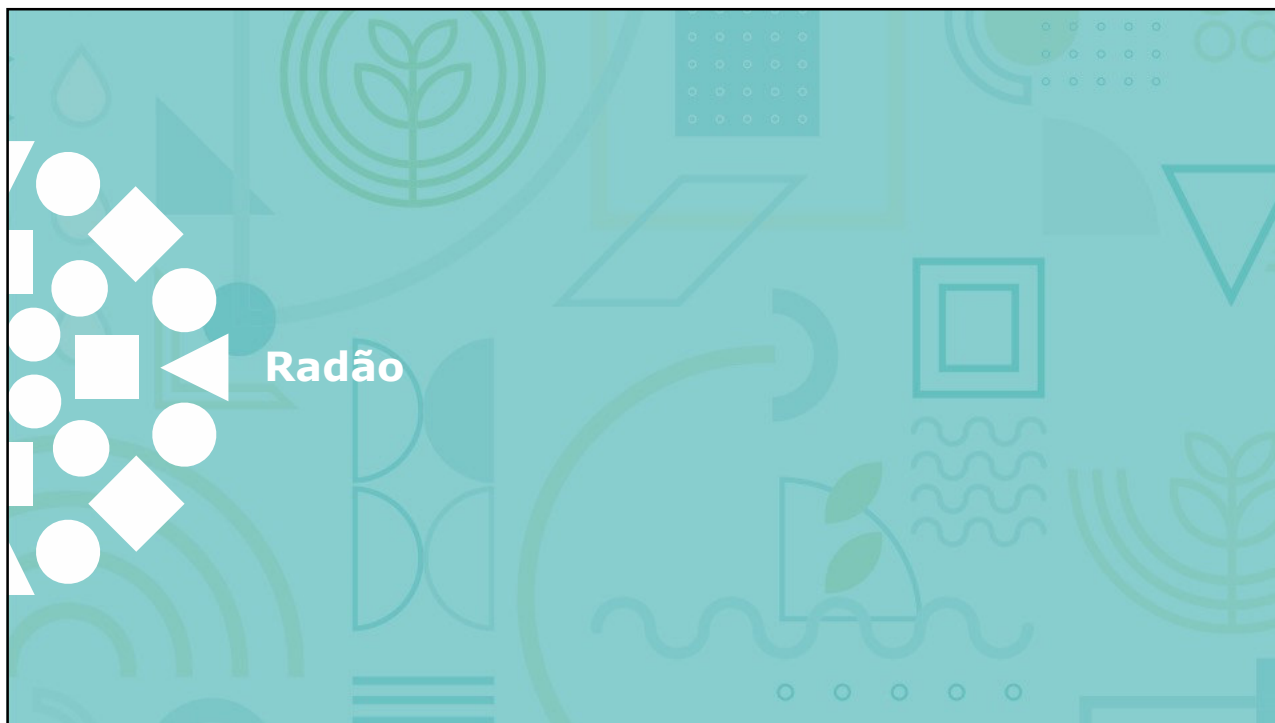




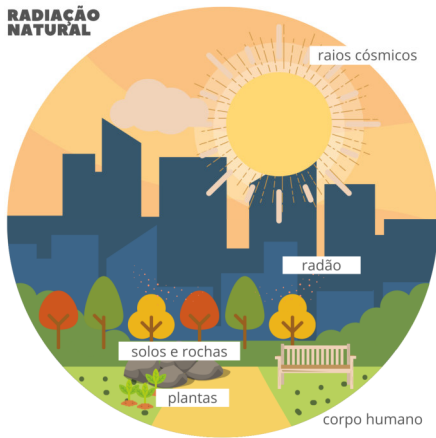
EFEITOS DA EXPOSIÇÃO AO RADÃO NA SAÚDE

CATARINA ANTUNES
Divisão de Planeamento e Proteção Ambiental | DEPR
ana.antunes@apambiente.pt



Radiação natural e radiação artificial

RADIAÇÃO NATURAL



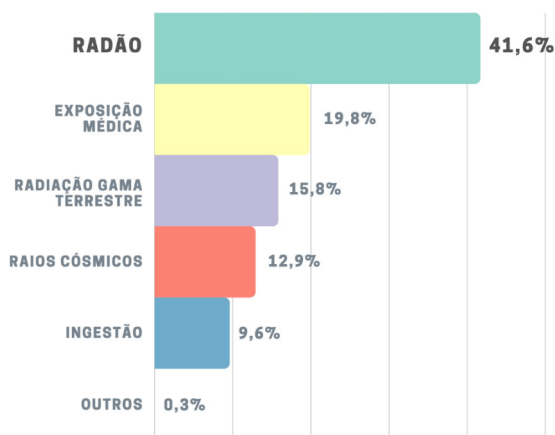
RADIAÇÃO ARTIFICIAL



3



Exposição ao radão



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

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

4



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

Segunda causa de **cancro do pulmão** em fumadores.
Primeira causa de **cancro do pulmão** em não-fumadores.

Risco de cancro do pulmão aumenta com a 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

5



Efeitos na saúde

RISCO: 20% mais elevado
concentrações de radão entre **100 e 200 Bq/m³**
quando comparado com medições abaixo de 100 Bq/m³

Estudo epidemiológico na Europa

RISCO DE CANCRO DO PULMÃO

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

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%**

6



Efeitos na saúde

Estudo epidemiológico na Europa

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**

7



Efeitos na saúde

Estudo epidemiológico na 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**

8



Efeitos na saúde

Níveis de referência

NÍVEL DE REFERÊNCIA
RECOMENDADO PELA OMS

100 Bq/m³

NÍVEL DE REFERÊNCIA
ADOTADO EM PORTUGAL

300 Bq/m³

9



Efeitos na saúde

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

NÍVEL DE REFERÊNCIA
RECOMENDADO PELA OMS

100 Bq/m³

→ **equivale**

135 raios-x/ano

5 cigarros/dia

NÍVEL DE REFERÊNCIA
ADOTADO EM PORTUGAL

300 Bq/m³

→ **equivale**

400 raios-x/ano

16 cigarros/dia

10



Cancro do pulmão causado pela exposição ao radão

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

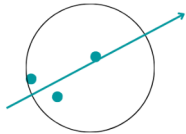
(em casos de cancro do pulmão induzidos pelo tabaco e por carcinogénicos ambientais)

Efeitos biológicos

Efeitos biológicos

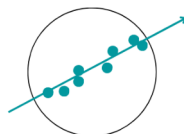
baixo LET

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:

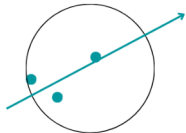
(Relative Biological Effectiveness = eficácia biológica relativa)

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

Efeitos biológicos

baixo LET

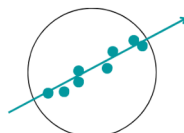
raios-x, raios gama e partículas beta



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

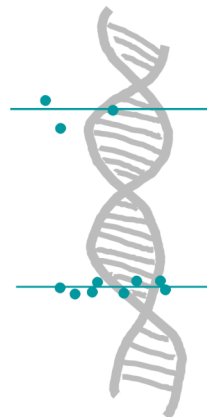
AÇÃO INDIRETA:

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

Efeitos celulares da radiação ionizante

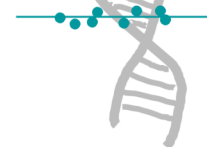
Ação Direta:

baixo LET
raios-x, raios gama e
partículas beta



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

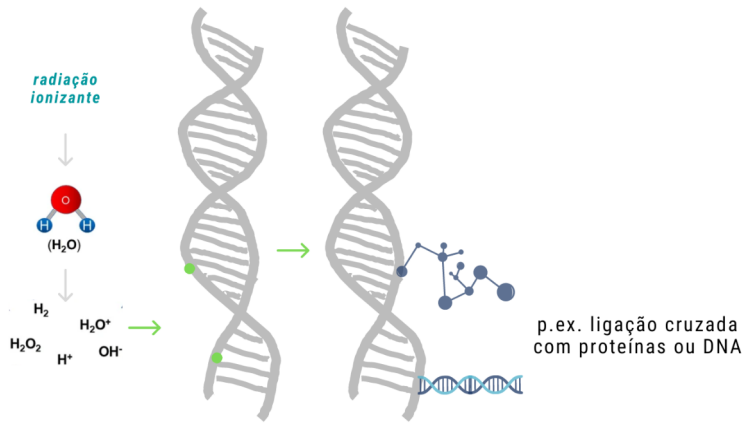
alto LET
partículas alfa e
neutrões



p.ex. quebras de
cadeira dupla de DNA

Efeitos celulares da radiação ionizante

Ação Indireta:

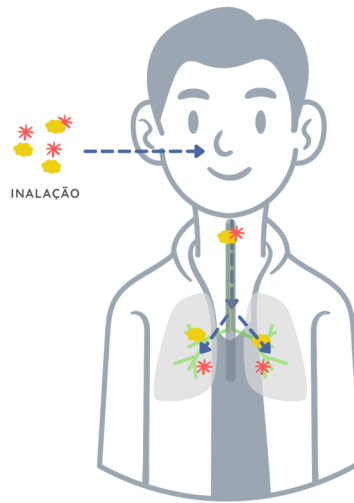


Radão no organismo

Radão no Organismo

Vias de entrada:

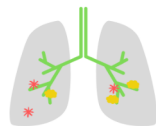
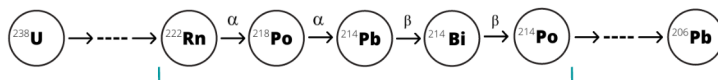
- **Inalação** (90% da dose atribuível ao radão provém da sua inalação)
- Ingestão



Radão no organismo

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

cadeia de decaimento do U-238



inalação de radão
(incluindo descendentes
de vida curta)

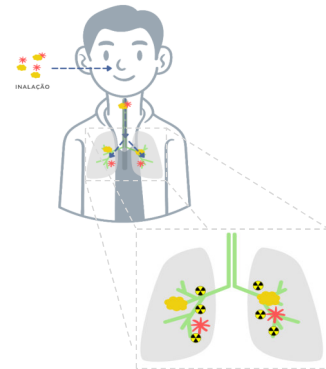
cancro do pulmão

- 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

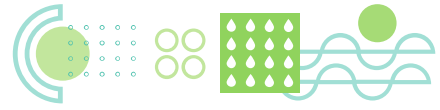
Mecanismos biológicos:

- 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.



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



OBRIGADO

apambiente.pt