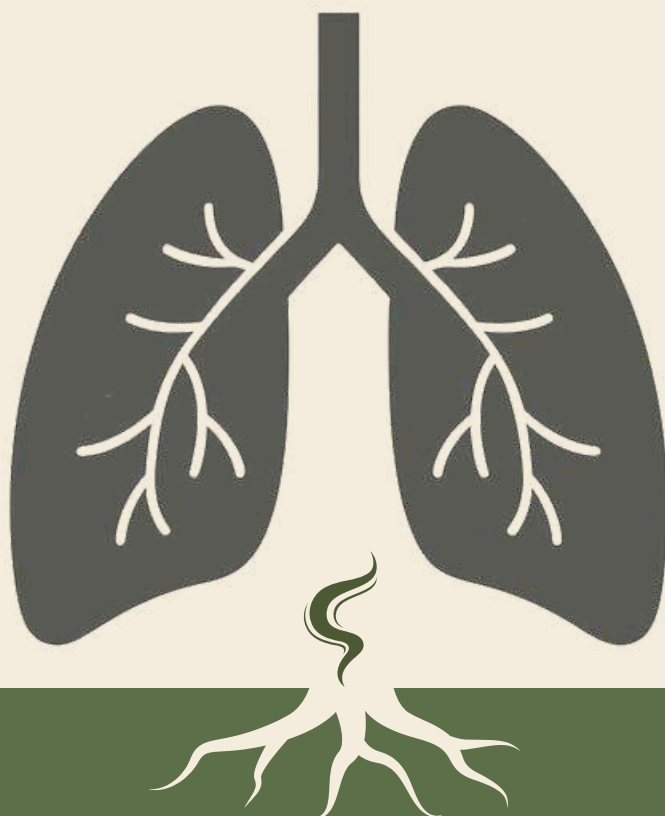
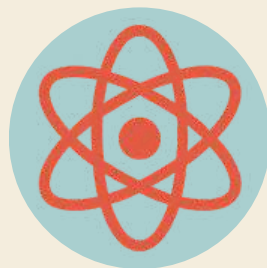


Radônio e Câncer de Pulmão:

Um Tema de Saúde Pública



Supervisão e organização

Dra. Eliana Rezende Adami

Edição e elaboração

Caroline Gabriel

Me. Debora Soares Souza Marins

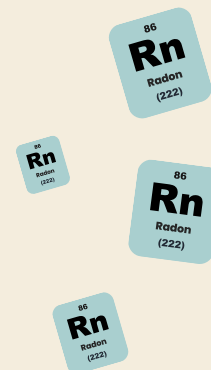
Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pelo apoio financeiro para a realização deste estudo, por meio do Edital de Chamada Pública FAPESC nº 21/2024 – Programa de Pesquisa Universal, Termo de Outorga nº 2024TR002710.

Agradeço também ao apoio institucional da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP), ao Edital Pesquisador Medicina 027/2024 pelo incentivo à pesquisa científica, inovação tecnológica e formação acadêmica na área da saúde, bem como ao LAB-BIOMA Saúde – Laboratório de Bioética, Biotecnologia, Inovação e Inteligência Artificial em Saúde, pelo suporte científico, interdisciplinar e tecnológico no desenvolvimento das atividades de pesquisa, ensino e extensão.



Idealizadoras



CAROLINE GABRIEL

Acadêmica de Medicina - Universidade Alto Vale do Rio do Peixe - UNIARP. Integra o Grupo de Pesquisa Cuidados em Saúde, Desenvolvimento Tecnológico, Sociedade e Bioética (CSDTSB) da UNIARP.



DEBORA SOARES SOUZA MARINS

Mestre em Fármacos e Medicamentos e licenciada em Ciências Biológicas. Docente de nível superior na UNIARP, com experiência em Farmacotécnica, Tecnologia Farmacêutica e Desenvolvimento de Produtos. Integra o Grupo de Pesquisa Cuidados em Saúde, Desenvolvimento Tecnológico, Sociedade e Bioética (CSDTSB) da UNIARP.



ELIANA REZENDE ADAMI

Pós-doutora em Ciências Farmacêuticas, com ênfase em Análises Clínicas, pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Pós-doutora em Bioética pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR). Mestre e Doutora em Farmacologia pela UFPR. Mestre em Bioética pela PUC-PR. Graduada em Farmácia-Bioquímica, Biologia e Nutrição. Docente do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Sociedade (Mestrado e Doutorado) da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP) e Coordenadora do Grupo de Pesquisa Cuidados em Saúde, Desenvolvimento Tecnológico, Sociedade e Bioética na UNIARP.



Expediente

Reitora

Dra. Rosana Claudio Silva Ogoshi

Vice-Reitor Acadêmico

Dr. Joel Haroldo Baade

Pró-Reitor de Campus Fraiburgo

Me. Aldair Marcondes

Secretária Geral

Ma. Suzana Alves de Moraes Franco

Secretária Acadêmica

Ma. Marissol Aparecida Zamboni

Bibliotecária

Célia de Marco

Conselho Curador

André Peruzzolo

Avelino José Monteiro

Caio Busato Tortato

Carlos Alberto Luhrs

Daniel José Tenconi

Eduardo Seleme

Gustavo Ganz Seleme

Henrique Luis Basso

Ilton Paschoal Rotta

João Carlos Machiavelli

João Luiz Granemann Driessen

Joran Seiko Aguni

Junithi Ueda

Karina Pompermayer

Leandro Bello

Luiz Antonio dos Santos

Luiz Eugenio Rossa Beltrami

Maria Fernanda Francio Parisotto

Neoberto Geraldo Balestrin

Rui Caramori

Scheilla Maria Soares Marins

Valdir de Mello Junior

Vitor Hugo Bazeggio

Viviane Caramori Mendes

Conselho Fiscal

Auri Marcel Baú

Carmem Lucia Thomé Fabiani

Delise Maria Busato Benetti

Julio Henrique Berger

Omar Bittar

Solano Haas

Telmo Fransco da Silva

Capa e diagramação

Caroline Gabriel

Debora Soares Souza Marins

Eliana Rezende Adami

Conselho Editorial da Uniarp (Eduniarp)

Editora-Chefe: Dra. Jéssica Santana dos Reis

Membros

Dr. Adelcio Machado dos Santos – Uniarp

Dra. Claudriana Locatelli – Uniarp

Dra. Cristine Vanz Borges – Uniarp

Dra. Flávia Novera Loureiro – Universidade do Minho – PT

Dr. Levi Hülse – Uniarp

Dra. Lina Rosa Parra Bernal – Universidade Católica de Manizales – CO

Dr. Héctor Alonzo Gómez Gómez – Universidad Nacional de Agricultura – HN

Dr. Joel Haroldo Baade - Uniarp

Dr. Juan Miguel González Velasco - Universidad Mayor de San Andres – BO

Dra. Maria Antônia Pujol Maura - Universidad de Barcelona – ES

Dr. Mário João Ferreira Monte – Universidade do Minho - PT

Dra. Marlene Zwierewicz – Uniarp

Dra. Myriam Ortiz-Padilla – Universidade Simón Bolívar – CO

Dra. Olga Patricia Bonilla Marquinez – Universidade Católica de Manizales – CO

Dr. Ramón Garrote Jurado – Universidade de Borás – SE

Dra. Rosana Claudio Silva Ogoshi – Uniarp

Dra. Verônica Violant Holz – Universidad de Barcelona – ES

Dr. Saturnino de la Torre – Universidad de Barcelona – ES

Ficha catalográfica

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Universitária da
Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP –
Caçador/SC.

G118r

Gabriel, Caroline

Radônio e câncer de pulmão [recurso eletrônico]: um tema de saúde pública /
Supervisão e organização Eliana Rezende Adami. Edição e elaboração Caroline
Gabriel; Debora Soares Souza Marins. Caçador; EdUniarp, 2025.

43p.: il.

Disponível em: <http://>

ISBN: 978-65-88205-69-3

1. Radônio. 2. Câncer de pulmão. I. Marins, Debora Soares Souza. II. Adami,
Eliana Rezende. III. Título.

CDD: 610

Apresentação

Existe um gás natural, invisível, inodoro e insípido chamado radônio, que pode se acumular em ambientes fechados — como casas, escolas e locais de trabalho — e está relacionado ao risco de desenvolvimento de câncer de pulmão.

Originado da decomposição natural do urânio presente no solo e em rochas, o radônio é reconhecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como a segunda principal causa de câncer de pulmão no mundo, afetando inclusive pessoas não fumantes.

Apesar de sua importância, o tema ainda é pouco discutido no Brasil. A falta de informação e de políticas públicas de prevenção torna urgente a divulgação científica acessível, voltada à população geral.

“Respirar é um ato vital, mas nem sempre seguro.”

Esta cartilha tem como missão informar sobre o que é o radônio e seus riscos à saúde, conscientizar sobre sua presença em ambientes cotidianos, orientar sobre formas de prevenção, medição e proteção, e promover a saúde pulmonar com base na ciência e na equidade.



Sumário

Apresentação	05
O que é o radônio?	07
Como o radônio afeta a saúde?	08
Câncer de pulmão: causas e tipos	10
Relação entre radônio e câncer de pulmão	12
Estudo de caso: quando o risco é invisível.....	15
Radônio no Brasil	16
Como medir o radônio?	19
Como prevenir a exposição ao radônio	20
Prevenção acessível: soluções de baixo custo.....	22
Justiça ambiental e bioética	23
Radônio e os ODS	24
Populações vulneráveis e alterações genéticas ...	28
Legislação e políticas públicas	31
Onde buscar ajuda?	33
Glossário	37
Perguntas frequentes	38
Referências bibliográficas	40



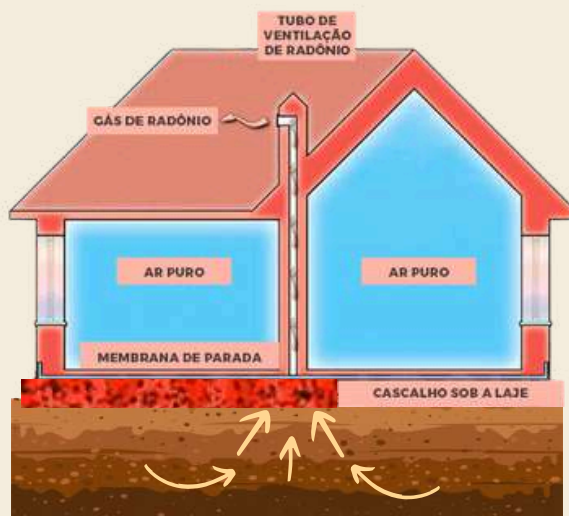
Apresentação

"Respirar é um ato vital, mas nem sempre seguro"

Existe um gás natural, invisível, inodoro e insípido chamado **radônio**, que pode se acumular em ambientes fechados — como casas, escolas e locais de trabalho — e está relacionado ao risco de desenvolvimento de **câncer de pulmão**.

Originado da decomposição natural do **urânio presente no solo e em rochas**, o radônio é reconhecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como a segunda principal causa de câncer de pulmão no mundo, afetando inclusive pessoas não fumantes.

Apesar de sua importância, o tema ainda é pouco discutido no Brasil. A falta de informação e de políticas públicas de prevenção torna urgente a **divulgação científica acessível**, voltada à população geral.



Esta cartilha tem como missão:

 **Informar** sobre o que é o radônio e seus riscos à saúde;

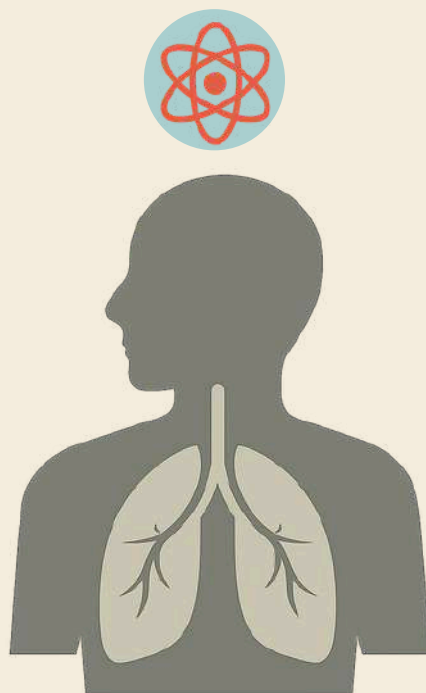
 **Conscientizar** sobre sua presença em ambientes cotidianos;

 **Orientar** sobre formas de prevenção, medição e proteção;

 **Promover** a saúde pulmonar com base na ciência e na equidade.

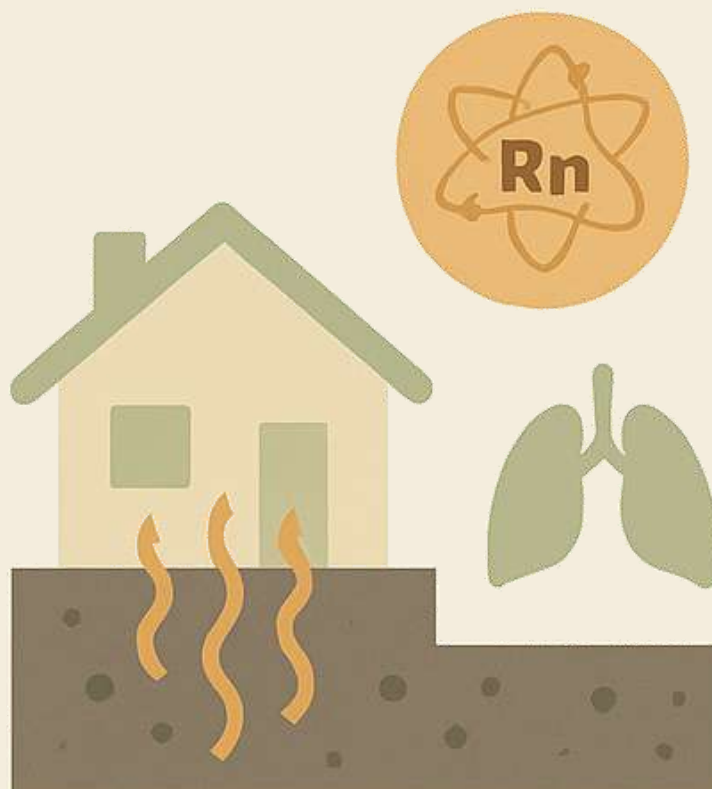
Com linguagem clara e visual educativo, buscamos transformar conhecimento em atitude!

Porque respirar com segurança é um direito de todos!



O que é o radônio?

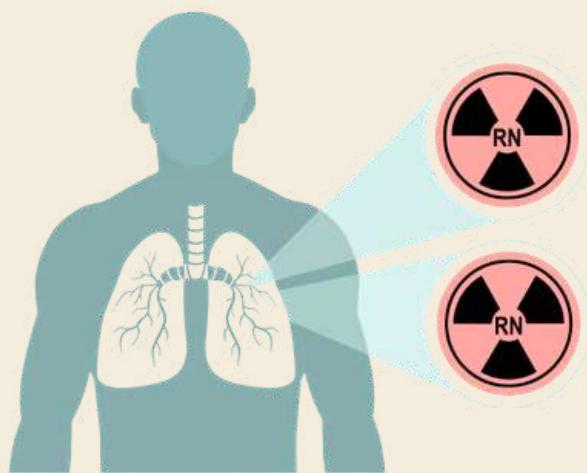
O **radônio (Rn)** é um gás radioativo natural, **sem cor, cheiro ou sabor**. Ele é liberado do solo e das rochas, podendo se acumular em ambientes fechados, como casas e escolas, principalmente onde há rachaduras, pouca ventilação ou materiais de construção contaminados.



Embora esteja presente em baixas quantidades no ar livre, em locais fechados ele pode atingir níveis perigosos. Sua inalação contínua está associada ao **câncer de pulmão**, mesmo em pessoas que nunca fumaram.

Como o radônio afeta a saúde?

O **radônio** afeta a saúde humana principalmente por meio da inalação de seus produtos de decaimento radioativo. Quando respiramos **ar contaminado** por esse gás — especialmente em ambientes fechados e mal ventilados — ele **penetra nos pulmões** e se deposita no tecido epitelial que reveste os alvéolos pulmonares.



Após sua inalação, o radônio se transforma em **partículas sólidas radioativas**, que emitem radiação alfa. Essa radiação tem baixo poder de penetração, mas **grande capacidade de danificar as células** com as quais entra em contato direto.

Como o radônio afeta a saúde?

Efeitos no tecido pulmonar

- As partículas radioativas se fixam no epitélio brônquico;
- A radiação alfa causa quebras no DNA das células pulmonares;
- Com o tempo, essas alterações podem gerar mutações genéticas irreversíveis;
- Esse processo pode iniciar a carcinogênese pulmonar — ou seja, o surgimento de um câncer.

Fatores que influenciam o risco

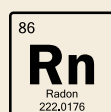
↑ **Concentração de radônio no ambiente:** quanto maior, maior o risco;

🕒 **Tempo de exposição:** risco aumenta com a exposição prolongada (anos);

🚬 **Hábito de fumar:** fumantes têm risco 20 vezes maior quando expostos ao radônio;

🧬 **Predisposição genética:** pessoas com mutações em genes como TP53, EGFR ou ALK têm risco potencialmente elevado, mesmo sendo não-fumantes.

Resumo educativo



Entra pela
respiração

Se desintegra
nos pulmões

Libera partículas
danosas ao DNA

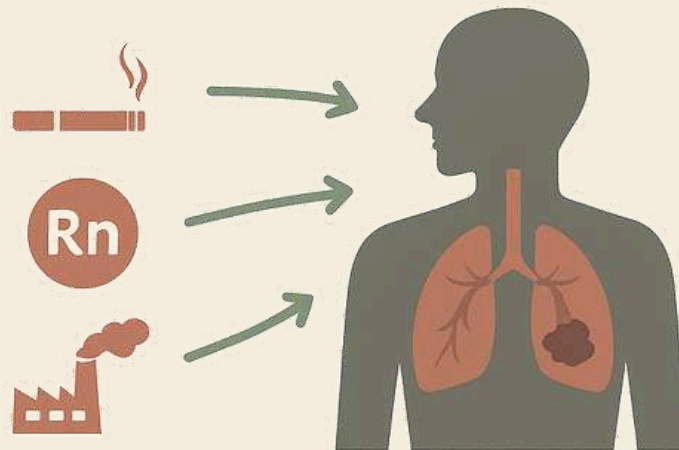
Câncer de
pulmão

Câncer de pulmão: causas e tipos

O que é o câncer de pulmão?

O câncer de pulmão ocorre quando células pulmonares crescem de forma descontrolada, formando **tumores malignos**. Ele pode invadir os tecidos ao redor e se espalhar para outras partes do corpo (metástase).

É uma das **principais causas de morte por câncer** no mundo, inclusive em pessoas não fumantes.



Fatores de risco mais comuns:

- Tabagismo ativo ou passivo;
- Exposição prolongada ao radônio;
- Poluição do ar (interna e externa);
- Exposição a substâncias tóxicas (arsênio, sílica, amianto);
- Histórico familiar de câncer;
- Alterações genéticas (EGFR, ALK, TP53).

Câncer de pulmão: causas e tipos

Classificação dos tipos mais comuns

✓ Carcinoma de não pequenas células:

> Representa 85% dos casos.

> Subtipos:

- **Adenocarcinoma:** mais comum em não-fumantes e mulheres;
- **Células escamosas:** forte relação com tabagismo;
- **Grandes células:** mais raro, crescimento rápido.

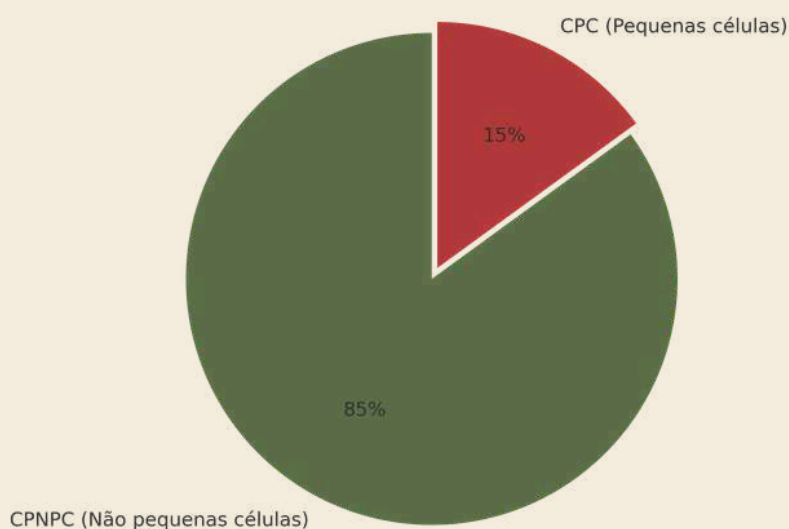
✓ Carcinoma de pequenas células:

> Cerca de 15% dos casos;

> Crescimento rápido e tendência à metástase precoce;

> Altamente relacionado ao cigarro.

Figura 1 – Distribuição por tipo de câncer de pulmão

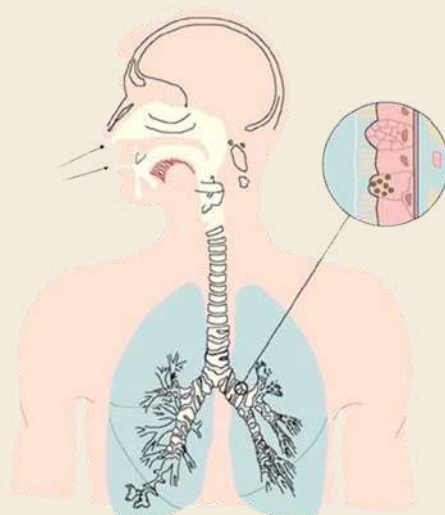


Fonte: Instituto Nacional de Câncer-INCA (2024).

Relação entre radônio e câncer de pulmão

O radônio é reconhecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pela Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) como um **carcinógeno humano do Grupo 1** — ou seja, há evidência científica consistente de que sua exposição está **diretamente relacionada ao desenvolvimento de câncer de pulmão.**

Figura 2 – Radônio como causa de câncer de pulmão.



Fonte: Petta *et al.* (2013).

Quando inalado, o radônio se desintegra e libera **partículas alfa**, que se depositam no epitélio brônquico. Com o tempo, essa exposição contínua **danifica o DNA** das células pulmonares, levando a **mutações genéticas** que podem iniciar a **formação de tumores malignos.**

Relação entre radônio e câncer de pulmão

Como o radônio contribui para o câncer de pulmão?

Radônio é inalado em ambientes fechados



Partículas radioativas se depositam nos pulmões



Danos ao DNA celular provocados pela radiação alfa



Mutações



Formação de tumores malignos

Quem está em risco?

- Pessoas que vivem em regiões com solo granítico;
- Moradores de casas com pouca ventilação ou rachaduras;
- Não fumantes com exposição prolongada ao radônio;
- Fumantes expostos ao radônio: **risco multiplicado.**

Relação entre radônio e câncer de pulmão

Evidências científicas:

> Até 14% dos casos de câncer de pulmão no mundo podem estar relacionados à exposição ao radônio (OMS, 2009).

> Em não fumantes, o radônio é a principal causa ambiental de câncer de pulmão.

> Estudos demonstram que o risco aumenta proporcionalmente à concentração e à duração da exposição (International Agency for Research on Cancer, 2012):

- Exposição a níveis entre 100–200 becqueréis por metro cúbico (Bq/m^3) já representa risco significativo.
- Acima de 300 Bq/m^3 , o risco cresce substancialmente.

Nível de radônio (Bq/m^3)	Risco relativo estimado
< 100	1.0
100–199	1.2
200–299	1.5
≥ 300	1.8

Fonte: World Health Organization (2009).

Populações mais afetadas incluem:

- Moradores de áreas com solo granítico ou histórico de mineração;
- Indivíduos que vivem em casas com pouca ventilação;
- Pessoas com alterações genéticas (EGFR, ALK, TP53) associadas ao câncer.

Unidade usada:

A concentração de radônio no ar é medida em Becquerel por metro cúbico (Bq/m^3).

Bq/m^3

Estudo de caso: quando o risco é invisível

> Maria, 42 anos, vive em uma casa térrea no interior de Santa Catarina, em uma região com solo granítico.

> Sem histórico de tabagismo ou doenças respiratórias, começou a apresentar tosse persistente, fadiga e falta de ar. Os primeiros exames não indicaram infecção ou alergias.

- Após meses de investigação, veio o diagnóstico surpreendente: **sua residência apresentava altos níveis de radônio**, um gás radioativo incolor e inodoro, que se acumulava por falta de ventilação adequada e fissuras no piso.

- Com o apoio de uma universidade pública da região, foram **instaladas barreiras de vedação e sistemas de ventilação passiva**, reduzindo drasticamente a concentração do gás no ambiente.



O caso de Maria reforça uma verdade silenciosa:
O risco pode estar no ar que respiramos. Reconhecer esse perigo a tempo pode salvar vidas.

Radônio no Brasil

Panorama e regiões de risco

Apesar de pouco discutido, o radônio é um risco real em várias regiões brasileiras. Isso ocorre porque o solo de grande parte do país é composto por formações graníticas ou uraníferas, especialmente em áreas do Sudeste, Centro-Oeste e Sul.

A concentração do gás pode variar conforme o tipo de solo, estrutura das construções e ventilação dos ambientes.

Regiões com maior potencial de emissão de radônio:

- ◆ **Minas Gerais**
(Ouro Preto, Poços de Caldas)
- ◆ **Espírito Santo**
(Vila Velha, região costeira)
- ◆ **Distrito Federal**
(áreas de Brasília e entorno)
- ◆ **Goiás e Pará**
(áreas de mineração)



Por que essas áreas são preocupantes?

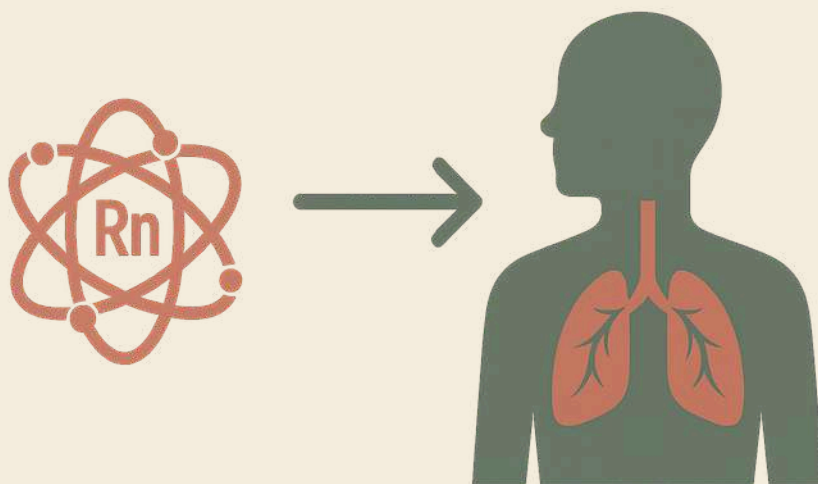
- Presença de solo granítico ou rochas uraníferas;
- Uso de materiais de construção locais que podem liberar radônio;
- Climas mais frios ou úmidos com pouca ventilação interna;
- Casas térreas com rachaduras no piso ou sem vedação adequada.

Radônio no Brasil

Desafios e ações no Brasil

Apesar do potencial risco, o radônio ainda é um tema pouco debatido nas políticas públicas brasileiras. Algumas dificuldades atuais incluem:

- ✗ **Ausência de legislação específica** sobre limites de radônio em ambientes residenciais e escolares;
- ✗ **Falta de campanhas de conscientização** pública sobre o risco da exposição;
- ✗ **Baixa disponibilidade de equipamentos de medição** acessíveis para a população geral;
- ✗ **Escassez de estudos epidemiológicos nacionais** correlacionando radônio e câncer de pulmão.



Radônio no Brasil

Medidas em andamento

 A CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear) realiza monitoramentos pontuais em áreas de risco;

 Universidades públicas estão conduzindo estudos sobre solo, construções e exposição ao radônio;

 Propostas de regulamentação vêm sendo discutidas por entidades de engenharia sanitária e vigilância em saúde.

 O Brasil segue recomendações da OMS e participa de programas internacionais de saúde ambiental;



Você sabia?

O Brasil ainda não possui limites legais para o **radônio**!

Como medir o radônio?

Conceitos e métodos de medição

A medição do radônio é o primeiro passo para identificar o **risco real** de exposição em residências, escolas ou ambientes de trabalho. Por ser um gás invisível e inodoro, somente **equipamentos específicos** podem detectá-lo.

Por que medir?

- 🔍 Para saber se há níveis elevados de radônio no ar;
- ✓ Para comparar os valores com os limites recomendados pela OMS;
- 🏠 Para adotar medidas corretivas, caso necessário.

Tipos de medição: curto e longo prazo



Curto prazo

2 a 7 dias

Avaliação inicial rápida
ou rastreio geral



Longo prazo

90 dias a 1 ano

Diagnóstico mais preciso
do risco real de exposição

Como prevenir a exposição ao radônio

Como o radônio é um gás incolor, inodoro e insípido, sua presença passa despercebida. Por isso, a prevenção depende de medição e adequações no ambiente para evitar o acúmulo do gás nos espaços internos.

Ações preventivas em construções já existentes:

- **Ventile bem os ambientes internos:** abrir portas e janelas com frequência facilita a dissipação do radônio.
- **Instale exaustores ou ventiladores de subsolo:** ajudam a redirecionar o gás para fora da estrutura.
- **Vede rachaduras em pisos e paredes:** o radônio entra principalmente por fendas e juntas do concreto.
- **Evite acúmulo de umidade em porões e cômodos fechados:** ambientes úmidos tendem a acumular mais gás.

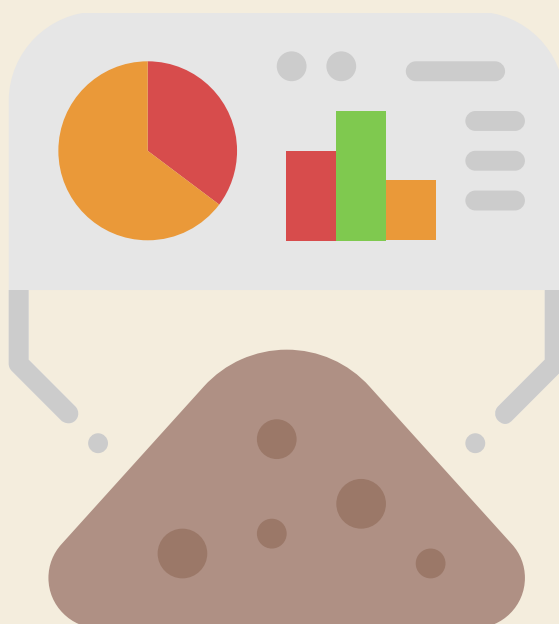
Dica prática:

O radônio costuma se acumular nos andares térreos, porões ou casas térreas. A ventilação desses espaços deve ser uma prioridade.

Como prevenir a exposição ao radônio

Cuidados na construção de novas edificações:

- Utilize **barreiras anti-radônio** sob fundações (membranas plásticas impermeáveis);
- Adote sistemas passivos de **ventilação** sob o piso, como tubos que redirecionam o gás antes que ele entre no ambiente;
- Escolha **materiais de construção de baixa emissão radioativa**, sempre que possível;
- Considere **avaliação prévia do solo** antes de construir.



Prevenção acessível: soluções de baixo custo

Nem sempre é possível investir em reformas caras ou equipamentos sofisticados, mas pequenas atitudes no dia a dia já ajudam a reduzir o risco de exposição ao radônio:



Abrir janelas e portas regularmente: melhora a circulação do ar e reduz o acúmulo de radônio.



Usar ventiladores ou exaustores simples: especialmente em porões ou cômodos fechados.



Vedar rachaduras no piso e nas paredes: o radônio entra por fendas e trincas — silicone, massa corrida ou argamassa já ajudam.



Evitar o acúmulo de umidade: ambientes úmidos tendem a concentrar mais radônio.



Manter móveis afastados de paredes úmidas: isso permite melhor ventilação e impede o acúmulo do gás.

"Com ações simples, é possível tornar a casa mais segura — mesmo com recursos limitados."

Justiça ambiental e bioética

O que é justiça ambiental?

A justiça ambiental parte do princípio de que o risco ambiental deve ser distribuído de forma justa, o que nem sempre acontece. Em muitos casos, populações mais vulneráveis são as mais expostas a perigos ambientais, como o radônio.

Por que o radônio é também uma questão de justiça social?

- Pessoas em situação de vulnerabilidade habitam casas sem vedação adequada, mal ventiladas ou sobre solos graníticos sem avaliação prévia;
- Essas famílias geralmente não têm acesso a testes de medição nem a recursos para fazer reformas ou melhorias;
- Muitas vezes vivem sem saber que estão expostas, pois não há campanhas públicas ou atendimento específico sobre o tema.



Justiça ambiental e bioética

Desigualdades ambientais no Brasil



A maioria dos estudos sobre radônio ainda está concentrada em áreas urbanas e centros acadêmicos



Há pouca vigilância sanitária ativa sobre a presença de radônio em escolas, residências populares e comunidades rurais;



Locais com histórico de mineração ou exploração de urânio raramente têm monitoramento contínuo.



Moradias inadequadas aumentam risco



FALTA DE ACESSO A TESTES



Populações com baixo acesso a dados

Por que a bioética é importante nesse contexto?

A bioética orienta decisões em saúde pública com base em valores como justiça, proteção, precaução e responsabilidade social.

Justiça ambiental e bioética

Princípios bioéticos aplicáveis à exposição ao radônio:



Justiça: garantir que todas as pessoas tenham direito à informação, diagnóstico e prevenção.



Proteção: dar atenção especial a grupos vulneráveis (crianças, idosos, população de baixa renda).



Precaução: agir mesmo quando os dados ainda são limitados – melhor prevenir do que remediar.



Responsabilidade social: exigir que políticas públicas levem o tema a atenção de toda a sociedade.

O que pode ser feito?

- Incluir o tema do radônio em planos de saúde pública e habitação;
- Criar linhas de financiamento para reformas em moradias populares;
- Incentivar pesquisas e políticas intersetoriais, envolvendo saúde, meio ambiente e urbanismo.

“Viver em segurança é um direito de todos — medir e prevenir o radônio é também um ato de justiça.”

Radônio e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

O combate à exposição ao radônio não é apenas uma questão de saúde individual — é também uma pauta global de justiça ambiental, equidade e desenvolvimento sustentável.



Radônio e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

A prevenção e o monitoramento desse gás se conectam diretamente a diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU:

ODS 3 – Saúde e bem-estar

Reduzir doenças respiratórias causadas por poluentes ambientais é uma meta prioritária. Identificar e mitigar a exposição ao radônio protege a saúde da população, especialmente de grupos vulneráveis como crianças e idosos.

ODS 10 – Redução das desigualdades

Famílias de baixa renda vivem, com mais frequência, em moradias precárias e em áreas de risco ambiental, sem acesso à informação ou a recursos para se proteger. Incluir o radônio em políticas públicas ajuda a combater essas injustiças.

ODS 11 – Cidades e comunidades sustentáveis

Planejamento urbano e habitação segura devem considerar fatores ambientais invisíveis, como o radônio. Construções mais seguras, bem ventiladas e monitoradas são parte de uma cidade saudável e resiliente.

Populações vulneráveis e alterações genéticas

Populações vulneráveis à exposição ao radônio

Quem está mais vulnerável ao radônio?

Embora o radônio esteja presente em muitos ambientes, algumas populações têm maior risco de exposição ou maior sensibilidade aos seus efeitos.

Grupos em maior risco:

- Pessoas que vivem em casas térreas, mal ventiladas ou sobre solo granítico;
- Populações de baixa renda, que não conseguem realizar reformas, vedação ou medição do gás;
- Trabalhadores da construção civil e mineração, especialmente sem uso de EPIs;
- Crianças e idosos, que têm maior sensibilidade à radiação;
- Pessoas com histórico familiar de câncer de pulmão.

Quem está mais vulnerável ao radônio?



Pessoas que vivem em casas térreas, mal ventiladas ou sobre solo granítico



Populações de baixa renda



Trabalhadores da construção e mineração



Crianças e idosos



Pessoas com histórico familiar de câncer de pulmão

Populações vulneráveis e alterações genéticas

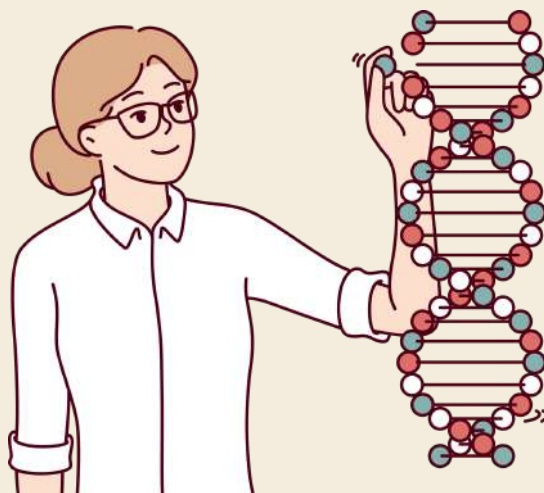
Como a genética influencia o risco

Exposição ao radônio pode interagir com o perfil genético da pessoa

Nem todas as pessoas expostas ao radônio desenvolvem câncer de pulmão. Porém, mutações genéticas específicas aumentam esse risco — principalmente em não fumantes.

Alterações genéticas associadas:

- **EGFR (Receptor do Fator de Crescimento Epidérmico):** mutações neste gene são comuns em câncer de pulmão de não fumantes, principalmente mulheres;
- **ALK (Quinase do Linfoma Anaplásico):** fusões gênicas envolvidas em tumores de crescimento agressivo;
- **TP53:** gene supressor tumoral, quando mutado, dificulta o reparo de danos no DNA causados por radiação.



Populações vulneráveis e alterações genéticas

Interação entre vulnerabilidade e genética

Quando fatores sociais e genéticos se somam

O risco aumenta quando pessoas geneticamente predispostas vivem em ambientes com alta concentração de radônio e baixa capacidade de se proteger.

Ex: Mulher, não fumante, moradora de casa sobre solo granítico, com mutação EGFR → risco elevado.

O que isso reforça?

- A importância da vigilância genômica em casos de câncer de pulmão em não fumantes;
- A necessidade de políticas públicas específicas para populações vulneráveis;
- A urgência de testagem e prevenção direcionadas, não apenas universais.

“A exposição pode ser ambiental, mas o impacto é individual – e em muitos casos, genético.”

Legislação e políticas públicas do radônio

Situação legal do radônio no Brasil e no mundo

O que dizem as normas internacionais?

A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda que a concentração de radônio em ambientes internos **não ultrapasse 100 Bq/m³**.

--> Quando isso não for possível, limites de até 300 Bq/m³ ainda são aceitáveis com medidas de mitigação.

E no Brasil?

- Não possui legislação federal específica sobre radônio em residências ou escolas.
- O tema ainda não está contemplado em normas da saúde pública, construção civil ou vigilância sanitária.
- A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) realiza monitoramentos pontuais, mas **sem política nacional preventiva**.



Legislação e políticas públicas do radônio

O que pode ser feito no Brasil?

Possíveis políticas públicas eficazes

- ✓ Incluir o tema em políticas de saúde ambiental e urbana;
- ✓ Criar diretrizes normativas para limites em escolas, moradias e ambientes públicos;
- ✓ Oferecer medição gratuita ou subsidiada em regiões de risco;
- ✓ Treinar profissionais da construção civil e vigilância sanitária;
- ✓ Incentivar pesquisas geológicas e epidemiológicas no SUS e universidades.



É hora de radônio
ser prioridade
nas ações em
saúde pública.

“O radônio é um risco invisível, mas a responsabilidade de enfrentá-lo deve ser visível e concreta.”

Onde buscar ajuda?

> O primeiro passo para agir contra o radônio é saber onde encontrar informações confiáveis e apoio técnico.

> No Brasil, apesar da ausência de políticas públicas amplas, algumas instituições já atuam com monitoramento, pesquisa e orientação sobre o tema. Algumas instituições e fontes confiáveis são:



CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

- Realiza estudos e monitoramento de radônio em áreas de risco;
- Oferece informações técnicas e protocolos de medição.



Universidades públicas e institutos de pesquisa

- Vários grupos acadêmicos desenvolvem projetos de avaliação ambiental, geologia e saúde pública;
- Exemplos: UFSC, UFMG, UFRGS, USP, UNB, entre outras;
- Acompanhe editais, estudos locais e grupos de extensão.



Serviços de saúde e vigilância sanitária

- Unidades de vigilância em saúde ambiental podem orientar sobre riscos e possíveis ações.

POR UM FUTURO DE RESPIRAÇÃO SEGURA



“Radônio é invisível, mas o conhecimento é uma ferramenta visível e poderosa. Proteger-se é um direito, e também um dever coletivo.”

Glossário

Termos técnicos e científicos



Radônio (Rn): Gás radioativo natural, incolor, insípido e inodoro, liberado a partir da decomposição do urânio presente em rochas e solos. Pode infiltrar-se em casas e edifícios.



Urânio: Elemento químico presente naturalmente no solo e rochas. É o precursor do radônio.



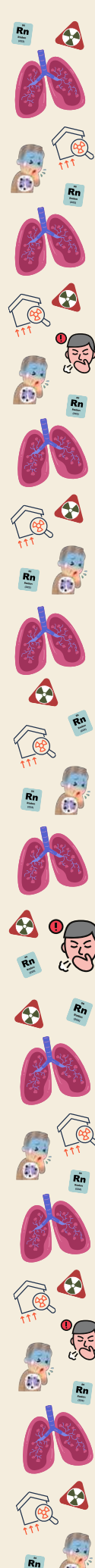
Radioatividade: Propriedade de certos elementos de emitir radiação ao se desintegrarem. O radônio é radioativo e emite partículas alfa.



Partícula alfa: Tipo de radiação emitida pelo radônio. Não atravessa a pele, mas pode causar danos no pulmão quando inaladas.



Meia-vida: Tempo necessário para que a metade de uma substância radioativa se desintegre. A meia-vida do radônio-222 é de 3,8 dias.



Glossário

Instrumentos, medições e controle



Becquerel (Bq): Unidade que mede a atividade radioativa (1 Bq = 1 desintegração por segundo).



Bq/m³ (Becquerel por metro cúbico): Unidade usada para medir a concentração de radônio no ar.



Dispositivos de medição de radônio: Equipamentos utilizados para detectar e medir o radônio. Exemplos: cápsula de carvão ativado, eletreto (E-PERM), alpha track, monitor digital.



Mitigação: Conjunto de técnicas para reduzir a concentração de radônio em um ambiente. Inclui ventilação, vedação e sistemas de exaustão.



Ventilação passiva e ativa: A ventilação passiva usa aberturas e fluxos naturais. A ativa utiliza equipamentos (exaustores, ventiladores) para remover o radônio.

Glossário

Conceitos éticos e sociais



Justiça ambiental: Princípio que defende a distribuição equitativa dos riscos ambientais. Busca proteger populações mais vulneráveis e expostas a riscos invisíveis, como o radônio.



Bioética: Área da ética aplicada que orienta decisões em saúde com base em valores como justiça, proteção, precaução e responsabilidade social.



Vulnerabilidade social: Condição de grupos que enfrentam maior risco devido a fatores como renda, moradia precária, falta de acesso a informação ou serviços de saúde.



Precaução: Princípio bioético que recomenda agir para proteger a saúde, mesmo que nem todas as evidências estejam completas.



Responsabilidade pública: Dever do Estado e das instituições de garantir ambientes saudáveis e informação acessível para toda a população.

Perguntas frequentes

Dúvidas sobre riscos e exposição

O radônio faz mal mesmo em pouca quantidade?

R: Sim. Qualquer nível de exposição prolongada pode representar risco. A OMS recomenda intervir em concentrações acima de 100 Bq/m³.

Onde o radônio se acumula com mais frequência?

R: Em porões, casas térreas, pisos com rachaduras e ambientes mal ventilados.

O radônio afeta fumantes e não fumantes?

R: Sim. Em fumantes, o risco de câncer de pulmão é ainda maior. Mas o radônio é a principal causa ambiental de câncer de pulmão em não fumantes.

Radônio tem cheiro ou cor?

R: Não. É totalmente invisível e inodoro, só podendo ser detectado com aparelhos específicos.



Perguntas frequentes

Dúvidas sobre diagnóstico, prevenção e legislação

Como medir o radônio em casa?

R: Usando dispositivos próprios de curto ou longo prazo. Existem kits simples que podem ser adquiridos e enviados para análise.

Quanto custa medir o radônio?

R: Depende do método. Kits simples custam em média entre R\$150 a R\$500. O Brasil ainda carece de programas gratuitos para a população.

Existe tratamento para câncer causado por radônio?

R: O tratamento segue os protocolos para câncer de pulmão. A detecção precoce é essencial.

O Brasil tem alguma lei sobre radônio?

R: Não há legislação federal específica. A CNEN realiza monitoramentos pontuais, mas o tema ainda não é regulamentado em nível nacional.

Quem posso procurar?

R: Engenheiros civis, geólogos, universidades, postos de saúde e vigilância sanitária local.

Referências bibliográficas

BARROS-DIOS, Juan Miguel; RODRIGUEZ-MARTINEZ, Angeles; RUANO-RAVINA, Alberto; PÉREZ-RÍOS, Mónica. Residential radon exposure, histologic types, and lung cancer risk. *Cancer epidemiology, biomarkers & prevention*, v. 21, n. 6, p. 951–958, 2012. DOI: 10.1158/1055-9965.EPI-12-0146-T.

COMISSÃO Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília, DF, [s.d.]. Disponível em: www.gov.br/cnen. Acesso em: jul. 2025.

DARBY, S. et al. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *BMJ*, v. 330, p. 223–227, 2005.

INSTITUTO Nacional de Câncer (INCA). Câncer de pulmão. Rio de Janeiro: INCA, 2024. Disponível em: <https://www.inca.gov.br>. Acesso em: jul. 2025.

INTERNATIONAL Agency for Research on Cancer. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: volume 100D – radiation. Lyon: IARC, 2012

PETTA, R. A.; CAMPOS, T. F. C. O gás radônio e suas implicações para a saúde pública. *Revista de Geologia, Fortaleza*, v. 26, n. 2, p. 7-18, 2013.

RODRIGUEZ-MARTINEZ, Angeles; RUANO-RAVINA, Alberto; BARROS-DIOS, Juan M.; PÉREZ-RÍOS, Mónica. Residential radon and small cell lung cancer: a systematic review. *Cancer Letters*, v. 426, p. 57–62, 2018. DOI: 10.1016/j.canlet.2018.03.007.

RUANO-RAVINA, Alberto et al. Residential radon, EGFR mutations and ALK alterations in never-smoking lung cancer cases. *European Respiratory Journal*, v. 48, n. 5, p. 1462–1470, 2016. DOI: 10.1183/13993003.00407-2016.

THOMAZ, Mariana et al. Genes in lung cancer non-smokers and radon exposure. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, v. 17, n. 1, p. 1–8, 2022. DOI: 10.9790/3008-1701020108.

UNITED States Environmental Protection Agency. A citizen's guide to radon: the guide to protecting yourself and your family from radon. Washington: EPA, 2016.

WORLD Health Organization. WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. Geneva: WHO Press, 2009.