

apa

agência portuguesa
do ambiente

EFEITOS DA EXPOSIÇÃO AO RADÃO NA SAÚDE

2º CURSO TEÓRICO-PRÁTICO SOBRE RADÃO

22 e 23 junho 2023, Universidade de Coimbra

CATARINA ANTUNES

Divisão de Planeamento e Proteção Ambiental | DEPR

ana.antunes@apambiente.pt

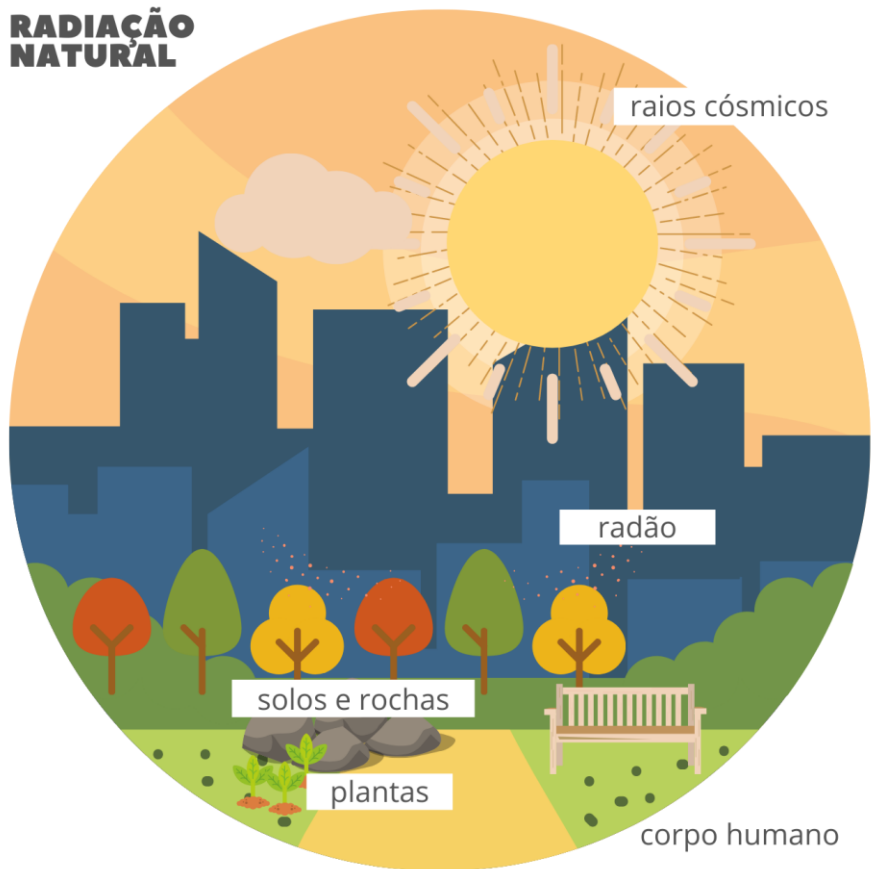


**REPÚBLICA
PORTUGUESA**

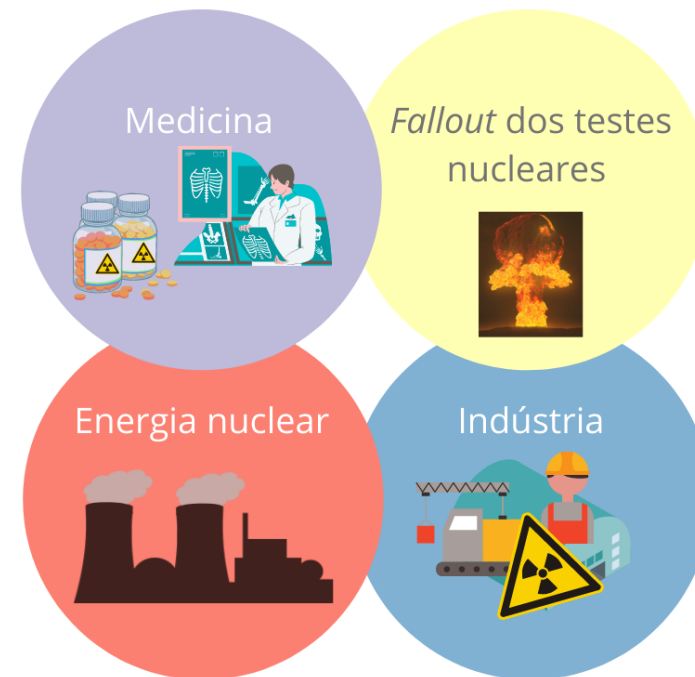
AMBIENTE E
AÇÃO CLIMÁTICA

Radiação natural e radiação artificial

RADIAÇÃO NATURAL



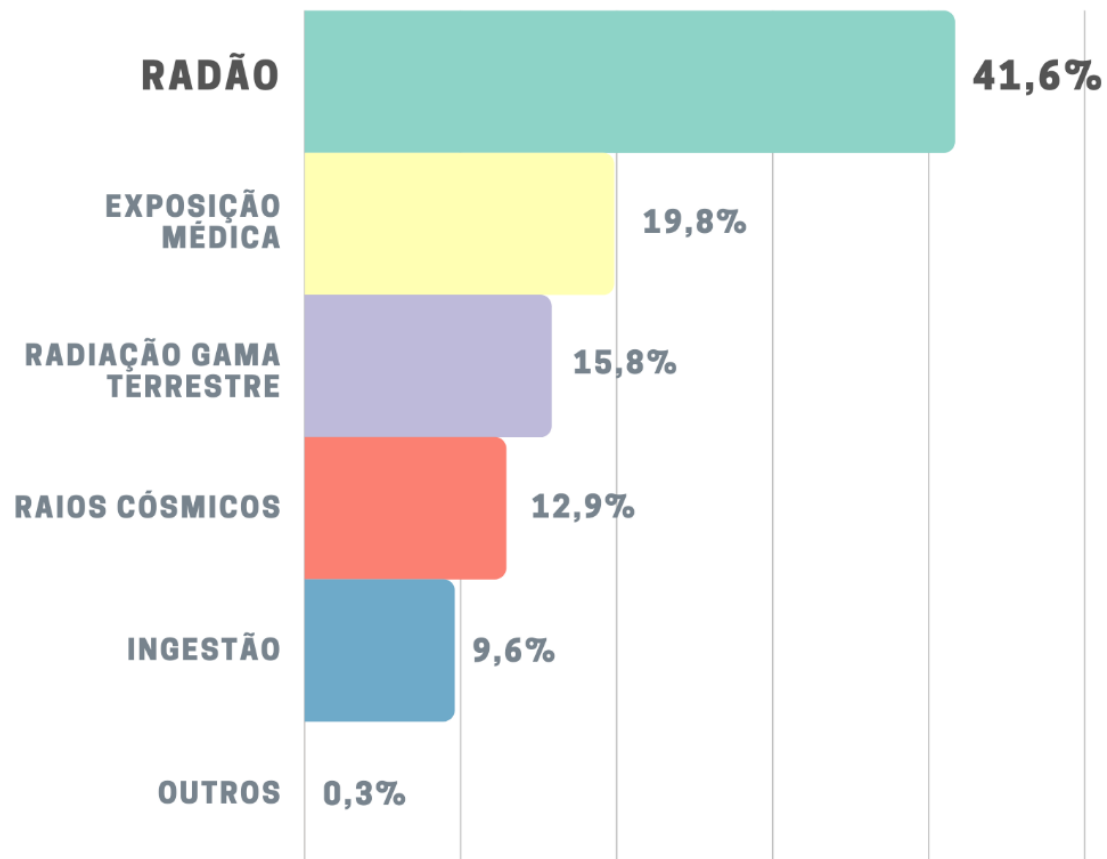
RADIAÇÃO ARTIFICIAL





Radão

Exposição ao radão



- **Maior fonte de exposição** à radiação ionizante da população
- Contribui em **mais de 40%** para a **dose** efetiva

*Percentagem da dose anual recebida pela população mundial.
adaptado Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2008 Report, Vol. I*



Efeitos na saúde

O radão está classificado como **agente carcinogénico** do Grupo 1

IARC, 1988

Exposição ao radão no interior das habitações aumenta o **risco de cancro do pulmão** na população

RISCO DE CANCRO DO PULMÃO AUMENTA COM O TEMPO DE EXPOSIÇÃO

3 a 14% dos **cancros do pulmão** a nível mundial são resultantes da **exposição ao radão**.

Outras doenças (pouca evidência):

- Fibrose pulmonar
- Enfisema
- Leucemia
- Cancro de estômago



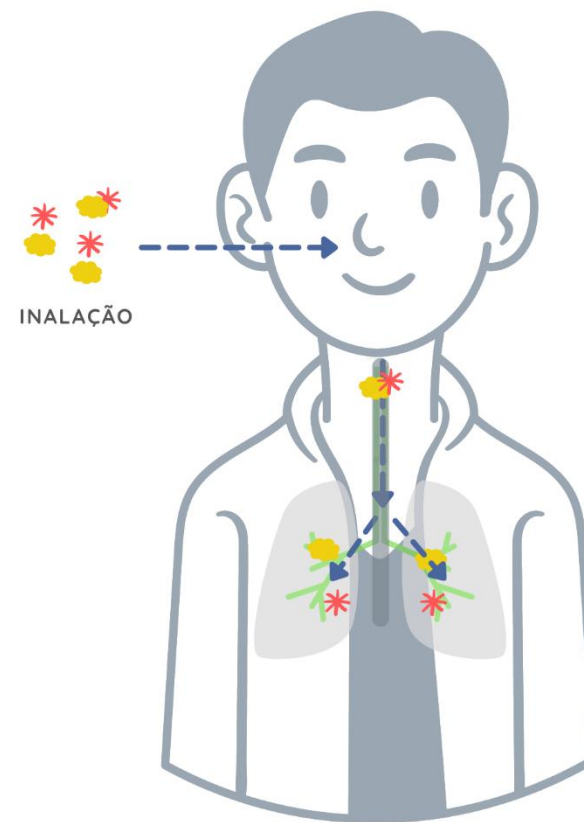


Radão no organismo

Radão no Organismo

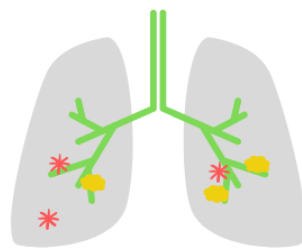
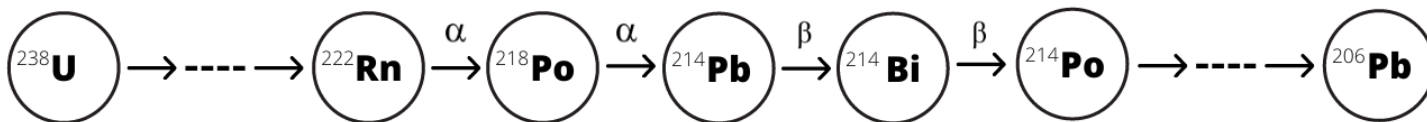
Vias de entrada:

- **Inalação** (90% da dose atribuível ao radão provém da sua inalação)
- **Ingestão**



Radão no organismo

cadeia de decaimento do U-238



*inalação de radão
(incluindo descendentes
de vida curta)*

cancro do pulmão

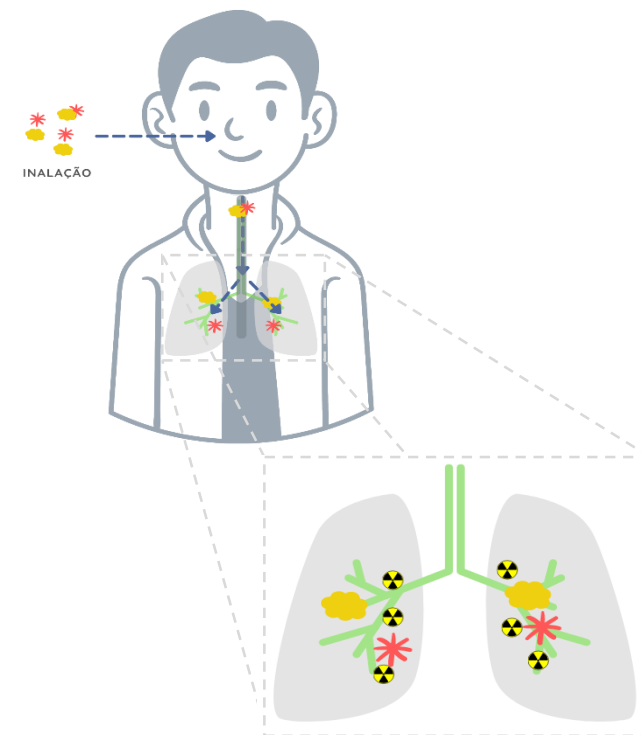
Não é só o **radão**,
mas também são os
**seus descendentes
de vida curta** que
contribuem para a
dose que recebemos.

- O radão e seus descendentes produzem partículas radioativas no ar que respiramos.
- Essas partículas ficam retidas nas nossas vias respiratórias e aí emitem radiação provocando lesões nos pulmões. Estas lesões aumentam o risco de **cancro do pulmão**.

Cancro do pulmão

Mecanismos biológicos:

- Deposição irá ao longo do tempo induzir um conjunto de alterações, desde **mutações no DNA**, **modificação do ciclo celular**, entre outros efeitos citotóxicos associados à **regulação do ciclo celular** e **carcinogénese**.
- O radão e descendentes inalados fixam-se mais facilmente nas **vias aéreas principais**, havendo maior deposição aqui do que na periferia.



Cancro do pulmão

É possível associar à exposição ao radão?

TIPOS DE CANCRO MAIS FREQUENTES:

Carcinoma de células pequenas

Adenocarcinoma

(Embora as outras tipologias também possam estar presentes)

MUTAÇÕES FREQUENTES:

EGFR e ALK

(não-fumadores)

OUTROS BIOMARCADORES:

Desregulação massiva de microRNA

(em casos de cancro do pulmão induzidos pelo tabaco e por carcinogénicos ambientais)



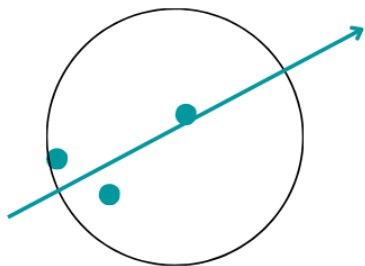


Efeitos biológicos

Efeitos biológicos

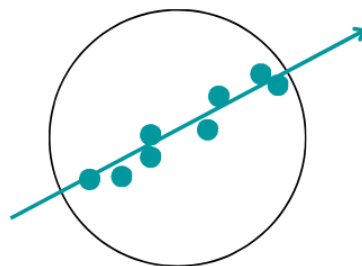
baixo LET

raios-x, raios gama e partículas beta



alto LET

partículas alfa e neutrões



LET:

(*transferência linear de energia*)

quantidade de energia depositada na matéria;
Indicado para qualificar os diferentes tipos de radiação e qual a sua importância do ponto de vista biológico.

RBE:

(*Relative Biological Effectiveness = eficácia biológica relativa*)

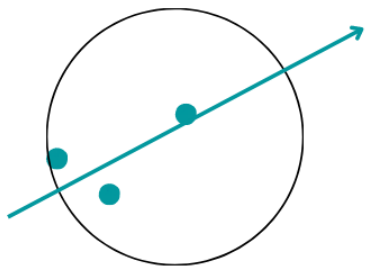
eficácia dos diferentes tipos de radiação em induzir um determinado resultado biológico.



Efeitos biológicos

baixo LET

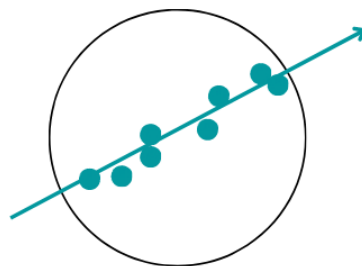
*raios-x, raios gama e
partículas beta*



**MENOR EFEITO
BIOLÓGICO**

alto LET

*partículas alfa e
neutrões*



**MAIOR EFEITO
BIOLÓGICO**

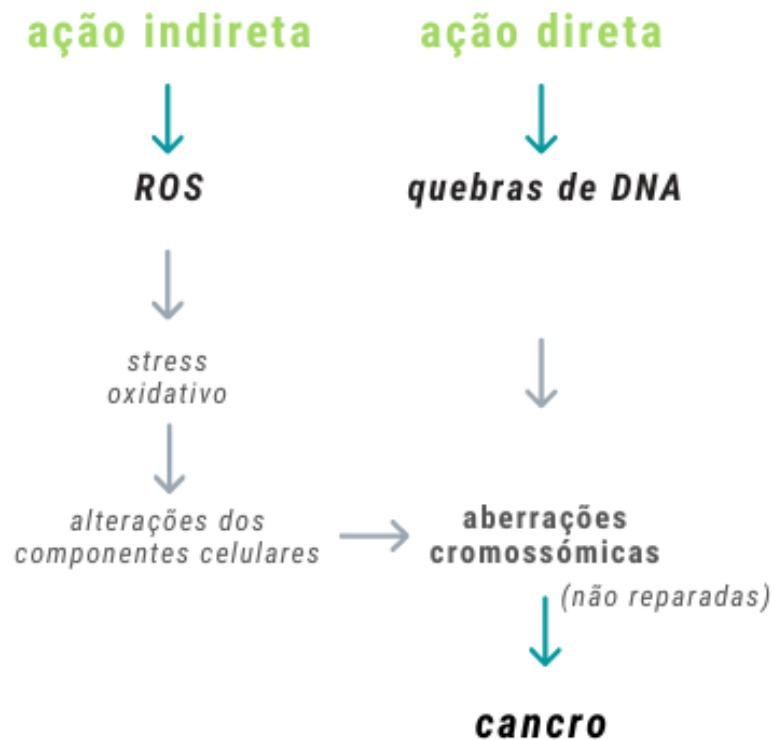


- Pouca capacidade de penetração
- Maior transferência de energia para o alvo

RESULTA EM LESÕES NÃO REPARÁVEIS



Efeitos celulares da radiação ionizante



AÇÃO DIRETA:

- Interage diretamente com a molécula de DNA
- Predominante para radiação de alto LET

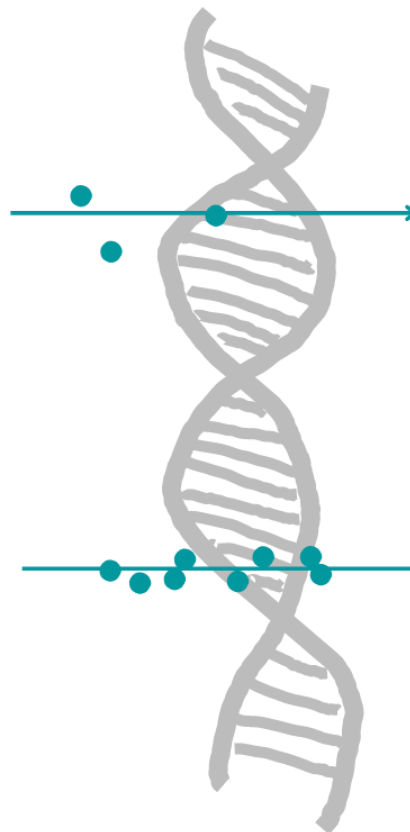
AÇÃO INDIRETA:

- Interação com as moléculas da água
- Produção de ROS
- Predominante para radiação de baixo LET

Efeitos celulares da radiação ionizante

Ação Direta:

baixo LET
*raios-x, raios gama e
partículas beta*



p.ex. danos em bases,
quebras simples de DNA

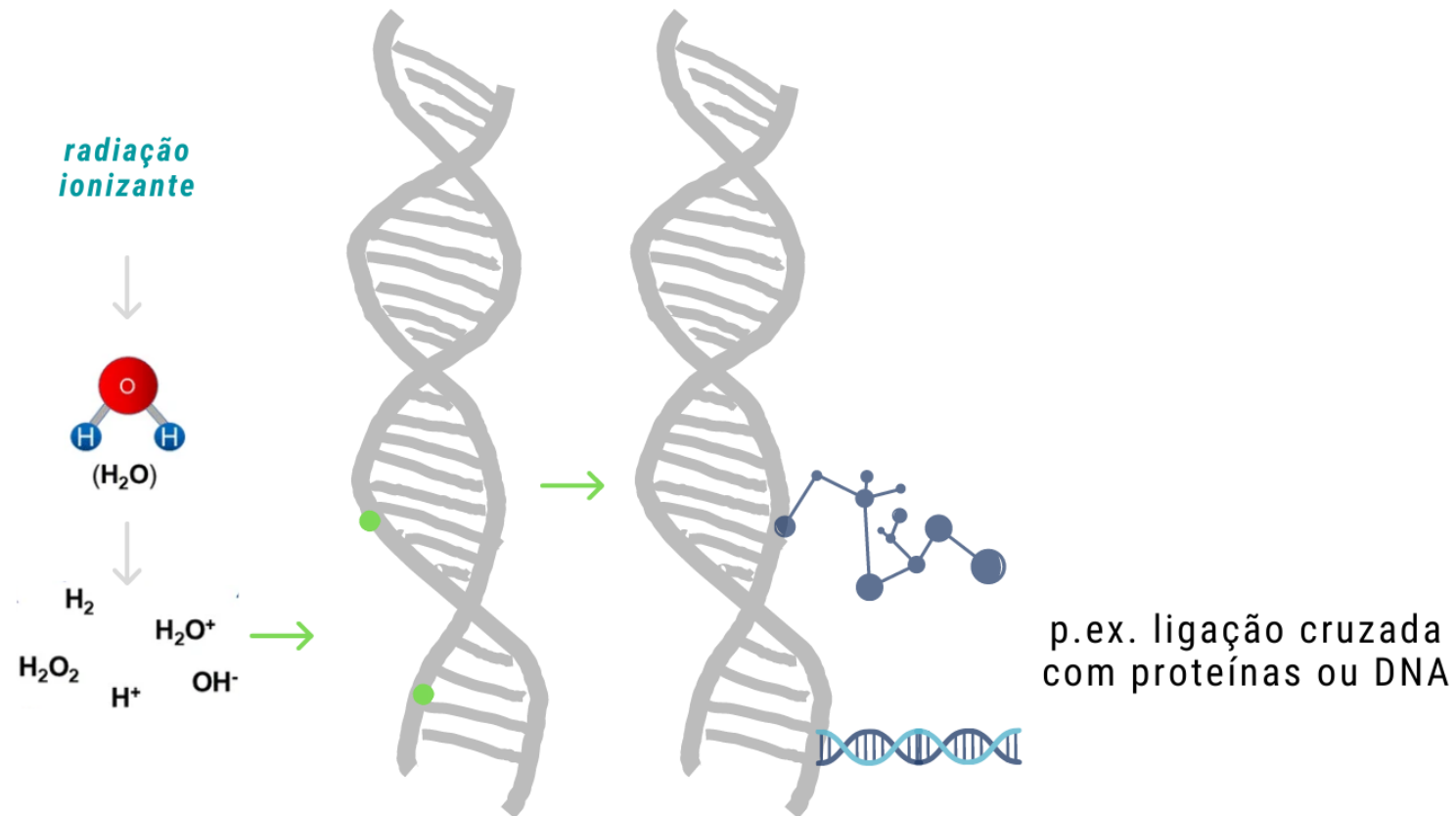
alto LET
*partículas alfa e
neutrões*



p.ex. quebras de
cadeira dupla de DNA

Efeitos celulares da radiação ionizante

Ação Indireta:





Dados de estudios epidemiológicos

Dados epidemiológicos - EUROPA

RISCO DE CANCRO DO PULMÃO

Por cada **100 Bq/m³** de aumento na concentração de radão:

RISCO: 20% mais elevado

concentrações de radão entre **100 e 200 Bq/m³**

(quando comparado com medições abaixo de 100 Bq/m³)

GERAL:

risco **aumenta 16%**.

GÉNERO:

Homens – risco **aumenta 11%**

Mulheres – risco **aumenta 3%**

IDADE:

<55 anos – risco **<0**

55-64 anos – risco **aumenta 14%**

>64 anos – risco **aumenta 7%**



Dados epidemiológicos - EUROPA

RISCO E MORTALIDADE: ALGUNS DADOS

ALEMANHA:

6% casos de cancro pulmão
são devidos ao radão
~**1800 mortes/ano**

REINO UNIDO:

3% casos de cancro pulmão
são devidos ao radão
~**1000 mortes/ano**

FRANÇA:

5% casos de cancro pulmão
são devidos ao radão
~**1200 mortes/ano**



Dados epidemiológicos - EUROPA

Segunda causa de cancro do pulmão em fumadores.

Primeira causa de cancro do pulmão em não-fumadores.

RISCO DE MORTE POR CANCRO DO PULMÃO

NÃO-FUMADORES:

0 Bq/m³ – risco **4/1000**

100 Bq/m³ – risco **5/1000**

800 Bq/m³ – risco **10/1000**

FUMADORES:

0 Bq/m³ – risco **100/1000**

100 Bq/m³ – risco **120/1000**

800 Bq/m³ – risco **220/1000**

Efeito
cumulativo
com o **tabaco**

Níveis de referência

Recomendações da OMS

100 Bq/m³ – 300 Bq/m³

- **100 Bq/m³** é o nível acima do qual a OMS **recomenda** que sejam tomadas **medidas para reduzir a exposição**;
- O nível de referência **nunca deve ser superior a 300 Bq/m³**;
- As medidas a implementar podem, de acordo com a legislação de cada país, ser obrigatórias ou recomendadas.



Níveis de referência

Radão | raios-x ao tórax | tabaco, como comparar?

100 Bq/m³ – 300 Bq/m³

100 Bq/m³: 135 raios-x/ano
5 cigarros/dia

300 Bq/m³: 400 raios-x/ano
16 cigarros/dia





Take home message



Take home message

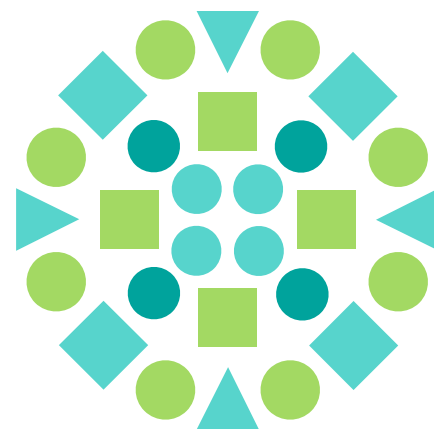
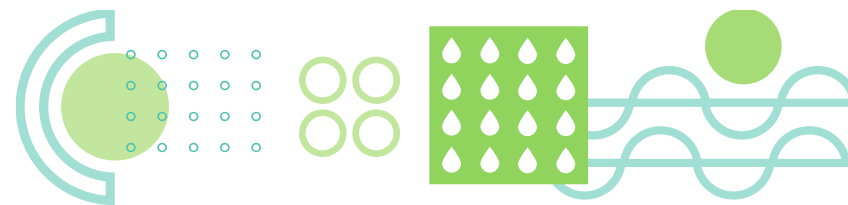
1. O radão é um **gás radioativo** e a sua concentração tende a ser mais elevada no interior dos edifícios
2. O radão pode causar **cancro do pulmão**
3. A **medição** do radão é **simples** e pouco dispendiosa
4. Existem **diversas técnicas construtivas** que ajudam a **diminuir a concentração** de radão



Bibliografia

- Darby S. *et al* (2005) *Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies*. *BMJ*. 29;330(7485):223
- Darby S. *et al* (2006) *Residential radon and lung cancer: detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14,208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe*. *Scand J Work Environ Health*. 32 Suppl 1:1-83
- IARC. (1988) *Summaries & Evaluations, VOL.: 43, (p. 173)*. INCHEM
- IAEA. (2010) *Radiation Biology: A Handbook for Teachers and Students, Training Course Series No. 42*, IAEA, Vienna
- IAEA. (2011) *Cytogenetic Dosimetry: Applications in Preparedness for and Response to Radiation Emergencies, Emergency Preparedness and Response*, IAEA, Vienna
- Kussainova A. *et al* (2022) *The Role of Mitochondrial miRNAs in the Development of Radon-Induced Lung Cancer*. *Biomedicines* 2022, 10, 428.
- Li C. *et al* (2020) *Residential Radon and Histological Types of Lung Cancer: A Meta-Analysis of Case-Control Studies*. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17, 1457.
- Rodríguez-Martínez Á. *et al* (2018) *Residential radon and small cell lung cancer. A systematic review*. *Cancer Lett*. 426:57-62.
- UNSCEAR. (2008) *Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2008 Report, Vol. I*. United Nations Publication.
- WHO. (2009) *Handbook on Indoor Radon, A Public Health Perspective*. Hajo Zeeb and Ferid Shannoun.
- www.apambiente.pt/radao





apa

agência portuguesa
do **ambiente**

OBRIGADO

apambiente.pt

