

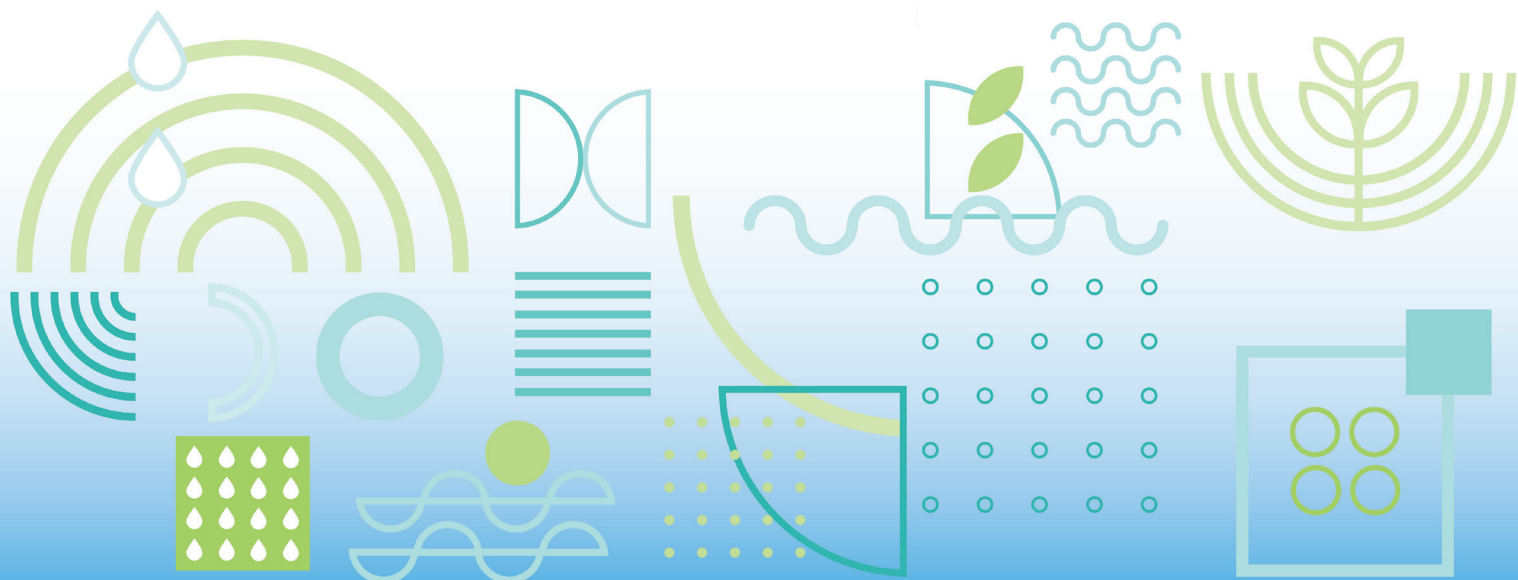


# Guia para a Elaboração da Avaliação de Segurança Radiológica de Práticas Industriais que Envolvem Material Radioativo Natural

## INSTALAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

VERSÃO 2

2021






# FICHA TÉCNICA

Título: Guia para a elaboração da avaliação de segurança radiológica de práticas industriais que envolvem material radioativo natural.  
Instalações de águas subterrâneas.  
*Versão 2*

Autores: Margarida Malta | Divisão de Planeamento e Proteção Ambiental,  
Departamento de Emergência e Proteção Radiológica  
Guilherme Cardoso | Divisão de Planeamento e Proteção Ambiental,  
Departamento de Emergência e Proteção Radiológica

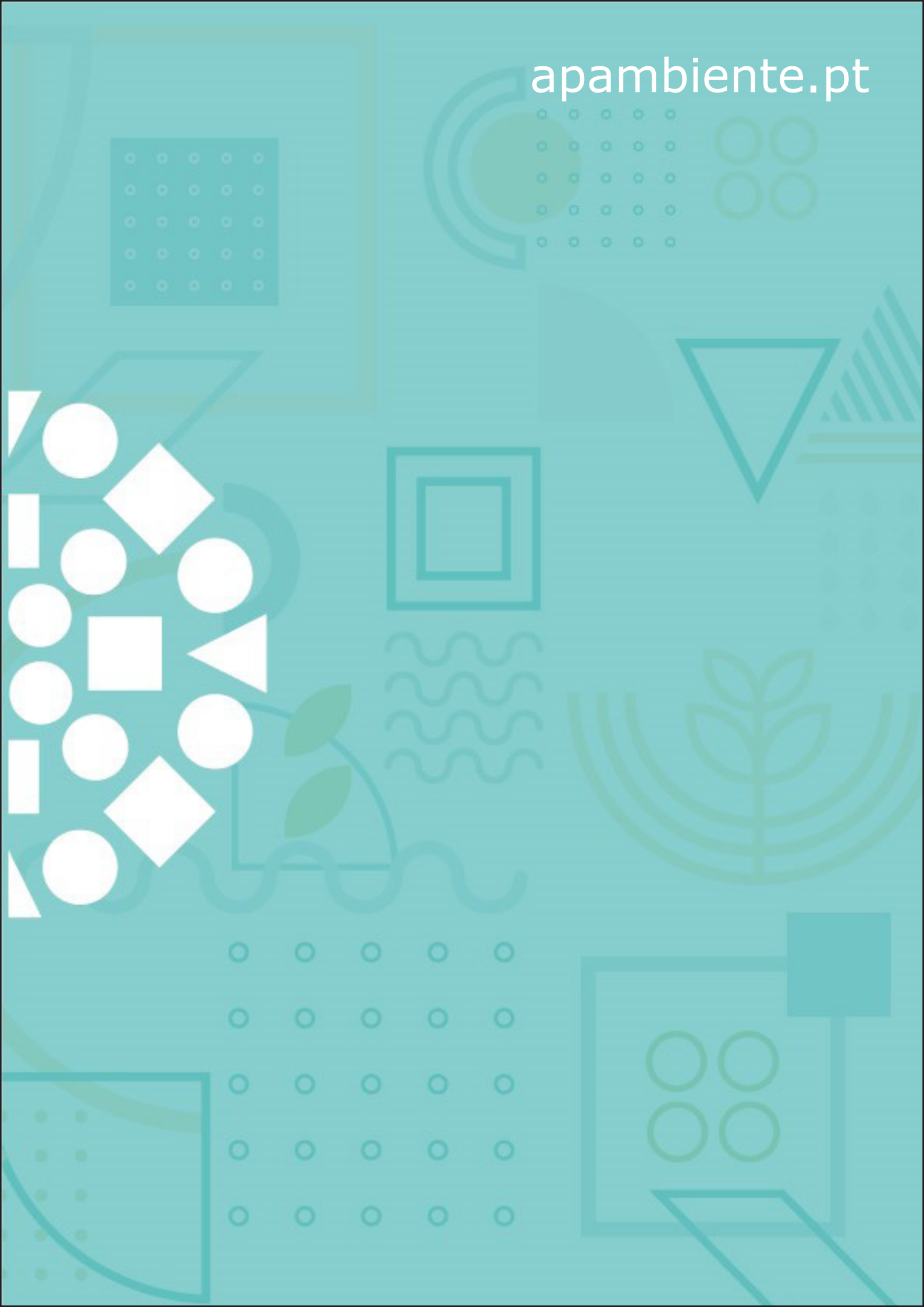
Edição: Agência Portuguesa do Ambiente | Departamento de Comunicação e Cidadania Ambiental

Data de Edição: setembro de 2021



0. Revisões do Documento	5
1. Objetivo	6
2. Enquadramento legislativo	6
2.1. Generalidades	
2.2. Responsabilidade pela proteção radiológica dos trabalhadores e dos trabalhadores externos que operam na instalação	
3. Introdução	8
4. Considerações a ter na elaboração da avaliação de segurança radiológica	10
4.1. Vias de Exposição à radiação decorrentes das operações de tratamento de água	
4.2. O tempo de exposição durante as tarefas diárias e de manutenção	
4.3. A distância às fontes de exposição durante as tarefas diárias e de manutenção	
4.4. Os resíduos	
5. Tópicos a considerar na avaliação de segurança	13
6. Recomendações relativas aos requisitos técnicos para a caracterização radiológica	14
6.1. Radão interior	
6.2. Débito de dose	
6.3. Avaliação dos resíduos	
6.4. Entidades que podem realizar a avaliação radiológica de segurança	
Bibliografia	15

apambiente.pt



# 0. Revisões do documento

As alterações ao documento devem ser identificadas na tabela seguinte.

Nº Versão	Responsável Data	Validado por Data	Principais Alterações
1	Margarida Malta 06/05/2021	João Oliveira Martins 06/05/2021	Entrada em Vigor do Documento
2	Margarida Malta 16/09/2021	João Oliveira Martins 16/09/2021	Alteração da hiperligação no capítulo 6.4.



# 1. Objetivo

Este guia foi concebido como uma orientação para a realização da avaliação de segurança radiológica exigida no artigo 61.º do Decreto-Lei n.º 108/2018, de 3 de dezembro, com o objetivo de permitir à autoridade competente avaliar se uma atividade industrial está sujeita a mera comunicação prévia, a registo ou a licença, e servir de base ao desenvolvimento de um programa de proteção radiológica tal como requerido para as práticas sujeitas a registo ou licenciamento, se assim se justificar.

## 2. Enquadramento legislativo

### 2.1 Generalidades

A publicação do Decreto-Lei n.º 108/2018, de 3 de dezembro, na sua redação atual, estabelece o regime jurídico da proteção radiológica, bem como as atribuições da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), enquanto autoridade competente e da Inspeção-Geral da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território (IGAMAOT), como autoridade inspetiva, transpondo a Diretiva n.º 2013/59/EURATOM, do Conselho, de 5 de dezembro de 2013, que fixa as normas de segurança de base relativas à proteção contra os perigos resultantes da exposição a radiações ionizantes para o regime legal nacional. Este Decreto-Lei introduz na legislação nacional as práticas industriais que envolvem material radioativo natural que não podem ser ignoradas do ponto de vista da proteção radiológica, identificando a necessidade dos setores indústrias elencados no artigo 60.º, onde se encontram identificadas as Instalações de filtragem de águas subterrâneas (alínea o)), procederem à avaliação de segurança radiológica das suas práticas.

Esta avaliação de segurança radiológica deverá incidir sobre a exposição dos trabalhadores e do público às radiações ionizantes, sendo obrigatório considerar as vias de exposição interna e externa, bem como os resíduos que daí resultem (artigo 61.º). Com base nesta avaliação a autoridade competente, a APA, determina se a atividade desenvolvida pelo operador constitui uma prática isenta, sujeita apenas ao regime de comunicação prévia ou se está sujeita ao regime de registo ou de licença (Figura 1). Durante o processo de análise a APA pode solicitar esclarecimentos e pedir novos elementos. A autoridade competente profere, no prazo de 20 dias contados a partir da data da receção da avaliação de segurança a sua decisão. Caso haja um pedido de novos elementos, o requerente tem 60 dias a contar da notificação do pedido de elementos remetido pela APA para o envio dos mesmos. A decisão final é proferida no prazo de 30 dias a partir da entrega pelo requerente de todos os documentos solicitados.

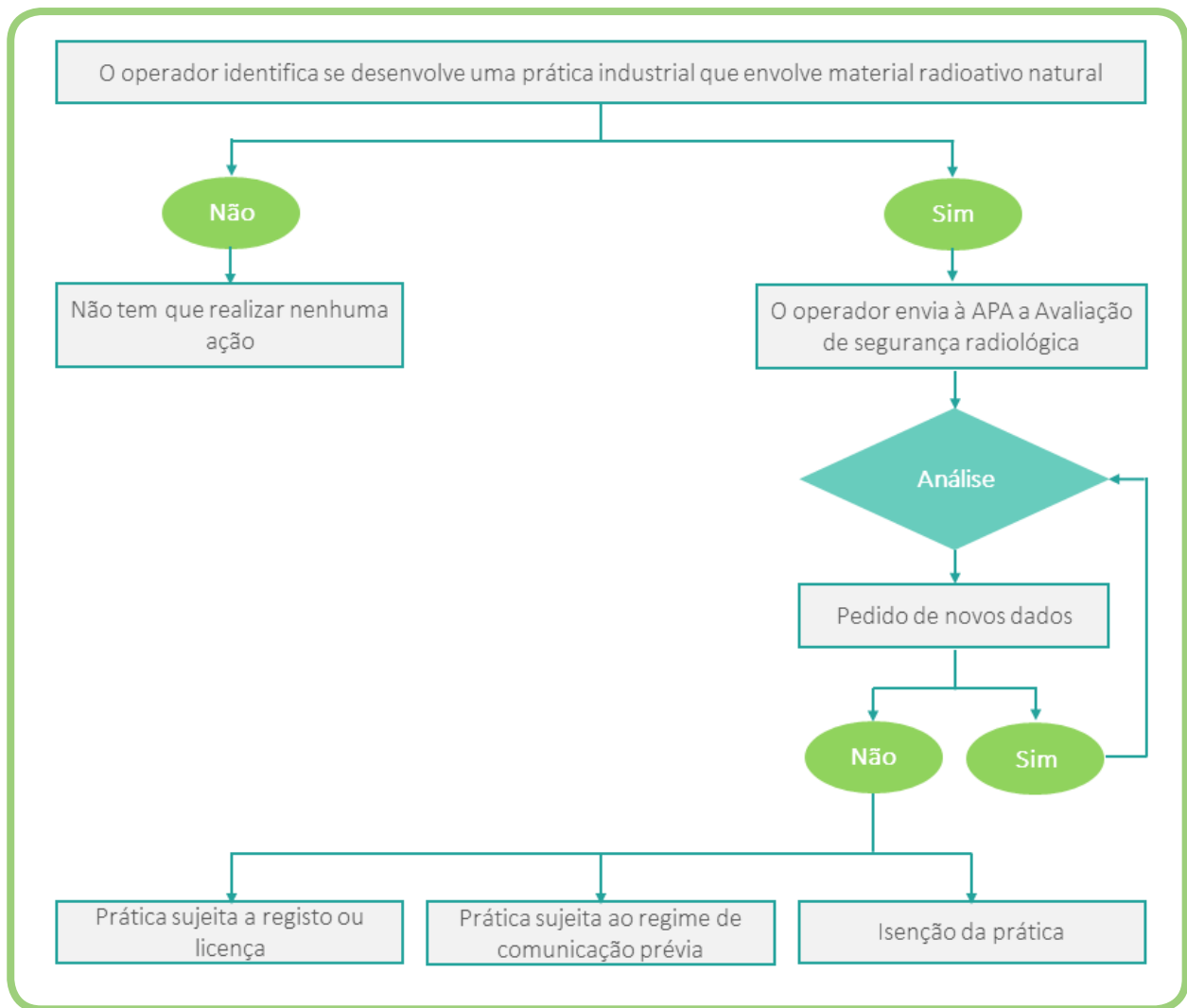


Figura 1 - Fluxograma do processo administrativo.

De acordo com o quadro legal em vigor, as entidades abrangidas pelo disposto no artigo 60.º devem, no prazo de 12 meses após a do entrada em vigor diploma (artigo 198.º), apresentar à autoridade competente a avaliação de segurança radiológica. A não apresentação constitui uma contraordenação ambiental grave (alínea j) do artigo 184.º). A avaliação de segurança radiológica das práticas não carece de ser realizada periodicamente exceto se houver alterações significativas no processo produtivo, incluindo as características e origem das matérias-primas, ou no caso de renovação do registo ou licença sempre que se aplique.

## 2.2 Responsabilidade pela proteção radiológica dos trabalhadores e dos trabalhadores externos que operam na instalação

O titular<sup>1</sup> da instalação deve garantir que é realizada uma avaliação de segurança relativa às atividades sob sua responsabilidade. O titular é responsável por garantir que as atividades executadas pelos seus trabalhadores ou por trabalhadores externos<sup>2</sup> são executadas cumprindo os requisitos necessários em termos de proteção radiológica. No caso de existirem trabalhadores externos o titular é o responsável, diretamente ou através de acordo contratual com a entidade empregadora dos trabalhadores externos, pelos aspetos operacionais da proteção dos trabalhadores externos que estejam relacionados com a natureza das atividades a desenvolver (artigo 90.º do Decreto-Lei n.º 108/2018). Do mesmo modo, as entidades empregadoras dos trabalhadores externos asseguram, quer diretamente quer através de acordos contratuais com o titular, que a proteção dos seus trabalhadores contra as radiações ionizantes está em conformidade com o presente decreto-lei. Acresce que os trabalhadores externos devem participar ativamente na proteção operacional contra radiações, sem prejuízo das responsabilidades do titular ou da entidade empregadora. Ressalva-se que o titular da instalação será em última análise o responsável por garantir que são cumpridos estes requisitos.

## 3. Introdução

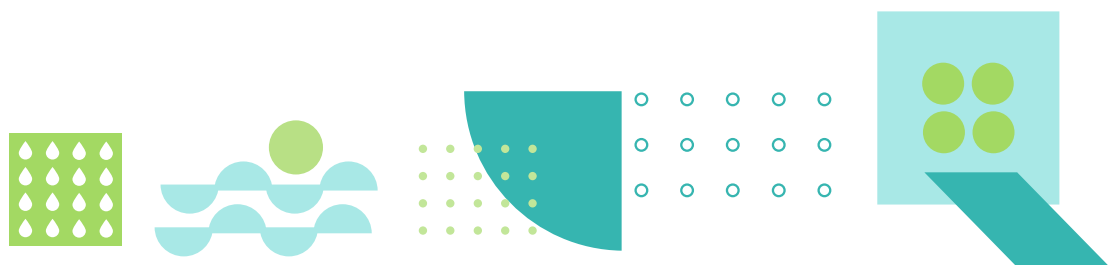
Os radionuclídeos<sup>3</sup> das cadeias de decaimento natural do urânio-238, urânio-235 e tório-232 estão presentes em maior ou menor concentração em todas as rochas e minérios (IAEA, 2003). Os radionuclídeos presentes nestas cadeias, com exceção dos gases nobres radão (Rn-222), actínio (Rn-219) e torão (Rn-220), são todos metais pesados, comportando-se química e fisicamente no meio ambiente e nos processos industriais de modo semelhante a outros metais pesados não radioativos.



1 «Titular», pessoa singular ou coletiva, legalmente responsável por determinada prática, atividade ou por uma determinada fonte de radiação, incluindo os casos em que o detentor de uma fonte de radiação não desenvolve quaisquer atividades humanas relacionadas com a referida fonte.

2 «Trabalhador exposto», pessoa submetida durante o trabalho, por conta própria ou de outrem, a uma exposição decorrente de práticas abrangidas pelo Decreto-Lei n.º 108/2018 de 3 de dezembro, suscetíveis de resultar numa dose superior a qualquer um dos limites de dose fixados para os membros do público.

3 Radionuclídeo – são elementos que têm núcleos instáveis e que são radioativos.





Certos setores industriais <sup>4</sup>podem expor <sup>5</sup>os trabalhadores e o público em geral em consequência da radioatividade <sup>6</sup>natural introduzida involuntariamente nos processos industriais. A exposição decorre do uso de matérias-primas como águas, rochas e minérios com maior teor de radionuclídeos ou do enriquecimento de radionuclídeos nos resíduos devido ao processo tecnológico. Estes setores industriais não utilizam estes materiais devido às suas propriedades radioativas ou com vista ao seu uso no ciclo do combustível nuclear, ocorrendo contudo o efeito colateral da atividade industrial que pode resultar no aumento da concentração dos radionuclídeos e consequentemente na exposição indesejável de trabalhadores e do público em geral. Na literatura especializada, estes materiais são denominados de materiais radioativos naturais (em inglês têm o acrónimo "NORM" naturally occurring radioactive materials) (BFS, 2021).



4 Os setores industriais que envolvem material radioativo natural encontram-se elencados no artigo 60.º do Decreto-Lei n.º 108/2018, de 3 de dezembro.

5 O termo exposição neste documento refere-se sempre à exposição a radiações ionizantes decorrentes do decaimento radioativo dos radionuclídeos das cadeias do U-238, do U-235 e do Th-232.

6 Radioatividade é a desintegração espontânea de um núcleo de um átomo instável, com a emissão de partículas alfa, de partículas beta, de radiações eletromagnéticas de alta frequência, entre outras, até se tornar estável.

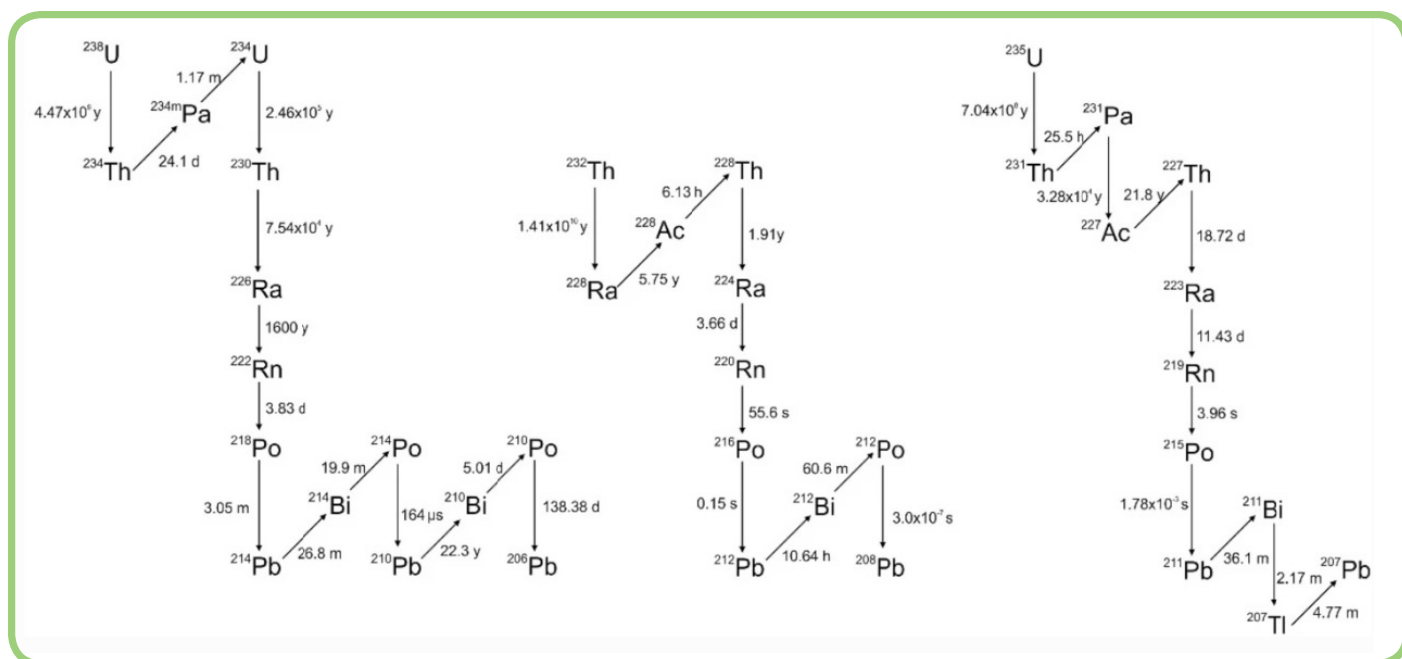
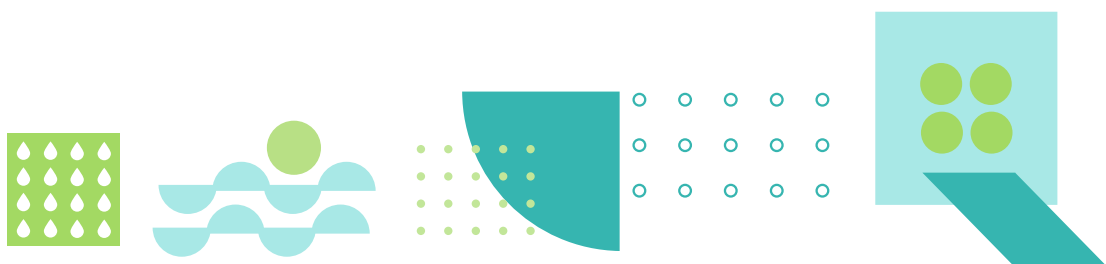


Figura 2 - Cadeias de decaimento natural do urânio-238, tório-232 e urânio-235 (Lena Kölbel, 2020).

A proteção dos trabalhadores e do público em geral devido à exposição à radiação de materiais radioativos naturais é regulamentada em Portugal pelo Decreto-Lei n.º 108/2018, de 3 de dezembro.



## 4. Considerações a ter na elaboração da avaliação de segurança radiológica

Os sectores industriais que processam material radioativo natural podem conduzir à exposição dos trabalhadores a níveis de radiação que não possam ser ignorados do ponto de vista da proteção radiológica. No caso de este material ser libertado no ambiente, existe ainda o risco de contaminação ambiental e de exposição da população.

De modo a avaliar o impacto destas práticas que são conduzidas nestes sectores industriais é necessário ter em conta as vias de exposição às radiações, o tempo de exposição durante as tarefas diárias e de manutenção, a distância às fontes de exposição e aos resíduos gerados durante o processo industrial.

### 4.1 Vias de Exposição à radiação decorrentes das operações de tratamento de água

Os trabalhadores dos sistemas de tratamento de águas têm maior probabilidade de serem expostos a níveis elevados de radiação ao entrarem em contacto com resíduos resultantes da lavagem de filtros e lamas; durante a manutenção de bombas ou tubagens contaminadas; ou durante a movimentação ou transporte de resíduos e filtros para eliminação.

As possíveis fontes de exposição à radiação incluem nomeadamente bombas e tubagens onde os minerais precipitam formando incrustações; tanques de floculação e sedimentação onde as lamas residuais se acumulam; filtros, estações de bombagem e tanques de armazenamento onde se acumulam incrustações e lamas; locais onde se acumulam os resíduos resultantes da lavagem de filtros. As instalações fechadas apresentam um maior potencial para a exposição à inalação de aerossóis e em especial a inalação do gás radão. A exposição à radiação também pode ocorrer nos locais onde se faz o processamento ou manuseio dos resíduos dentro das instalações e nos locais externos à instalação, nomeadamente durante o transporte e eliminação em aterros. Assim, neste contexto, as vias de exposição possíveis são (EPA, 2005):

**Inalação:** A inalação de materiais radioativos emissores de alfa, beta ou gama é uma via de exposição relevante porque o material radioativo incorporado pode resultar em doses de radiação consideráveis nos órgãos e tecidos internos nomeadamente nos pulmões. Os trabalhadores podem inalar poeira ou gotículas de água contaminadas enquanto operam os resíduos ou durante as operações normais de filtragem. A inalação de radão e dos seus descendentes presentes no ar constitui a contribuição mais relevante desta via de exposição.

**Ingestão:** A ingestão de partículas contendo materiais radioativos emissores de alfa, beta ou gama é uma preocupação pelas mesmas razões da exposição por inalação. Os trabalhadores podem ingerir materiais radioativos se não seguirem as boas práticas sanitárias, incluindo a lavagem das mãos antes de comer; comer e beber nas áreas trabalho; ou o não uso ou uso indevido de Equipamentos de Proteção Individual (EPI's), potenciando a ingestão de poeiras e gotas de água contaminadas.

**Exposição à radiação externa:** Os materiais radioativos que emitem radiação gama são motivo de preocupação porque representam um risco significativo de exposição à radiação externa. A radiação gama pode passar por materiais de construção e pelas roupas de proteção. Assim, a distância entre a fonte de exposição e o trabalhador e o tempo gasto na proximidade da fonte são fatores a ter em conta na avaliação da exposição do trabalhador. As operações com maior probabilidade de envolverem uma exposição significativa por esta via são aquelas que estão relacionadas com o manuseamento de sistemas de filtração durante a sua operação ou manutenção, na contaminação do vestuário durante as operações de manutenção, na gestão dos resíduos e dos filtros durante a sua movimentação ou transporte para eliminação.

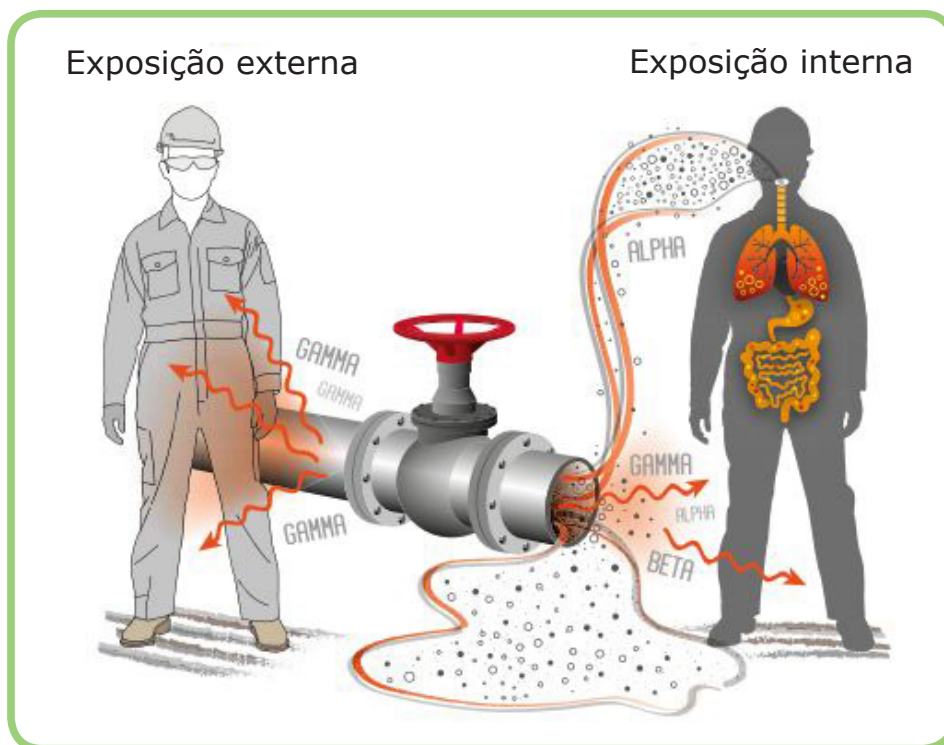


Figura 3 - Vias de Exposição à radiação decorrentes das operações de tratamento de água, adaptado (Techniche, 2016).

## 4.2 O tempo de exposição durante as tarefas diárias e de manutenção

Para uma avaliação adequada é necessário estimar o tempo que os trabalhadores se encontram potencialmente sujeitos às fontes de radiação que podem contribuir para a sua exposição radiológica por qualquer uma das vias mencionadas acima.

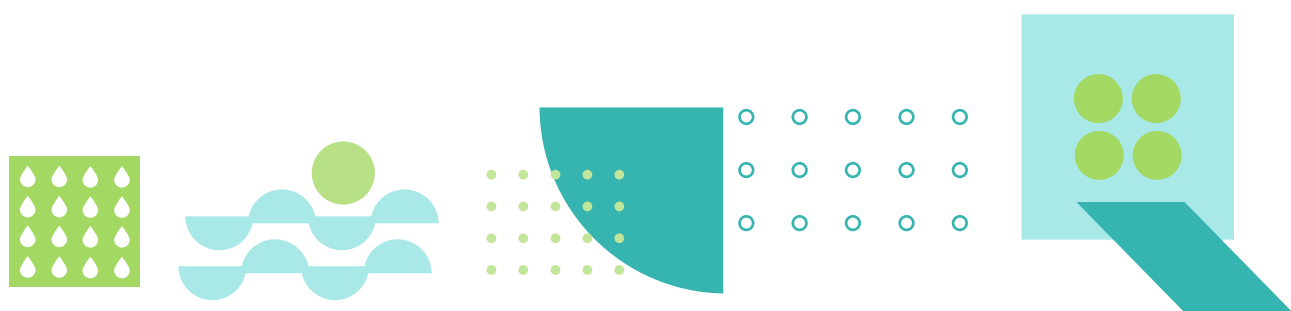
## 4.3 A distância às fontes de exposição durante as tarefas diárias e de manutenção

A avaliação de segurança deverá ter em consideração a distância que os trabalhadores se encontram dos materiais radioativos que emitem radiação gama por apresentarem um risco significativo de exposição à radiação externa, devido às distâncias que esta radiação percorre.

## 4.4 Os resíduos

Como já foi identificado, as práticas decorrentes do tratamento de águas de profundidade podem gerar resíduos como filtros, tubagens com incrustações, lamas e equipamentos fora de uso ou obsoletos. Devido à natureza desta prática estes resíduos deverão ser caracterizados radiologicamente de modo a avaliar se constituem resíduos radioativos, em cumprimento dos requisitos do Decreto-Lei n.º 156/2013 de 5 de Novembro para a caracterização e classificação dos resíduos radioativos.

A caracterização dos resíduos deverá indicar o volume e a concentração dos radionuclídeos.



## 5. Tópicos a considerar na avaliação de segurança

A avaliação de segurança radiológica deverá abranger os seguintes tópicos:

- A. Identificação do titular.
- B. Identificação do local da prática.
- C. Descrição da indústria.
- D. Descrição da instalação.
  - 1. Identificação da Unidade geológica ou litologia onde são efetuadas as captações da água;
  - 2. Apresentação das plantas da instalação simplificadas com a identificação da área de implantação, ilustrando sempre que possível com fotografias atuais;
  - 3. Destino da(s) captação(ões): água de consumo, água mineral engarrafada ou outra.
- E. Descrição do processo industrial.
  - 1. Fluxograma do processo industrial;
  - 2. Descrição do método de tratamento (químico, físico, biológico, combinação ou outro);
  - 3. Descrição das tarefas quotidianas incluído a manutenção (periódica e esporádica).
- F. Caracterização da água (antes e após tratamento).
  - 1. pH;
  - 2. Potencial redox (mV);
  - 3. Caracterização radiológica (concentrações dos radionuclídeos na água bruta e na água tratada).
- G. Quantificação do volume de água processada ( $m^3$ /ano).
- H. Identificação dos radionuclídeos que possam contribuir para a exposição dos trabalhadores e das zonas do processo que representam um risco radiológico significativo devido a fenómenos de concentração.
- I. Caracterização radiológica dos resíduos gerados durante o processo.
  - 1. Tipo de resíduo;
  - 2. Volumetria ( $m^3$ /ano ou ton/ano);
  - 3. Determinação da concentração dos radionuclídeos presentes nos resíduos;
  - 4. Identificação do destino dado aos resíduos.
- J. Determinação das quantidades radiológicas relevantes.
  - 1. Determinação da concentração de gás radão no ar interior da instalação;
  - 2. Determinação do débito de dose no âmbito das tarefas quotidianas incluído a manutenção (periódica e esporádica), identificando as contribuições das diferentes vias de exposição.
- K. Doses estimadas.
  - 1. Identificação dos postos de trabalho, as tarefas associadas e tempo de permanência em situações que podem resultar em exposição a radiações pelas diferentes vias de exposição identificadas;
  - 2. Identificação dos cenários de exposição, com as vias de exposição relevantes e parâmetros usados no cálculo da dose;
  - 3. Cálculo da dose anual para cada posto de trabalho.
- L. Conclusões.
- M. Assinatura pelo titular da prática e pela entidade que realizou a avaliação.

## 6. Recomendações relativas aos requisitos técnicos para a caracterização radiológica

### 6.1 Radão interior

A avaliação à exposição ao gás radão no interior da instalação deve ser representativa da exposição anual dos trabalhadores. Para este efeito os resultados devem ser baseados em medições com detetores passivos e expostos por um período mínimo de três meses. Recomenda-se que os ensaios realizados sejam acreditados pela Norma NP EN ISO/IEC 17025.

Para mais informações consultar a página da APA.

<https://www.apambiente.pt/radao>

### 6.2 Débito de dose

Recomenda-se que a avaliação dos débitos de dose no âmbito das práticas seja realizada por entidades que demostrem a competência necessária para a execução desta tarefa e que utilizem equipamentos adequados e com verificação metrológica de acordo com a legislação em vigor.

### 6.3 Avaliação dos resíduos

Recomenda-se que a avaliação da concentração de radionuclídeos nos resíduos com o fim de os caracterizar seja realizada usando técnicas adequadas e que permitam identificar e quantificar os radionuclídeos de interesse, recorrendo para este efeito a ensaios acreditados pela Norma NP EN ISO/IEC 17025.

### 6.4 Entidades que podem realizar a avaliação radiológica de segurança

Os titulares podem recorrer às entidades prestadoras de serviços na área da proteção radiológica reconhecidas pela entidade competente, que se encontram listadas na [página da APA](#).

Atendendo que esta avaliação de segurança ainda não se enquadra no âmbito dos requisitos para controlo administrativo prévio, é aceite que a mesma seja realizada por outras entidades sem reconhecimento pela APA mas com competência demonstrada.

# Bibliografia

- BFS. (18 de março de 2021). Obtido de *What are NORM residues?*  
<https://www.bfs.de/EN/topics/ion/environment/residues/introduction/introduction.html>
- EPA. (2005). *A Regulators' Guide to the Management of Radioactive Residuals from Drinking Water Treatment Technologies*. EUA: EPA.
- IAEA. (2003). *Extent of Environmental Contamination by Naturally Occuring Radioactive Material (NORM) and Technological Options for Mitigation*. *Technical Reports Series n.º 419*. Vienna: International Atomic Energy Agency.
- Lena Kölbel, T. K. (2020). *Water-rock interactions in the Bruchsal geothermal system by U-Th series radionuclides*. *Geothermal Energy*.
- Techniche. (7 de julho de 2016). *Uncover the risk associated with NORM in oil & gas industry*.  
Obtido de <https://technicheengineering.com/2016/07/07/uncover-the-risk-associated-with-norm-in-oil-gas-industry/>



apambiente.pt

