estamos perante um caso de poluição (M. Holgate, 1979) mas se não se verificarem danos, embora existindo concentrações excessivas, estamos perante uma situação de contaminação (B. Singh, 1997). Podemos dizer, então, que um solo ou uma água pode estar contaminado/a mas não poluído/a. Mas se estiver poluído/a está, obviamente, contaminado/a. Em qualquer dos casos, existe sempre a possibilidade de se intervir no sentido de se reverter estas situações, recuperando-se a qualidade dos recursos com técnicas específicas para cada uma das situações.

Na sequência desta distinção entre poluição e contaminação, urge também distinguir o que se entende por poluente e contaminante. De acordo com o atrás exposto, designaremos por poluente qualquer substância que se encontre fora do seu local habitual ou em concentração superior à normal para um determinado tipo de recurso, desde que tenha consequências negativas para algum organismo (A. Varennes, 2003). Neste sentido, Varennes (p.423) questiona-se se devemos designar como poluentes o ião nitrato ou os produtos fitofarmacêuticos que, quando aplicados no solo, podem beneficiar as culturas. Para o autor, o ião nitrato não será um poluente se, quando aplicado ao solo, este não for perdido em quantidades tais que provoquem problemas de eutrofização ou danos na saúde animal e humana.

Conhecer a origem da contaminação ou poluição, que pode ser pontual ou difusa, é também um fator importante para identificação dos agentes prevaricadores de forma a controlar e obrigar o cumprimento da legislação em vigor. Nem sempre será fácil identificar os *non-point source* (origem difusa) por envolverem áreas mais vastas, diversos proprietários e processos diversos.

A persistência e o tempo de residência dos contaminantes são duas características importantes para o controlo da contaminação. Enquanto a persistência está relacionada com “*o período de tempo durante o qual o contaminante se mantém inalterado no ambiente*” (A. Varennes, 2003, p. 423) e, isso, tem a ver com a sua resistência à decomposição, o tempo de residência corresponde ao “*período de tempo que um contaminante leva para se deslocar de um compartimento para o outro*” (A. Varennes, 2003, p. 424), citando como exemplos de compartimentos o solo, lençol freático, cursos de água e atmosfera.

Os países mais industrializados, com maiores densidades populacionais e, particularmente, as áreas urbanas, apresentam, normalmente, uma maior poluição dos solos. Os territórios de risco de poluição dos solos e das águas serão todos aqueles que, associados direta ou indiretamente a atividades humanas, se encontram suscetíveis aos danos causados por essa poluição.

A sociedade civil está cada vez mais consciente dos efeitos adversos da poluição do solo e da água, recursos dos quais depende o futuro da Humanidade. Manter a qualidade destes recursos exige um controlo de práticas agrícolas e industriais tendo em conta uma gestão baseada nos princípios de sustentabilidade.

Poluição do Solo

Os solos estão a tornar-se cada vez mais degradados física e quimicamente devido à erosão, exaustão e poluição. São as características próprias de um solo, como a sua capacidade de tampão, de filtro, de absorção e de recuperação rápida, que se transformam no seu pior inimigo. Muitos dos impactes dos diferentes usos do solo são evidenciados de forma indireta, por exemplo, na contaminação ou poluição das águas subterrâneas, e o aparecimento dos seus efeitos são lentos, quer ao nível da saúde pública quer ao nível dos ecossistemas (C. Ferreira, 2008).

A deposição atmosférica, o uso abusivo dos produtos fitofarmacêuticos, as perdas durante os processos industriais e a deposição imprópria de resíduos, são as maiores causas de poluição de um solo. Com exceção da acidificação, não se considera haver uma difusão da poluição nos solos europeus. No entanto, a poluição em áreas restritas (hot spots) é elevada podendo afetar milhares de pessoas em todo o Mundo (fig. 1).

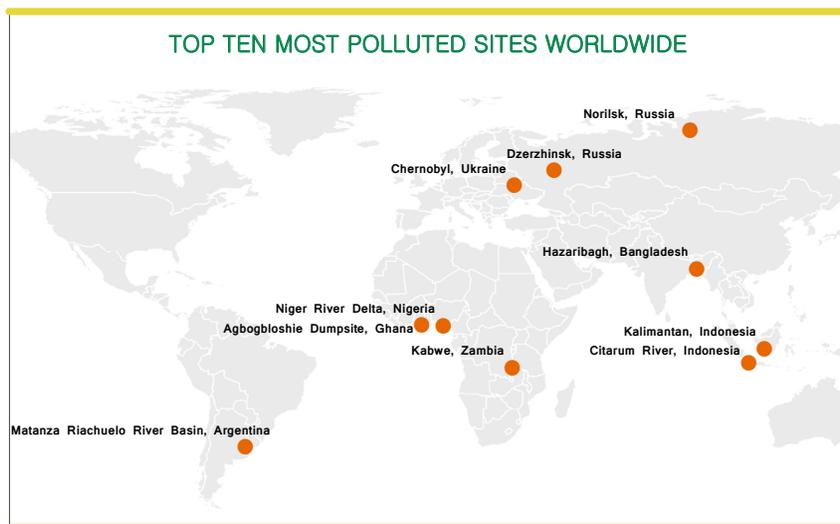


Fig. 1 - Os dez principais locais mais poluídos do Mundo
(Fonte: Blacksmith Institute and Green Cross Switzerland Report, 2013).

*Fig. 1 - The ten most polluted places in the world
(Source: Blacksmith Institute and Green Cross Switzerland Report, 2013).*

O Painel Técnico Intergovernamental de Solos (ITPS) identificou a poluição do solo como a terceira ameaça às funções do solo na Europa (FAO & ITPS, 2015).

Segundo o RECARE Project (2018), pode haver cerca de 2,5 milhões de locais potencialmente contaminados em toda a Europa, que precisam ser investigados. Destes, aproximadamente 14% (340.000 locais) deverão estar contaminados e provavelmente precisarão de remediação. Aproximadamente um terço desses locais contaminados foi já identificado e cerca de 15% foram remediados (RECARE Project, 2018).

Os solos possuem uma enorme variabilidade espacial e cada tipo de solo suporta funções diversas e regista diferentes suscetibilidades às diferentes pressões a que estão sujeitos.

É fundamental aprofundar o conhecimento sobre o seu funcionamento, conhecimento que pode servir de apoio à tomada de decisão sobre a atribuição deste recurso limitado aos múltiplos usos que o reclamam. A proteção do solo deve, pois, ser baseada no princípio da sua “multifuncionalidade”, ou seja, uma exploração ecologicamente sustentável pressupõe que as várias funções que um solo pode ter não devem ser reduzidas em resultado das diferentes atividades humanas (C. Ferreira, 2008).

A nível europeu, ainda não existe uma política organizada de proteção do solo tal como existe para a água. De facto, o que existe relativamente ao solo, é uma Proposta de Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho, que estabelece um Quadro de Proteção do Solo (Jornal Oficial da União Europeia, 2007) e que ainda espera aprovação por parte do poder executivo.

Em Portugal, em setembro de 2015 e coincidindo com o então considerado ano internacional dos solos, a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) apresentou um Projeto legislativo relativo à prevenção da contaminação e remediação dos solos (ProSolos). Este projeto legislativo, que esteve em consulta pública até novembro do mesmo ano e ainda não existe como lei, “*estabelece o regime jurídico da prevenção da contaminação e remediação dos solos, com vista à salvaguarda do ambiente e da saúde humana, fixando o processo de avaliação da qualidade e de remediação do solo, bem como a responsabilização pela sua contaminação, assente nos princípios do poluidor-pagador e da responsabilidade*” (ProSolos, 2015).

A atenção do público para este tipo de problemas tem aumentado, substancialmente, devido à maior informação prestada pelos *media*, autoridades públicas e organizações não governamentais (ONGs). A política ambiental começa, agora, a dedicar mais atenção à quantidade e qualidade dos solos que constituem uma parte essencial de numerosos ecossistemas.

Territórios de Risco

Os territórios de Risco relativos à poluição do solo são diversos, estão associados a diferentes tipos de atividades humanas e possuem diferentes escalas de análise. O

conhecimento de potenciais territórios de risco é de extrema importância para a defesa da sociedade e do meio ambiente. Nesta perspectiva, e dada a multiplicidade destes territórios, referenciam-se algumas atividades humanas que podem potencializar os riscos dos locais onde se encontram localizadas, por estarem associadas ao manuseamento de substâncias cujas características físico-químicas, biológicas e toxicológicas podem causar danos no solo e, conseqüentemente, na água subterrânea.

Solo dos centros urbanos

O solo dos centros urbanos encontra-se, permanentemente, sujeito a cargas elevadas de poluentes (metais pesados, óleos, hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos, halogenados voláteis, cloretos, sulfatos e nitratos) provenientes dos gases de combustão, desgaste dos sistemas de travagem e da estrutura metálica dos veículos automóveis.

As substâncias resultantes das fugas do sistema de drenagem das águas residuais podem conter metais pesados e moléculas orgânicas dificilmente biodegradáveis. Junto às principais vias rodoviárias e ferroviárias podem encontrar-se solos contaminados com metais pesados (chumbo (Pb), zinco (Zn), cobre (Cu), crómio (Cr) e níquel (Ni)) e outras substâncias (azoto (N), sulfuretos (S), fósforo (P), e cloretos (Cl)) que podem afetar uma faixa até 100 metros de largura para ambos os lados da via, os quais poderão ser mais ou menos significativos, consoante a intensidade do tráfego, tipo de viaturas, tipo de combustível, estado e sistema de drenagem das vias, etc. (A. Monteiro, 1997; Leitão, *et al.*, 2001) A contaminação do solo por derivados de petróleo, especialmente gasolina, é uma das situações mais comuns verificadas nos países desenvolvidos. A rede de distribuição e armazenamento de combustíveis está, de certo modo, associada à rede rodoviária. Existe um número elevado de depósitos de combustível enterrados, muitos dos quais bastante antigos e sem qualquer proteção à corrosão, que podem libertar substâncias para o solo envolvente, afetando a qualidade do ambiente nessa área (C. Jorge, 2001).

A gasolina é uma mistura de um elevado número de compostos químicos derivados do petróleo de entre os quais se destacam os hidrocarbonetos monoaromáticos, tais como o Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos, também conhecidos por BTEX. São estes principais compostos que servem de indicadores da presença de gasolina num solo pois são os constituintes mais solúveis e mais móveis da gasolina, sendo os primeiros a atingir o lençol freático (R. Melquiades *et al.*, 2006). Quando acontece um derrame de gasolina num solo este vai migrando no solo pela ação da gravidade, parte dele acumulando-se na porosidade dos solos na fase líquida, até atingir uma barreira geológica ou o nível freático que impeça a sua progressão no processo de infiltração. Neste caso, o produto derramado vai-se acumulando à superfície do tipo de barreira que impede a sua migração que, no caso desta se tratar de água subterrânea, pode o produto migrar até longas distâncias, sobretudo quando na sua fase gasosa ou volatilizado (C. Jorge, 2001). Estes compostos BTEX são assim adsorvidos, absorvidos e retidos na porosidade do solo, contaminando-o ou, *in extremis*, poluindo-o se as quantidades desses compostos excederem os seus valores limite, podendo causar efeitos nocivos no ecossistema local.

Segundo o Relatório nº 54, de 2016, do Departamento de Hidráulica e Ambiente do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), “*em Portugal não foram estabelecidos valores de referência sobre a qualidade dos solos, i.e. valores relativos a solos não poluídos. Situação idêntica acontece a nível da União Europeia, onde está a ser preparada uma Diretiva-Quadro de Solos, estando o processo em análise há vários anos*” (LNEC, 2016, p. 34). No entanto, e segundo o mesmo Relatório, existem “*valores limite de concentração de metais pesados nos solos recetores de matérias fertilizantes, em função do pH do solo [...]*”, valores esses determinados pelo Decreto-Lei n.º 103/2015, de 15 de Junho (TABELA I).

Resíduos urbanos

O destino a dar aos resíduos produzidos por uma sociedade sempre foi uma preocupação constante agravada pelo crescimento da população e, consequentemente, pelo

TABELA I - Valores máximos admissíveis dos teores «totais»* de metais pesados nos solos (reportados à matéria seca) em que se pretenda aplicar a matéria fertilizante (* Fração solúvel em água-régia).

TABLE I - Maximum permitted values of 'total' * content of heavy metals in soils (relating to dry matter) in which the fertilizer is to be applied (* Soluble fraction in aqua regia).

Elemento	Valores máximos admissíveis no solo (miligramas por quilograma)		
	5 ≤ pH < 6	6 ≤ pH < 7	pH ≥ 7
Cádmio (Cd)	0,5	1	1,5
Chumbo (Pb)	50	70	100
Cobre (Cu)	20	50	100
Crómio (Cr)	30	60	100
Mercúrio (Hg)	0,1	0,5	1
Níquel (Ni)	15	50	70
Zinco (Zn)	60	150	200

Fonte: Diário da República, 1ª série - N.º 114, Quadro n.º 8, Anexo II do Decreto-Lei n.º 103/2015, de 15 de junho, p. 3777.

Source: Diário da República, 1st series - No 114, Table no 8, Annex II of Decree-Law no 103/2015, of 15 June, page 3777).

aumento da produção de resíduos. Se nos países desenvolvidos é o incumprimento da legislação existente sobre gestão de resíduos que potencia a contaminação do solo e água subterrânea, nos países em vias de desenvolvimento é a falta dessa legislação baseada em critérios de sustentabilidade ambiental, a atratividade dos centros urbanos que promove um crescimento da população residente e uma maior produção de resíduos e a pobreza, que fazem com que muitas comunidades vivam rodeadas de lixeiras a céu aberto que vão poluindo o ambiente e afetando as condições de saúde das populações.

Uma prática comum neste tipo de lixeiras é a queima dos resíduos para diminuir o seu volume o que agrava os impactos ambientais com a emissão de gases poluentes para a atmosfera (fot. 1).

O lixo que aparece neste tipo de depósitos de resíduos também não sofre qualquer tipo de separação com vista ao seu reaproveitamento, pelo que os resíduos orgânicos se misturam com resíduos eletrónicos, hospitalares, de construção, industriais, etc. (fot. 2)

O aumento de resíduos eletrónicos é uma preocupação da Organização das Nações Unidas (ONU) que prevê para 2030 uma produção de cerca de 92500 ton/ano,



Fot. 1 - Lixeira da Penha em São Tomé (Fonte: <http://saotomelimpo.blogspot.com/2015/>).

Photo 1 - Waste dump at Penha in São Tomé (Source: <http://saotomelimpo.blogspot.com/2015/>).



Fot. 2 - Resíduos hospitalares numa lixeira em terreno baldio, em Cardoso Moreira, Estado do Rio de Janeiro - Brasil (Fotografia de Cármen Ferreira, 2015).

Photo 2 - Hospital waste in a dump site, on waste land, in Cardoso Moreira, Rio de Janeiro State – Brazil (Photography by Cármen Ferreira, 2015)

considerando apenas telefones móveis e fixos, televisão e computadores (A. Oliveira, *et al.*, 2015). Estes tipos de produtos possuem na sua composição metais pesados diversos tais como chumbo, níquel, cádmio, mercúrio, cobre e zinco, entre outros, metais esses que são corrosivos, reativos, tóxicos e de bioacumulação. Esses metais

pesados podem ser lixiviados infiltrando-se e contaminando o solo, lençol freático, fauna e a flora desses locais e podem também prejudicar a saúde da população (A. Oliveira, *et al.*, 2015).

O desabamento de uma montanha de lixo em Hulene, nos subúrbios de Maputo, que ocorreu em fevereiro de 2018, atingiu várias casas habitadas, matando 17 pessoas. A ausência de uma política de gestão de resíduos, a altura do lixo acumulado que seria superior a 50 metros e as condições atmosféricas adversas com precipitação intensa, foram as principais causas do colapso dessa lixeira. A lixeira de Hulene é a maior da capital Moçambicana e muitas famílias pobres de Hulene vivem dela. Problemas de saúde diversos associados à acumulação destes resíduos foram sentidos pela população local que não tinha alternativa para viver noutro local (fot. 3).



Fot. 3 - Lixeira de Hulene nos arredores de Maputo, Moçambique (Fonte: <https://expressodasilhas.cv/mundo/2018/02/19/desabamento-na-maior-lixreira-de-maputo-mata-12-pessoas/56712>).

Photo 3 - Hulene dump site in outskirts of Maputo, Moçambique (Source: <https://expressodasilhas.cv/mundo/2018/02/19/desabamento-na-maior-lixreira-de-maputo-mata-12-pessoas/56712>).

Tragédias como estas são frequentes em vários países em vias de desenvolvimento. Em março de 2017 era notícia, na Etiópia, mais propriamente no local conhecido por Koshe Garbage Landfill, nos arredores da capital Adis Abeba, o deslizamento de terras de uma lixeira que provocou mais de 50 mortos. Essa lixeira recebeu du-

rante 50 anos o lixo produzido na capital. Um mês depois, em abril de 2017, colapsou a lixeira de Meethotamulla, em Colombo, capital do Sri Lanka, onde morreram cerca de 30 pessoas e onde foram soterradas no lixo 145 casas (fot. 4).



Fot. 4 - Lixeira de Meethotamulla, em Colombo, capital do Sri Lanka
(Fonte: <https://seenthis.net/tag/poubelles>).

*Photo 4 - Meethotamulla dump site, in Colombo, capital of Sri Lanka
(Source: <https://seenthis.net/tag/poubelles>).*

Em Portugal, o Plano de encerramento das lixeiras ficou concluído em janeiro de 2002 e os resíduos sólidos urbanos são agora depositados em aterros sanitários que incluem um sistema de monitorização para prevenção da contaminação local.

No entanto, as lixeiras clandestinas ainda existem, sendo fonte de contaminação do solo e água subterrânea através dos lixiviados produzidos nos resíduos que são ricos em metais pesados, sais, orgânicos biodegradáveis e xenobióticos.

O Decreto-Lei nº 73/2011 de 17 de junho, refere-se ao regime geral da gestão de resíduos e transpõe a Diretiva nº 2008/98/CE, do parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de novembro relativa aos resíduos. O objetivo prioritário desta Lei é “reforçar a prevenção da produção de resíduos e fomentar a sua reutilização e recicla-

gem com vista a prolongar o seu uso na economia antes de os devolver em condições adequadas ao meio natural” (Decreto-Lei n.º 73/2011, 2011). De forma a contribuir para a reutilização e reciclagem de resíduos, a população conta com um conjunto de estruturas que permitem a deposição diferenciada de vários materiais antes dos mesmos chegarem aos Serviços de gestão de resíduos.

Em 2010, todos os sistemas de gestão de resíduos urbanos no território continental de Portugal, atingiram um grau de cobertura inferior a 500 habitantes por ecoponto, conforme objetivo definido no Plano Estratégico dos Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU), registando-se globalmente uma média de 265 habitantes servidos por ecoponto (Instituto Nacional de Estatística, 2010)

A 30 de Maio de 2018, o Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia, deliberou uma nova Diretiva (Diretiva (UE) 2018/851 de 30 de Maio, 2018) que altera a Diretiva 2008/98/CE relativa aos resíduos, e cujo objetivo principal é que *“A gestão de resíduos na União deverá ser melhorada e transformada em gestão sustentável dos materiais, a fim de proteger, preservar e melhorar a qualidade do ambiente, proteger a saúde humana, assegurar uma utilização prudente, eficiente e racional dos recursos naturais, promover os princípios da economia circular, reforçar a utilização da energia renovável, aumentar a eficiência energética, reduzir a dependência da União de recursos importados, proporcionar novas oportunidades económicas e contribuir para a competitividade a longo prazo”* (Diretiva (UE) 2018/851 de 30 de Maio, 2018). Aguarda-se, ainda, uma nova transposição desta alteração à lei relativa aos resíduos para a legislação nacional.

Produtos fitofarmacêuticos

São várias as definições de produtos fitofarmacêuticos, umas mais complexas do que outras mas, simplificando, poderemos dizer que um produto fitofarmacêutico é um produto químico utilizada para combater e evitar pragas e doenças de plantas e culturas agrícolas, ou, numa definição um pouco mais trabalhada por J. Simões (2005, p. 10), *“são produtos destinados à defesa das plantas e da produção agrícola, com*

excepção de adubos e correctivos; na sua composição entra uma ou mais substâncias activas responsáveis pela prevenção ou controlo dos inimigos ou organismos nocivos; podem ter várias designações, consoante os inimigos que combatem". Refere o mesmo autor que este tipo de produtos foram durante anos designados por pesticidas, termo ainda hoje utilizado numa linguagem popular e que carrega uma carga negativa não compatível com muitos dos produtos da nova geração que hoje se utilizam. Há ainda quem se refira a este tipo de produtos como Agroquímicos e Biocidas que, de acordo com J. Simões (2005), são terminologias imprecisas e pouco rigorosas ou desajustadas. Cada produto fitofarmacêutico possui uma ou mais substâncias ativas que são responsáveis pelo seu comportamento biológico. Para além destas substâncias, possui também as outras designadas como formulantes e que estão associadas às características e propriedades (solubilidade; viscosidade; poder absorvente, etc.) do produto formulado ou seja, o produto resultante da associação destes dois tipos de substâncias (J. Simões, 2005). Para além dos benefícios que a utilização destes produtos possa trazer para a atividade agrícola, não deverá ser desprezado o risco que estes mesmos produtos representam para o homem e restantes seres vivos, plantas ou animais, risco esse que dependerá da sua toxicidade e da maior ou menor exposição a que pessoas e organismos vivos estão sujeitos quando se utiliza ou manipula este tipo de produtos. A minimização deste risco deverá ser gerida de forma a evitar impactes negativos destes produtos fitofarmacêuticos quer na saúde humana e animal quer no meio ambiente.

A utilização dos produtos fitofarmacêuticos, que surgiram em força nas décadas de 60 a 80 quer na Europa quer em Portugal, estão atualmente com uma tendência decrescente na sua aplicação devido, não só, à maior informação e consciencialização ambiental das pessoas que não se querem sujeitar aos riscos associados à sua utilização, mas também a uma maior regularização do seu uso pelas instituições europeias e estados membros. Em Portugal, segundo dados do Instituto Nacional de Estatística (Instituto Nacional de Estatística, 2018), as quantidades vendidas de produtos fitofarmacêuticos (fungicida; herbicida; inseticida e acaricida; e outros) por superfície agrícola utilizada (substância ativa - kg/ha) por ano, decresceu de 3,91 Kg/ha no início deste século, para 2,76 kg/ha no ano 2016 (fig. 2). O decréscimo observado de 29,5% não foi linear. O ano de 2008 foi aquele que teve o maior aumento de utilização de produtos fitofarmacêuticos, na ordem dos 4,58 kg/ha.

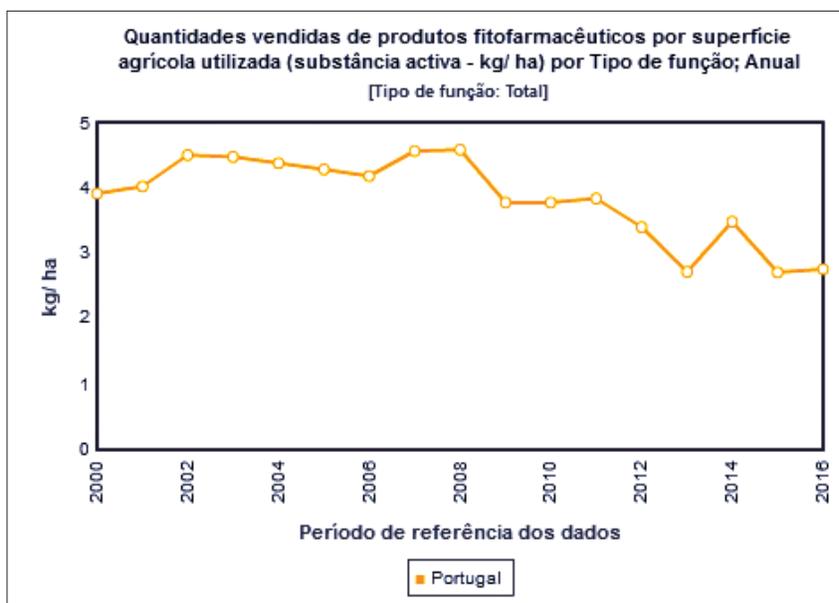


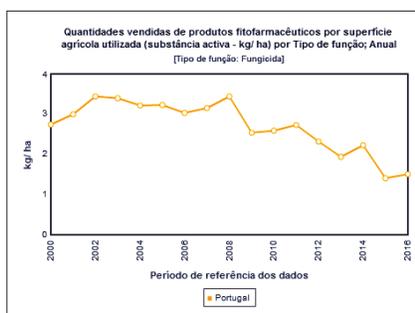
Fig. 2 - Quantidades vendidas de produtos fitofarmacêuticos (total) por superfície agrícola utilizada (substância activa – Kg/ha), por ano
(Fonte: INE, Estatísticas dos indicadores agro-ambientais, 2018).

*Fig. 2 - Quantities of plant protection products (total) sold by utilized agricultural area (active substance – kg/ha), per year
(Source: INE, Estatísticas dos indicadores agro-ambientais, 2018).*

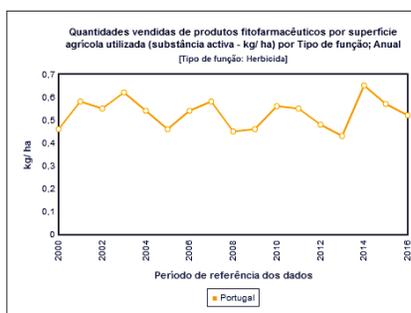
De todos os produtos fitofarmacêuticos referenciados nas estatísticas portuguesas (fig. 3), destacam-se os maiores valores de venda de fungicidas (A) quando comparados com os herbicidas (B); inseticidas e acaricidas (C) e outros (D). Refira-se, no entanto, que houve um decréscimo de cerca de 45% na venda dos fungicidas de 2000 (2,74 kg/ha) para 2016 (1,51 Kg/ha).

Existem em Portugal valores limite de concentração de metais pesados nos solos recetores de matérias fertilizantes, em função do pH do solo, conforme apresentado na TABELA I.

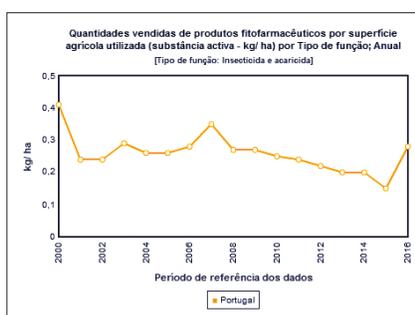
Atualmente, as exigências da União Europeia relativas à homologação dos produtos fitofarmacêuticos estão harmonizadas entre os Estados membros e são extremamente exigentes relativamente à área onde são aplicados e impactes causados no ambiente; à segurança do utilizador; aos limites máximos de resíduos e aos efeitos em antrópodes úteis.



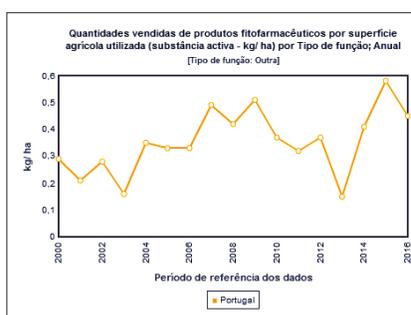
A – Fungicida/*Fungicide*



B – Herbicida/*Herbicide*



C - Inseticida e acaricida/*Insecticide and Acaricide*



D - Outros/*Others*

Fig. 3 – Quantidades vendidas de produtos fitofarmacêuticos por superfície agrícola utilizada (substância activa – Kg/ha) por tipo de função e anual (Fonte: INE, Estatísticas dos indicadores agro-ambientais, 2018).

Fig. 3 - Quantities of plant protection products sold by utilized agricultural area (active substance - kg/ha) per function, yearly (Source: INE, Agri-environmental indicators statistics, 2018).

Indústrias de Mineração

Nas áreas de mineração e processamento de minério existem sempre grandes volumes de resíduos e lagoas carregadas de poluentes como o mercúrio, chumbo, cádmio, etc. O desenvolvimento de novas tecnologias fez diminuir a poluição originada por este tipo de indústria, no entanto, nem sempre este tipo de empresas utiliza tecnologia limpa e práticas responsáveis que conduzem à poluição dos solos e águas que existem junto a estes locais.

Em novembro de 2015 ocorreu a tragédia de Mariana, município brasileiro do estado de Minas Gerais, devido ao colapso da barragem de resíduos de mineração do Fundão, controlada pela empresa Samarco Mineração S. A., situada no distrito de Bento Rodrigues, que ficou completamente destruído pelas lamas provenientes da extração do minério de ferro com origem nas diversas minas da região. Este desastre ambiental onde foram vazados 62 milhões de metros cúbicos de resíduos, foi considerado aquele que causou maior impacto ambiental no Brasil e o maior do Mundo envolvendo barragem de resíduos (fot. 5).



Fot. 5 - Desastre ambiental provocado pelo colapso da barragem de mineração do Fundão, no município de Mariana, Minas Gerais, Brasil (Fonte: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-12/onu-resposta-ao-desastre-de-mariana-tem-que-ser-mais-ativa>).

Photo 5 - Environmental Disaster caused by the collapse of the Fundão tailings dam, in Mariana, Minas Gerais, Brazil (Source: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-12/onu-resposta-ao-desastre-de-mariana-tem-que-ser-mais-ativa>).

Para além da destruição do distrito de Bento Rodrigues, as lamas chegaram à bacia hidrográfica do rio Doce que abrange 230 municípios dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Os impactos ambientais causados por este desastre foram di-

versos e muito graves e continuarão a verificar-se no mar, devido à deposição desses resíduos, por cerca de 100 anos (F. Lacaz, *et al.*, 2017). No Brasil, nos dezoito anos deste século, ocorreram desastres ambientais deste tipo nos anos de 2001 - colapso da barragem da mineração Rio Verde, em Nova Lima (MG), causando a morte de cinco operários; 2003 - colapso da barragem da Indústria Cataguases de Papel, em Minas Gerais, que atingiu os rios Pomba e Paraíba do Sul, deixando 600 mil pessoas sem água; 2007 - colapso da barragem da mineradora Rio Pomba, Cataguases, em Miráí, espalhando cerca de 2 milhões de m³ de resíduos, desalojando mais de 4 mil moradores e afetando quatro municípios; 2008 - falha no vertedouro da barragem da Companhia Siderúrgica Nacional inundou de lama parte da cidade de Congonhas (MG), desalojando quarenta famílias; 2014 - colapso da barragem de resíduos da Herculano Mineração, em Itabirito (MG), atingindo vários cursos de água da região e matando três trabalhadores da empresa e 2015 - colapso da barragem de resíduos do Fundão, o que maior impacte ambiental causou de todos os que aconteceram neste século, no Brasil e no Mundo (F. Lacaz, *et al.*, 2017).

Em 2018 registaram-se já quatro acidentes em barragens de mineração. Um em fevereiro em Barcarena, Pará, Brasil, numa mina de exploração de bauxite, onde se verificou o transbordo de lamas vermelhas da bacia de retenção devido a fortes chuvadas. Líquidos altamente alcalinos e carregados de metal inundaram as áreas residenciais vizinhas, inutilizando o abastecimento de água potável nessa área, apesar da empresa negar a ocorrência de algum transbordo de lamas. Em março do mesmo ano, verificaram-se quer na Austrália (Cadia, New South Wales), quer no Peru (na região de Ancash) dois incidentes, respetivamente, uma falha na barragem de resíduos, um dia após dois terremotos de magnitude 2,7 terem sido registados na área que provocaram perda de resíduo de uma barragem a norte tendo sido retidos numa outra barragem mais a sul, e um colapso de um aterro na barragem de resíduos após chuva intensa que contaminou culturas e as águas do ribeiro Sipchoc e do rio Santa. Em junho de 2018, na mina de Cieneguita onde se faz a exploração de ouro e prata, em Urique, cidade do estado de Chihuahua, no México, ocorreu uma falha na barragem de resíduos que libertou lamas que se deslocaram ao longo de 29 Km para jusante da barragem, tendo sido a maior parte das lamas depositada ao longo do curso do rio Cañitas. Neste incidente três trabalhadores morreram, dois ficaram feridos e quatro estão desaparecidos.

As falhas e colapso das barragens de mineração ocorrem muitas vezes, devido a projetos mal elaborados, supervisão deficiente e negligência na fase de construção, falta de manutenção da obra no decorrer dos anos e, em alguns casos, o abandono da barragem após a sua inativação (G. Sabbo, *et al.*, 2017).

A área da Faixa Piritosa Ibérica, que se estende desde Lousal, concelho de Grândola, distrito de Setúbal, até Aznalcóllar em Espanha, contém uma das maiores concentrações de depósitos de sulfetos maciços. É no extremo noroeste desta Faixa Piritosa que se encontram, para além da mina do Lousal, as minas de Canal Caveira, Aljustrel, Neves Corvo e São Domingos. Os solos e cursos de água das áreas envolventes destas minas são contaminados com elevadas concentrações de metais como o arsénio (As); cobre (Cu); ferro (Fe); chumbo (Pb); antimónio (Sb); cádmio (Cd); manganês (Mn) e zinco (Zn), atingindo elevados valores de toxicidade (M. Ribeiro, 2013). As águas destas áreas são afetadas pela drenagem ácida, apresentando valores de pH baixos entre 1,5 a 3,5 (M. Ribeiro, 2013). A exploração do urânio em Portugal (Mina da Urgeiriça) criou um passivo ambiental que está longe de ser resolvido. A população encontra-se exposta a radiações ionizantes sobretudo provenientes das escombrelas onde se acumulam os resíduos desta exploração, também fonte de poeiras radioativas que se dispersam na atmosfera (M. Ribeiro, 2013). Desde 2001 que a Empresa de Desenvolvimento Mineiro (EDM) ficou com a tarefa de realizar a intervenção ambiental nas antigas explorações mineiras portuguesas, mas até 2017 tinham sido tratadas apenas 56% das minas. Faltam ainda 20 das 61 minas que representam risco ambiental, num calendário de trabalhos que a empresa prevê até 2022 (Público, 2018).

Outras indústrias

A indústria é um importante setor para o desenvolvimento das sociedades, no entanto, tal como qualquer outra atividade humana, é responsável por danos causados no ambiente e na saúde humana. Nem todas as indústrias possuem o mesmo potencial para causar contaminação e/ou poluição nos recursos naturais solo e água e, para além do seu tipo, há que salientar o grau de cumprimento que essa atividade industrial tem para com a legislação ambiental em vigor.

Nas indústrias de tinturaria, a utilização de corantes artificiais para adição a determinados produtos como o plástico, tintas, papel e têxteis, entre outros, são cada vez mais utilizados em detrimento do uso de corantes naturais, devido à maior riqueza da sua cor e durabilidade. No processo de fabrico deste tipo de corantes utilizam-se numerosos produtos químicos tais como o cobre, crómio, ácido sulfúrico, entre outros. Os resíduos procedentes deste tipo de indústrias estão fortemente carregados com estes produtos químicos, muitos dos quais prejudiciais à saúde humana. Apesar de existir legislação para este tipo de indústrias na utilização destes produtos químicos e respetivos resíduos, o incumprimento da mesma é uma realidade.

O crescimento económico que se verificou nas últimas décadas promoveu o crescimento do consumo da população que, por sua vez, promoveu o aumento do número de indústrias de manufatura que foram surgindo por todos os lugares. O incumprimento das normas ambientais neste tipo de unidades fabris bem como a falta de monitorização das mesmas, aumenta o risco de poluição dos solos e das águas através dos seus resíduos e efluentes nas áreas circundantes destas indústrias. Todos os anos os *media* nos relatam casos por todo o país e pelo mundo deste tipo de situações.

No processo de produção de couro é utilizado uma grande variedade de produtos químicos que são altamente prejudiciais para a saúde humana de quem os manipula. Práticas industriais irresponsáveis conduzem, frequentemente, à contaminação do meio ambiente com substâncias químicas nocivas.

Quando, de uma forma geral, falamos da indústria química, referimo-nos à produção de uma ampla gama de produtos químicos como plásticos, tintas, explosivos, produtos farmacêuticos, petroquímicos e outros. Os volumes significativos de resíduos tóxicos e subprodutos gerados durante a produção e práticas irresponsáveis, podem colocar em riscos a saúde das pessoas que vivem perto destes locais de produção bem como a qualidade ambiental destas áreas.

Resíduos industriais e municipais contribuem mais para a contaminação do solo (37%), seguidos pelo setor industrial/comercial (33%) (fig. 4). O petróleo e seus derivados bem como os metais pesados, são os principais contaminantes, contribuindo com cerca de 60% para a contaminação do solo. Em termos orçamentais, estima-se que a gestão de locais contaminados custe cerca de 6 mil milhões de euros (€) por ano (RE CARE Project, 2018).

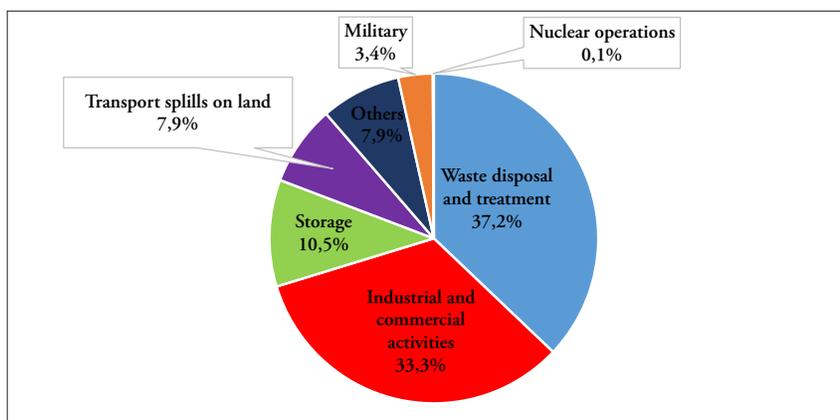


Fig. 4 - Principais fontes de contaminação de um solo na Europa

(Fonte: adaptado de Panagos, *et al.*, 2013).

Fig. 4 - Main sources of soil contamination in Europe

(Source: adapted from Panagos, *et al.*, 2013).

Ações de remediação dos solos em Portugal

A primeira grande ação de remediação de locais contaminados em Portugal, ocorreu em 1994, nos terrenos do atual Parque das Nações, com vista à reconversão de toda a área onde viria a ter lugar a Exposição Mundial de 1998 (EXPO 98). Nessa área existia uma refinaria de petróleo com respetivos parques de armazenamento de combustível, uma fábrica de ácido sulfúrico, uma unidade de cracking, um aterro sanitário e um matadouro (Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, 2002). Á época não existiam critérios de definição do grau de contaminação de solos por não existirem normas nacionais de aplicação a solos. Esta ausência normativa nacional foi problemática e permitiu que, eventualmente, as escolhas em termos de soluções adotadas pudessem ser escolhidas por critérios apenas de *timing* para a concretização do Projeto EXPO 98 e não por soluções que poderiam apresentar maior eficácia. Diga-se, no entanto, que na ausência de normas nacionais, foi utilizada como critério de referência a Norma de Ontário quer para definir a qualidade do solo quer a qualidade das águas subterrâneas (M. Ribeiro, 2013).

Nos terrenos da parte sul do atual Parque das Nações em Lisboa existiram, desde a década de 40, companhias petrolíferas que aí se instalaram e contaminaram os solos com hidrocarbonetos. Quando esses terrenos foram escolhidos para acolher a Expo 98, foi necessário proceder a uma requalificação urbana e ambiental. Estudos elaborados à época detetaram valores de hidrocarbonetos superiores aos valores normais para a função residencial. Tornou-se necessário proceder a uma descontaminação desse solo, que, por ser argiloso e de reduzida permeabilidade, serviu de barreira à migração dos contaminantes para horizontes mais profundos do solo. Os solos estavam contaminados até 2 metros de profundidade. Esses solos foram removidos do local e foram depositados no Aterro Sanitário de Beirolas, situado na parte norte do atual Parque das Nações, como material de enchimento necessário à suavização e estabilização de taludes do aterro sanitário, mas em células confinadas de modo a garantir o seu isolamento. A solução que foi adotada para a descontaminação do solo foi escolhida considerando apenas os prazos disponíveis para a limpeza dos terrenos, sendo esta a solução mais rápida relativamente à utilização de técnicas de bioremediação ou dessorção térmica. Nesta grande obra do final do século, foi também utilizada uma Estação de Tratamento de Águas Residuais móvel, utilizada durante o processo de escavação dos terrenos, que permitiu a descontaminação das águas subterrâneas dos produtos associados às petrolíferas. Quanto ao Aterro Sanitário de Beirolas, que existia para receber os resíduos sólidos produzidos na cidade de Lisboa, a sua sobreexploração provocou deficiências no funcionamento dos sistemas de drenagem de lixiviados e biogás, bem como a instabilidade dos taludes do aterro que era urgente remediar. A solução para estes problemas foi, assim, utilizar os solos contaminados dos locais onde estavam instaladas as petrolíferas, armazenados em células confinadas, para suavizar os taludes do aterro; fazer a extração dos lixiviados do interior do aterro para serem tratados em locais apropriados; extração do biogás e seu tratamento por queima; isolamento dos resíduos depositados com a utilização de uma membrana impermeabilizante; instalação de um sistema de drenagem de águas superficiais e a instalação de terra vegetal na superfície do aterro que proporcionaria o crescimento da vegetação. A necessidade de limpar rapidamente os solos das petrolíferas aí instaladas, foi determinante para a escolha de todas estas soluções adotadas na recuperação dos solos desta, agora, área nobre da cidade de Lisboa (Portal das Nações, s.d.).

O Complexo Químico de Estarreja (CQE) foi sempre um local de grande preocupação em termos de passivo ambiental. Com o objetivo de eliminar o passivo do Complexo Químico, o Projeto ERASE iniciado em 1994 e desenvolvido pela ERASE - Agrupamento para a Regeneração Ambiental das Águas Subterrâneas e Solos de Estarreja, ACE, foi e continua a ser um marco nos estudos de remediação de solos e águas subterrâneas associados a locais industriais. Em 2003, o ERASE foi responsável pela construção de uma Estrutura de Confinamento (EC) dos resíduos e solos contaminados acumulados em 50 anos de atividade da indústria química pesada, que entrou em pleno funcionamento em 2005. Essa estrutura permitiu que se eliminassem as fontes de contaminação, por lixiviação natural, dos cerca de 300 mil m³ de resíduos provenientes das antigas unidades fabris da Quimigal e Uniteca que estavam depositados a céu aberto no CQE (Ribeiro M., 2013). Mais tarde, em 2015, a ERASE dá início a um novo projeto de “Remediação ambiental da Vala Hidráulica na envolvente do Complexo Químico de Estarreja (CQE), incluindo estrutura de confinamento (aterro) para os solos contaminados a serem removidos da vala de S. Filipe”. Este projeto tem como objetivo resolver o problema da contaminação na vala hidráulica de São Filipe que, no passado, foi utilizada para a descarga de efluentes líquidos provenientes do CQE. (M. Ribeiro, 2013)

A Metalimex, indústria de comércio de metais e minerais, importou da Suíça, entre 1987 e 1988, 43000 toneladas de escórias de alumínio altamente tóxicas que foram depositadas a céu aberto, no terreno da própria empresa, em Vale da Rosa, no distrito de Setúbal. Estas escórias permaneceram nos terrenos durante 10 anos, mesmo após o encerramento da empresa. A operação de remoção destes resíduos foi acordada entre Portugal e Suíça tendo sido concluída em 1998. (M. Ribeiro, 2013)

Em Portugal vão sendo identificadas situações de degradação, contaminação e poluição dos solos e águas subterrâneas, relacionados com a atividade urbana e industrial, que constituem um passivo ambiental grave que urge resolver tendo em conta os potenciais riscos para a saúde pública e ecossistemas. A inventariação destas situações é complexa e muitas vezes difícil, pela inexistência de dados que conduzam ao seu reconhecimento. A legislação portuguesa é ainda deficitária no que diz respeito ao normativo referente à proteção do solo. O Projeto legislativo relativo à prevenção da contaminação e remediação dos solos (ProSolos, 2015) tem sido discutido, mas ainda não foi aprovado. O maior desafio deste projeto legislativo é o

de suprir uma importante lacuna no quadro legislativo nacional para a proteção dos solos. É necessário um maior compromisso e uma maior intervenção das entidades governamentais responsáveis pela identificação de situações de passivo ambiental para que se promova um desenvolvimento sustentado e sustentável.

Poluição das Águas

As águas subterrâneas, representando mais de 95% das reservas de água doce que podem ser exploradas no mundo, são um recurso natural imprescindível para a vida na Terra. Constituem uma componente fundamental no abastecimento público na medida em que mais de metade da população mundial depende das águas subterrâneas (L. Ribeiro, 2001). Sendo uma das componentes do ciclo hidrológico, podem ser seriamente afetadas pelas ações antropogénicas que se refletem no sistema hidrogeológico.

A sobreexploração de aquíferos situados perto de áreas costeiras podem conduzir à salinização dos mesmos. Segundo C. Fetter (2014), quando o caudal extraído do aquífero é maior do que a recarga que o aquífero recebe, este deixa de descarregar água doce no mar e ocorre a intrusão salina. O aumento dos níveis de salinidade destes recursos hídricos subterrâneos, torna a sua água imprópria quer para consumo humano, quer para a rega dos solos. Está, portanto, poluída. Os impactes na saúde humana do consumo desta água com elevado teor de sódio, está associado ao aumento da pressão arterial e mortalidade por doenças cardiovasculares. Se aplicada em rega de solos, tornará, a prazo, os solos inférteis por acumulação dos sais à superfície devido aos fenómenos de evaporação da água do solo.

Entre as várias ameaças de poluição das águas subterrâneas, destacam-se o uso intensivo de fertilizantes (material sintético), adubos (material orgânico) e produtos fitofarmacêuticos sintéticos de combate às pragas, que se utilizam, sobretudo, nas atividades agrícolas; as fossas sépticas e a deposição dos dejetos dos animais associados a atividades de agropecuária que, por lixiviação, podem contaminar e poluir as águas com coliformes fecais e a deposição de resíduos industriais, em terrenos muito suscetíveis, que podem ser dissolvidos e arrastados pelas águas de infiltração até aos níveis freáticos, podendo degradar a qualidade da água com concentrações excessivas

de poluentes como, por exemplo, chumbo, cobre, zinco e outros, de acordo com o tipo de material depositado (L. Ribeiro, 2001) e (R. Pinto-Coelho, K. Havens, 2015).

O fósforo é um componente comum de fertilizantes minerais e orgânicos, porque aumenta a produtividade das culturas. No entanto, uma grande parte do fósforo aplicado como fertilizante não é absorvida pelas plantas e acumula-se no solo ou nas águas subterrâneas e em rios, lagos e mares costeiros (M. Mekonnen, 2018). A carga antropogénica global de fósforo (P) para sistemas de água doce de fontes difusas e pontuais é estimada em 1,5 Tg/ano (Teragrama/ano). Mais da metade dessa carga total ocorreu na Ásia, seguida pela Europa (19%) e América Latina e Caribe (13%). O setor doméstico contribuiu com 54% para o total, a agricultura com 38% e a indústria com 8% (Mekonnen, 2018).

De uma forma geral, na opinião de L. Ribeiro (2001), não existe uma forma satisfatória de representar a suscetibilidade dos aquíferos à poluição pois torna-se difícil, sobretudo num mapa de pequena escala, a representação de todas as situações geológicas, hidrológicas, hidroquímicas, entre outras, que poderão exercer algum controlo sobre o comportamento dos poluentes. Segundo o autor, cada grupo de poluentes é afetado por diversos fatores associados às diferentes características dos aquíferos. No entanto, são utilizados diversos índices, tais como, o índice AVI (Aquifer Vulnerability Index), o índice DRASTIC (Depth to water; Recharge; Aquifer media; Soil media; Topography; Impact of vadose zone; Hydraulic Conductivity) ou o Índice baseado na classificação litológica dos aquíferos, entre outros.

As águas subterrâneas, apesar de melhor protegidas do que as águas superficiais contra a contaminação e poluição devido ao efeito de tampão do solo e às características autodepuradoras dos sistemas aquíferos, podem gerar processos irreversíveis que muito dificultam a sua posterior descontaminação ou despoluição.

Territórios de risco

Os resíduos e os escoamentos provenientes das indústrias são as fontes mais comuns de contaminação e ou poluição dos rios. Rios extremamente poluídos podem ser encontrados em todo o mundo, sobretudo nos países em vias de desenvolvimen-

to, embora cada vez mais se assista a um maior esforço de reabilitação e despoluição dos cursos de água. Segundo o World Atlas (s.d.), o rio Sarno (Itália) é considerado o rio mais poluído da Europa. Este rio nasce no Monte Sarno, que lhe dá o nome, e desagua na baía de Nápoles. Se a montante este rio se apresenta limpo, a jusante, após confluência com dois dos seus tributários, o rio Solofrana e o rio Cavaoila, o seu nível de poluição aumenta devido a resíduos químicos provenientes de despejos de resíduos industriais e agrícolas no rio.

O rio Citarum, na Indonésia, é conhecido por ser um dos rios mais poluídos do Mundo. Nasce nas montanhas de Wayang e desagua no mar de Java. Um dos maiores problemas deste curso de água é a grande concentração de plásticos lançados para o rio que, em alguns casos, cobre praticamente toda a sua superfície (fot. 6).



Fot. 6 - Rio Citarum, Indonésia, grande concentração de plásticos cobrindo a sua superfície (Fonte: <https://guiaecologico.wordpress.com/2017/08/25/um-dos-rios-mais-poluidos-do-mundo-o-rio-citarum-na-indonesia>).

Photo 6 - Citarum River, Indonesia, high concentration of plastics covering its surface (Source: <https://guiaecologico.wordpress.com/2017/08/25/um-dos-rios-mais-poluidos-do-mundo-o-rio-citarum-na-indonesia>).

Para além das elevadas concentrações de plásticos, também as concentrações de mercúrio, chumbo, arsénio e materiais fecais encontradas no rio, colocam em risco a saúde de cerca de 5 milhões de habitantes que vivem na região. As doenças de pele e inflamações respiratórias provocadas por inalação de contaminantes são alguns

dos problemas de saúde que a população enfrenta. São cerca de 280 toneladas de resíduos industriais que se despejam no rio diariamente. Apesar de ser um rio extremamente importante para a economia do país por ser fonte de energia hidroelétrica para a ilha de Java e Bali e por dele se retirar água para irrigação de campos agrícolas, ainda não se conseguiu alcançar o objetivo da sua despoluição que se prevê para 2025 (<https://www.kienyke.com/tendencias/medio-ambiente/rio-citarum-el-rio-mas-contaminado-del-mundo>).

A Agência Europeia do Ambiente/European Environment Agency (AEA/EEA) elaborou em 2018 o Relatório “European waters: Assessment of status and pressures 2018”, constatando que a maioria das águas não cumpre com os padrões ecológicos mínimos para evitar a degradação do habitat e a poluição. Dos diferentes corpos de água reconhecidos pela Diretiva Quadro da Água (DQA) em toda a Europa, as águas subterrâneas geralmente apresentam um melhor estado. Segundo o Relatório citado, cerca de 40% das águas superficiais (rios, lagos e águas de transição e costeiras) estão em bom estado ecológico ou potencial, e apenas 38% estão em bom estado químico. Na maioria dos Estados-Membros, o mercúrio é uma das substâncias responsáveis pela fraca qualidade química das águas superficiais. A poluição das águas superficiais provém da atividade agrícola, industrial e doméstica. Constatou-se que houve uma ligeira melhoria da qualidade da água relativamente a 2010 mas essa melhoria não é ainda suficiente. O relatório refere que tendo em conta a Diretiva Quadro da Água, que entrou em vigor em 2000, a maioria dos países da União Europeia (UE) falhou com o cumprimento dos objetivos desta Diretiva. No contexto dos países da UE, Portugal regista uma das percentagens mais elevadas em termos de qualidade das águas (Agência Europeia do Ambiente/*European Environment Agency*, 2018).

Em Portugal, os casos mais recentes e mediáticos relativos à poluição dos rios estão associados ao rio Tejo, embora se possam encontrar situações pontuais em outros cursos de água. Segundo P. Teiga (2018), apesar de se ter notado na última década um maior investimento na construção de Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), acontece, por vezes, serem essas mesmas estruturas as responsáveis pela descarga de poluentes nos rios. O autor refere ainda que muitas das ETAR(s) e sistemas de tratamento não conseguem dar garantia de sucesso no tratamento das águas (P. Teiga, 2018).

Nos dados da Agência Portuguesa do Ambiente (APA) referentes à qualidade da água superficial em Portugal, o último ano com informação trabalhada diz respeito ao ano de 2013 (<https://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=1&idItem=1.5#>), onde foram analisadas as águas superficiais em 78 estações e os resultados agrupados em 5 classes de qualidade da água, a saber: A (Excelente: água com qualidade equivalente às condições naturais, aptas a satisfazer potencialmente as utilizações mais exigentes em termos de qualidade); B (Boa: água com qualidade ligeiramente inferior à excelente mas podendo também satisfazer, potencialmente, todas as utilizações); C (Razoável: água com qualidade aceitável, suficiente para irrigação, para usos industriais e produção de água potável após tratamento rigoroso. Permite a existência de vida piscícola – espécies menos exigentes – mas com reprodução aleatória; apta para o recreio sem contacto); D (Má: água com qualidade medíocre apenas potencialmente aptas para irrigação, arrefecimento e navegação. A vida piscícola pode subsistir, mas de forma aleatória) e E (Muito má: água extremamente poluída e inadequada para a maioria dos usos).

Na fig. 5, é possível constatar que apenas duas estações em Portugal Continental possuem água de excelente qualidade. São elas, Fragas Torre, no Rio Paiva e Cais Alcoutim no rio Guadiana, que correspondem a 2,6% das estações analisadas. Num total de 69,3%, temos águas com qualidade boa (30,8%) e qualidade razoável (38,5%). No entanto, 28,2% das águas apresentam má (19,2%) e muito má (9%) qualidade.

As estações com a pior qualidade de água (águas extremamente poluídas e inadequadas para a maioria dos usos) encontram-se na região de Lisboa (estações de Ponte Ribeira no rio Alviela; Ponte Freiria no rio Maior; albufeira Paul Magos na ribeira de Magos e Ponte Aranha no rio Sizandro) e no Alentejo (estações de Monte Vinha no rio Guadiana; Albufeira da barragem Monte Novo no rio Degebe e Ardila no rio Ardila).

Um dos maiores problemas associados à poluição dos mares e oceanos está associado ao derrame de petróleo no mar, fenómeno que designamos por “maré negra”. Quando esta situação acontece, o petróleo é rapidamente espalhado pela superfície da água, transportado pelo vento, correntes marítimas, ondas, marés e dinâmica costeira do local onde ocorre. O petróleo e seus derivados agregam-se às partículas sólidas existentes na água para depois sedimentar contaminando praias e costas

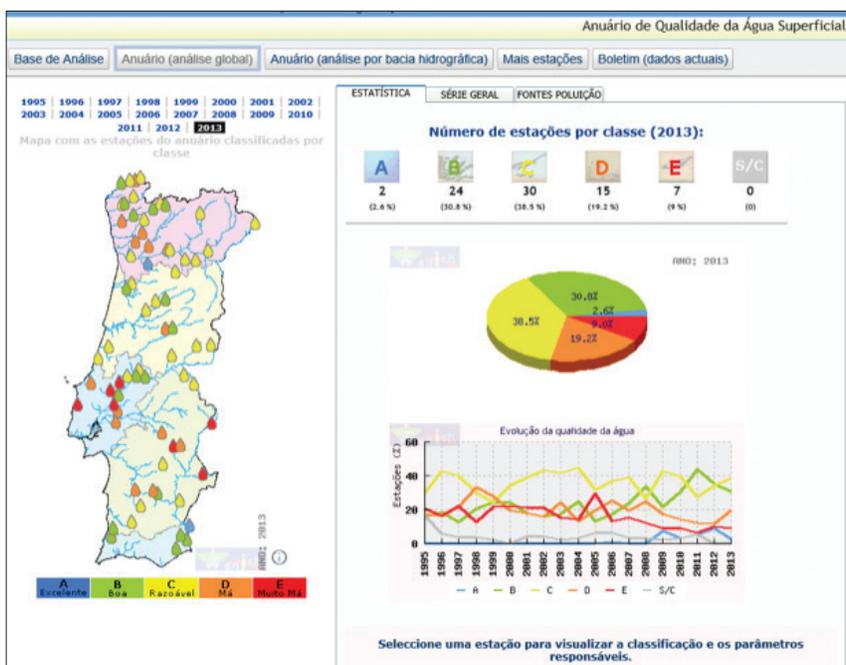


Fig. 5 - Anuário da qualidade da água superficial
(Fonte: APA, 2018, <https://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=1&idItem=1.5>).

Fig. 5 - Yearbook of surface water quality
(Source: APA, 2018 <https://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=1&idItem=1.5>).

(M. Jaques, 2016). São vários os casos de poluição de mares e oceanos, podendo citar, a título de exemplo, o caso de poluição de Minamata (1954); o derrame de petróleo pelo Exxon Valdez (1989); o derrame de petróleo pelo Prestige (2002) e o derrame de petróleo no Golfo do México (2010).

A doença de Minamata foi o problema de poluição mais massivo a atingir o Japão no período pós-Segunda Guerra Mundial. Minamata é uma cidade japonesa situada na província de Kunamoto, na costa ocidental da ilha de Kyushu. Desde os anos 30 do século passado que a unidade fabril da Nippon Chisso Company, líder no campo da indústria química, lançava resíduos que continham mercúrio para a baía de Minamata, poluindo-a. O mercúrio existente na água foi entrando na cadeia alimentar, contaminando peixes, moluscos e aves. Os primeiros casos de contaminação da população da cidade de Minamata e das populações que habita-

vam aldeias de pescadores em torno da cidade, foram detetados em 1956, sobretudo em pacientes que mais ingeriam peixes oriundos da baía de Minamata. O envenenamento provocado pelo mercúrio originava sintomas como convulsões; surtos psicóticos; perda de consciência; coma e num estado mais avançado da doença, acompanhada de febres altas, a morte (J. Ui, 1992). Segundo J. Watts (2001), a doença afetou dezenas de milhares de pessoas. Esta síndrome neurológica relacionada com o envenenamento por mercúrio ficou conhecida por Doença de Minamata.

Em 24 de março de 1989, o navio petroleiro Exxon Valdez encalhou no Alasca, mais propriamente na enseada Prince William Sound (PWS), situada no lado leste da península de Kenai, derramando vários litros de petróleo nas águas da região. Estima-se que foram libertadas 40 mil toneladas de petróleo no mar, o que causou a morte de milhares de animais marinhos e aves, contaminando cerca de dois mil quilómetros de costa (Y. Xia, M. Boufadel, 2010). Segundo Y. Xia e M. Boufadel, morreram cerca de 250.000 aves marinhas, sensivelmente 3.000 lontras marinhas, 300 focas, 250 águias, 22 baleias assassinas e bilhões de ovos de salmão e arenque. Vinte anos após o acidente verificou-se que o arenque, espécie importante para a economia local, não tinha ainda recuperado do desastre. C. Peterson, *et al.* (2003) estudaram a resposta do ecossistema ao derrame do Exxon Valdez e referem que a persistência dos hidrocarbonetos tóxicos a um nível subsuperficial da água, mesmo sendo em níveis não letais, continuaram a afetar aves e animais marinhos.

A 13 de Novembro de 2002, o petroleiro Prestige afundou na costa galega, provocando uma enorme maré negra entre o norte de Portugal e o Golfo da Biscaia em França, afetando, especialmente, a costa da Galiza. O acidente representou uma das maiores catástrofes ambientais da história da navegação europeia. O Prestige afundou depois de se dividir em dois em águas portuguesas, derramando cerca de 63 mil toneladas de Fuelóleo, um derivado do petróleo por destilação. Mais de 1000 km de costa e uma enorme variedade de habitats foram afetados variando de supralitoral, entre-marés e níveis sublitorais para ambientes oceânicos e batiais (M. Penela-Arenaz, *et al.*, 2009). Em 2004, no âmbito da campanha da Repsol YPF “Prestige Recovery Project”, recolheu-se aproximadamente 95% do petróleo que restava a uma profundidade de cerca de 4000 metros. Para além dos impactes ambientais causados na costa atingida, os prejuízos económicos foram também avultados na indústria pesqueira local.

A 20 de Abril de 2010, a plataforma de petróleo Deepwater Horizon explodiu no Golfo do México, nos Estados Unidos da América e foi considerado o pior acidente de exploração de petróleo do Mundo (M. Jaques, 2016). Em chama durante dois dias, a mancha de petróleo espalhou-se, chegando à costa de Louisiana e outros Estados. Temendo um potencial desastre ambiental, a BP, entidade responsável pela plataforma, utilizou mais de tinta barcos capazes de extrair 170 000 barris de petróleo/dia para proteger a vida selvagem na área da plataforma submersa. Para além das onze mortes, o derrame de petróleo criou impactes no habitat de centenas de aves (Kaufman, L., 2010). Em virtude da poluição da região, a atividade económica na área foi afetada, uma vez que o turismo e a pesca diminuíram.

A Organização Marítima Internacional (OMI/IMO), é a agência da Organização das Nações Unidas (ONU) com a responsabilidade da proteção e segurança da navegação bem como da prevenção da poluição marinha por navios. A convenção que institui a Organização Marítima Internacional foi adotada em Genebra em 1948 e somente em 1959 os Estados-Membros se reuniram pela primeira vez. É constituída por 169 Estados-Membros e 3 Membros associados e tem a sua sede no Reino Unido. Uma das medidas mais importantes da OMI/IMO foi a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios.

Conclusão

A poluição está associada à concentração de uma qualquer substância superior à concentração natural dessa substância num determinado recurso natural causando danos na saúde, na estrutura e no funcionamento dos organismos dos ecossistemas. O solo desempenha uma grande variedade de funções vitais, de carácter ambiental, social e económico, para além de constituir um importante elemento paisagístico, patrimonial e físico para o desenvolvimento de infraestruturas e atividades humanas. A proteção do solo deve, pois, ser baseada no princípio da sua multifuncionalidade tornando-se assim imprescindível para um desenvolvimento sustentado e sustentável. A nível europeu precisa-se de uma política organizada de proteção do solo tal como

existe para a água. Tal como refere A. Santos (2009) a propósito da construção de uma Política Comunitária para o solo, estamos ainda num “longo (des)caminho para uma Diretiva Quadro” de proteção do solo que urge constituir e implementar.

O principal objetivo da política da União Europeia no domínio da água é garantir a disponibilidade suficiente de água de boa qualidade para as necessidades das pessoas e para o ambiente. A Diretiva-Quadro da Água (DQA), principal instrumento da Política da União Europeia relativa à água, estabeleceu um enquadramento para a avaliação, gestão, proteção e melhoria da qualidade das águas superficiais, interiores, águas de transição, águas costeiras e águas subterrâneas em toda a União Europeia. O Relatório “European waters: Assessment of status and pressures 2018”, constatou que a maioria das águas dos Estados Membros não cumpre com os padrões ecológicos mínimos para evitar a degradação do habitat e a poluição. Portugal, tal como os restantes Estados Membros da União Europeia, deve fazer por cumprir os objetivos desta Diretiva no sentido de melhorar a qualidade das suas águas que apresentam, ainda, 28,2% de águas superficiais de má e muito má qualidade. (Agência Europeia do Ambiente/European Environment Agency, 2018)

A sociedade civil está cada vez mais consciente dos efeitos adversos da poluição do solo e da água, recursos dos quais depende o futuro da Humanidade. Manter a qualidade destes recursos exige que a sua gestão se baseie em princípios de sustentabilidade.

Referências bibliográficas

- AGÊNCIA EUROPEIA DO AMBIENTE/EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2018). *European waters: Assessment of status and pressures 2018. EEA Report nº 7/2018*. <https://www.eea.europa.eu/publications/state-of-water/download>: Publications Office of the European Union. (Acedido em outubro 2018)
- APA - AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE. (2013). *Anuário da Qualidade da Água Superficial*. <https://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=1&idItem=1.5> (acedido a 3 de Novembro de 2018). APA.
- BLACKSMITH INSTITUTE & GREEN CROSS SWITZERLAND REPORT (2013). *The worlds worst 2013: The Top ten toxic threats. Cleanup, Progress and ongoing challenges*, New York/Switzerland. <https://www.worstpolluted.org/docs/TopTenThreats2013.pdf>, acedido em outubro de 2018.

- Decreto-Lei n.º 89/2002 de 4 de setembro. *Diário da República* n.º 83/2002, Série I-A de 2002-04-09, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, 3350 – 3382. Disponível em: <https://data.dre.pt/eli/dec-lei/89/2002/04/09/p/dre/pt/html> (Acedido em outubro 2018)
- Decreto-Lei n.º 73/2011. (2011). *Diário da República*, 1.ª série, N.º 116 de 17 de Junho de 2011. *Diário da República*, 3251-3300.
- Diniz, A. (2005). Poluição de solos, riscos e consequências. *Revista da Faculdade de Ciência e Tecnologia da UFP*, 5, 97-106.
- Diretiva (UE) 2018/851 de 30 de Maio. (2018). Diretiva (UE) 2018/851 de 30 de Maio. *Jornal Oficial da União Europeia*, 14.6.2018, L 150/109-L 150/140.
- DN/Lusa. (2018). Limpeza da poluição do Tejo vai custar um milhão de euros. *Diário de Notícias/Lusa de 21 de Fevereiro de 2018*, <https://www.dn.pt/portugal/interior/limpeza-de-sedimentos-do-tejo-exige-medios-especificos-e-custa-ate-12-me--ministro-9133932.html>. (Acedido em outubro 2018)
- FAO, & ITPS. (2015). *FAO; ITPS. Status of the World's Soil Resources (SWSR) - Main Report*. Rome, Italy, : Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils. (disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>). (Acedido em outubro 2018)
- Ferreira, C. (2008). *Tese Doutoramento - Degradação do Solo no concelho de Gondomar: uma perspectiva geográfica. Contribuição para a definição de estratégias de planeamento e ordenamento do território*. Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- Fetter, C. W. (2014). *Applied Hydrogeology. 4th Edition*. USA: Pearson Education Limited, 616p.
- Holgate, M. W.,(1979). *A perspective of environmental pollution*. Cambridge University Press.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (2010). *Estatísticas do Ambiente*. INE.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (2018). *Estatísticas dos indicadores agro-ambientais*. INE.
- Jaques, M., Azevedo, N., Avelino, M. C., Jambersi, A. (2016). Poluição Ambiental: Um olhar sobre as indústrias petrolíferas. *AEMS Rev. Conexão Eletrônica – Três Lagoas, MS*, 13 (1).
- Jorge, C. (2001). O problema dos solos contaminados por gasolina e as principais técnicas de reabilitação desses locais. *Geotecnia Ambiental: contaminação de solos e de águas subterrâneas*, 115-136, Lisboa: Sociedade Portuguesa de Geotecnia.
- Jornal Oficial da União Europeia. (2007). Parecer do Comité Económico e Social Europeu sobre a “Proposta de Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho que estabelece um quadro para a protecção do solo e altera a Directiva 2004/35/CE”, *Jornal Oficial da União Europeia*, COM(2006) 232 final – 2006/0086 (COD). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52007AE0603&from=PT>, acedido em outubro 2018.
- Lacaz, F., Porto, M., & Pinheiro, T. (2017). Tragédias brasileiras contemporâneas: o caso do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão/Samarco. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*. <http://www.scielo.br/pdf/rbso/v42/2317-6369-rbso-42-e9.pdf>, acedido em outubro 2018.
- Leitão, T., Ferreira, J., Smets, S., & Diamantino, C. (2001). A poluição ambiental causada por estradas. O Projeto POLMIT. *Atas do Seminário de Geotecnologia Ambiental: Contaminação de Solos e Águas Subterrâneas*. Lisboa: Sociedade Portuguesa de Geotecnia.
- LNEC. (2016). *Avaliação da qualidade dos solos, das águas subterrâneas e das espécies hortícolas em hortas urbanas de Lisboa. Identificação de medidas de mitigação visando a proteção da saúde pública*. Lisboa: Relatório final n.º 54/2016 – DHA/NRE.
- Mekonnen, M. M., Hoekstra, A. Y.,(2018). *Global Anthropogenic Phosphorus Loads to Freshwater and Associated Grey Water Footprints and Water Pollution Levels: A High-Resolution Global Study*. *Water resources research*, 54(1), 345-358.

- Melquiades, R., Lobo, I., Guedes, C., & Pinto, J. (2006). Análise de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos em solos por headspace e cromatografia gasosa/detector de ionização de chama. *Ciências Exatas e Tecnológicas*, v. 27, nº 2, 113-120, Londrina.
- Monteiro, A. (1997). *O Clima Urbano do Porto. Uma contribuição para a definição das estratégias de Planeamento e Ordenamento do Território*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, Junta Nacional de Investigação Científica.
- Motuzova, G. V., Minkina, T. M., Karpova, E. A., Barsova, N. U. & Mandzhieva, S. S. (2014). Soil contamination with heavy metals as a potential and real risk to the environment. *Journal of Geochemical Exploration*, 144, 241-246.
- Nass, D. P. (2002). O conceito de Poluição. *Revista eletrônica de ciências*, 13, 1-3.
- Oliveira, A., Souza, P., Gonçalves, D., Ferreira, A., & Pietsch, B. (2015). *Análise qualitativa dos impactos ambientais no meio abiótico em um depósito de resíduos sólidos*. Enciclopédia Biosfera.
- Panagos, P., Liedekerke, M. V., Yigini, Y., and Montanarella, L. (2013). Contaminated Sites in Europe: Review of the Current Situation Based on Data Collected through a European Network, *Journal of Environmental and Public Health*, vol. 2013, Article ID 158764, 11 p. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/158764>
- Penela-Arenaz, M., Bellas, J., & Vázquez, E. (2009). *Effects of the Prestige Oil Spill on the Biota of NW Spain: 5 Years of Learning*. *Advances in Marine Biology*, vol. 56, 365-396.
- Peterson, C., Rice, S., Short, J., Esler, D., Bodkin, J., Ballachey, B., & Irons, D. (2003). *Long-term ecosystem response to the Exxon Valdez oil spill*. *Science*, 302, 2082-2806.
- Pinto-Coelho, R. M., Havens, K. (2015). *Crise nas Águas. Educação, ciência e governança, juntas, evitando conflitos gerados por escassez e perda da qualidade das águas*. . Belo Horizonte, : Recóleo Editora, 162 p.
- Portal das Nações. (s.d.). *Solos das Petrolíferas / Aterro Sanitário de Beírolas*. <http://www.portaldasnacoes.pt/item/solos-das-petroliferas-aterro-sanitario-de-beirolas/>, acessado em outubro 2018.
- ProSolos. (2015). Projeto de Decreto-Lei relativo à prevenção da contaminação e remediação dos solos. *ProSolos*, p. <http://participa.pt/consulta.jsp?loadP=820>, acessado em outubro 2018.
- Público. (2018). A exploração de urânio “foi um erro em Portugal e será um erro em Espanha”. *Jornal Público de 20 de Fevereiro de 2018*. <https://www.publico.pt/2018/02/20/sociedade/noticia/a-exploracao-de-uranio-foi-um-erro-em-portugal-e-sera-um-erro-em-espanha-1803726>, acessado em outubro 2018.
- RECARE Project. (2018). *Preventing and Remediating Degradation of Soils in Europe through Land Care*. <https://www.recare-hub.eu/soil-threats/contamination>: Recare-hub.eu, acessado em outubro 2018.
- Ribeiro, L. (2001). Vulnerabilidade de Aquíferos e Medidas de Protecção das Águas Subterrâneas em Portugal Continental. *Actas do Seminário de Geotecnia Ambiental: Contaminação de Solos e de Águas Subterrânea*, 3-31, FEUP, Porto.
- Ribeiro, M. (2013). *Contaminação do solo por metais pesados. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente*. Lisboa: Faculdade de Engenharia da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia.
- Sabbo, G., Assis, M., & Berterquini, A. (2017). Barragens de retenção de rejeitos de mineração. *Revista Engenharia em Ação UniToledo, Araçatuba, SP, Brasil*, v. 02, n. 01, 3-15.
- Santos, A. (2009). *Protecção do solo. Construção de uma política Comunitária. O longo (des)caminho para uma Directiva Quadro*. http://213.30.17.29/ambiente/solo/Protecao_solo.pdf: Instituto Nacional de Administração. Diploma de especialização em políticas do ambiente, acessado em outubro 2018.

- Simões, J. (2005). *Utilização de produtos fitofarmacêuticos na agricultura*. Sociedade Portuguesa de Inovação, 104 p.
- Singh, B. R. (1997). Soil pollution and contamination. . Em B. R. Singh, *Advances in soil science: Methods for assessment of soil degradation*, 279-299.
- Teiga, P. (2018). Poluição dos rios diminui mas qualidade da água é inferior à desejada. . *Diário de Notícias/Lusa de 18 de Março de 2018*, <https://www.dn.pt/portugal/interior/poluicao-dos-rios-diminuiu-mas-qualidade-da-agua-e-inferior-a-desejada---especialista-9195986.html>, acessado em outubro 2018.
- Kauffman, L. (2010). Search Ends for Missing Oil Workers. *The New York Times*, April 22, 2010. <https://archive.nytimes.com/www.nytimes.com/2010/04/23/us/23rig.html>, acessado em outubro de 2018.
- Ui, J. (1992). Chapter - 4 Minamata disease. Em U. N. University, *Industrial pollution in Japan* (Jun Ui (s/d) United Nations University. <http://archive.unu.edu/unupress/unupbooks/uu35ie/uu35ie0c.htm#chapter%20%20%204%20minamata%20disease>). Japan: United Nations University Press, acessado em outubro 2018.
- Varenes, A. (2003). *Produtividade dos solos e ambiente*. Escolar Editora, Lisboa, 490 p.
- Watts, J. (2001). Mercury poisoning of thousands confirmed. *The Guardian Journal*, 16 Oct. 2001. <https://www.theguardian.com/world/2001/oct/16/japan.jonathanwatts>, acessado em outubro 2018.
- World Atlas. (s.d.). *The most polluted rivers in the world*. <https://www.worldatlas.com/articles/the-most-polluted-rivers-in-the-world.html>: <https://www.worldatlas.com/articles/the-most-polluted-rivers-in-the-world.html>, acessado em outubro 2018.
- World Atlas. (s.d.). The World's Most Polluting Industries. *World Atlas*, 2018. <https://www.worldatlas.com/articles/the-top-10-polluting-industries-in-the-world.html>, World Atlas, 2018, acessado em outubro 2018.
- Xia, Y., & Boufadel, M. (2010). Lessons from Exxon Valdez oil spill disaster in Alaska. *Disaster Advances*, vol. 3(4), 270-273. https://www.researchgate.net/publication/259392296_Lessons_from_the_Exxon_Valdez_Oil_Spill_disaster_in_Alaska, acessado em outubro de 2018.

CONCLUSÃO

Adélia Nunes

Departamento de Geografia e Turismo da Faculdade de Letras
CEGOT e RISCOS, Universidade de Coimbra, Portugal
ORCID: 0000-0003-3927-0748 adelia.nunes@ci.uc.pt

O contributo do ser humano, através das suas ações e atividades, constitui um elemento comum quando analisados os riscos mistos de componente ambiental, ampliando, de forma inequívoca, as suas causas e consequências. Acresce, por outro lado, os cenários futuros de mudanças climáticas, e a incerteza dos seus efeitos na amplificação dos riscos analisados.

Torna-se, por conseguinte, urgente e prioritário reduzir o risco através de esforços sistemáticos destinados a analisar e a gerir os fatores causadores deste tipo de catástrofes, assim como reconhecer a(s) vulnerabilidade(s), no intuito de proteger, de forma mais eficaz, as pessoas, as comunidades e os países, bem como os meios de subsistência, o património cultural e socioeconómico e os ecossistemas, incrementando, deste modo, a sua resiliência.

Assim, para alcançar tal desiderato, exige-se a implementação de medidas e ações integradas e o comprometimento de todos na salvaguarda dos recursos naturais. Neste contexto, emerge a necessidade de consciencialização da sociedade e das instituições sobre a complexidade destes fenómenos e das suas consequências, comprometedores do desenvolvimento social, económico, ambiental, cultural sustentável.

Torna-se, pois, necessário e urgente, neste contexto, integrar, na educação formal e na aprendizagem ao longo da vida, os conhecimentos, valores e habilidades necessárias para a redução do risco e para a promoção de modos de vida sustentáveis.

Embora os fatores de risco, aqui abordados, possam ser locais, nacionais, regionais ou globais, necessitam de ser compreendidos, para determinar as medidas de prevenção/redução a aplicar, requerendo novas formas de pensar e agir, mas também uma articulada cooperação e complementaridade entre os diferentes atores, nos planos local, nacional, regional e global, explorando as sinergias e interdependências entre as respetivas competências e estratégias. Na expectativa de que o presente livro sirva de inspiração a mais investigadores e decisores a participarem na

crescente avaliação e gestão dos riscos mistos, é também nosso desejo, através dos conteúdos aqui vertidos, facultar instrumentos metodológicos e pedagógicos que possam ser utilizados em atividades de investigação e educação, assim como promover competências pessoais, fundadoras de uma cidadania mais ativa, participada e informada, para uma prevenção e gestão mais eficaz dos riscos, e em simultâneo capazes de promover os valores e princípios da sustentabilidade.

Na expectativa de que o presente livro sirva de inspiração a mais investigadores e decisores a participarem na crescente avaliação e gestão dos riscos mistos, é também nosso desejo, através dos conteúdos aqui vertidos, facultar instrumentos metodológicos e pedagógicos que possam ser utilizados em atividades de investigação e educação, assim como promover competências pessoais, fundadoras de uma cidadania mais ativa, participada e informada, para uma prevenção e gestão mais eficaz dos riscos, e em simultâneo capazes de promover os valores e princípios da sustentabilidade.

SÉRIE
RISCOS E CATÁSTROFES

Títulos Publicados:

- 1 *Terramoto de Lisboa de 1755. O que aprendemos 260 anos depois?*
- 2 *Sociologia do Risco;*
- 3 *Geografia, paisagem e riscos;*
- 4 *Geografia, cultura e riscos;*
- 5 *Alcáçache. 30 anos depois;*
- 6 *Riscos e crises. Da teoria à plena manifestação;*
- 8 *Catástrofes antrópicas. Uma aproximação integral;*
- 9 *Catástrofes mistas. Uma perspetiva ambiental.*

Tomos em preparação:

- 7 *Catástrofes naturais. Uma abordagem global;*
- 10 *Riscos inerentes à rotura de barragens de acumulação de rejeitos de mineração;*
- 11 *Contributos da Ciência para a Redução do Risco;*
- 12 *Contributos da Educação para a Redução do Risco;*
- 13 *Contributos da Formação para a Redução do Risco.*

(Página deixada propositadamente em branco)

I
IMPRENSA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA
COIMBRA UNIVERSITY PRESS
U

RISCOS
E CATÁSTROFES

1 2



9 0

UNIVERSIDADE D
COIMBRA