

SECRETARIA DE ESTADO DE SAÚDE DE MINAS GERAIS

PROJETO PLANALTO POÇOS DE CALDAS

Pesquisa Câncer e Radiação Natural – Incidência e Comportamento de Risco

MINAS GERAIS – BRASIL

2004 a 2013

Autores

Berenice Navarro Antoniazzi

Nivaldo Carlos da Silva

Tarcísio Neves da Cunha

Ubirani Barros Otero



Belo Horizonte, 2013

AUTORES

Berenice Navarro Antoniazzi¹
Nivaldo Carlos da Silva²
Tarcísio Neves da Cunha
Ubirani Barros Otero³

COLABORADORES

Angela Maria do Amparo¹
Carina Celi Inácio do Nascimento¹
Eder Tadeu Zenun Guerrero²
Felipe Pinto³
Marcos da Costa Campista²
Thays Aparecida Leão D'Alessandro¹
Yula Merola⁴

¹ Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais/Programa de Avaliação e Vigilância do Câncer

² Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN/ Laboratório Poços de Caldas

³ Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva

⁴ Secretaria Municipal de Saúde de Poços de Caldas – RCBP

FICHA CATALOGRÁFICA

Minas Gerais. Secretaria de Estado de Saúde
M663p Projeto Planalto Poços de Caldas : pesquisa câncer e radiação natural: incidência e comportamento de risco./ Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais; Berenice Navarro Antoniazzi; Nivaldo Carlos da Silva; Tarcísio Neves da Cunha; Ubirani Barros Otero (orgs.). - Belo Horizonte: ESP-MG, 2013.
200 p.
ISBN: 978-85-62047-90-9
1. Neoplasias. 2. Radiação Natural. 3. Comportamento de risco. I. Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais. II. Antoniazzi, Berenice Navarro. Silva, Nivaldo Carlos da. III. Cunha, Tarcísio Neves da. IV. Otero, Ubirani Barros. V. Título
NLM QZ 200

Tiragem: 3.000 exemplares.

É permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte

Esta publicação é uma produção do Programa de Avaliação e Vigilância do Câncer da Superintendência de Vigilância Epidemiológica, Ambiental e Saúde do Trabalhador, com recursos dos rendimentos do convênio INCA/MS/SES-MG nº 199/02 – Prevenção e Controle do Câncer – meta 1, Ações de Vigilância, RCBP/ pesquisa / publicação.

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Governador do Estado de Minas Gerais

Antonio Augusto Junho Anastasia

Secretário de Estado de Saúde de Minas Gerais

Antônio Jorge de Souza Marques

Secretário Adjunto de Saúde

Francisco Antônio Tavares Jr.

Chefe de Gabinete

Marta de Souza Lima

Subsecretário de Vigilância e Proteção à Saúde

Carlos Alberto Pereira Gomes

Subsecretário de Políticas e Ações em Saúde

Maurício Rodrigues Botelho

Subsecretário de Inovação e Logística em Saúde

João Luiz Soares

Subsecretária de Regulação

Maria Letícia Duarte Campos

Subsecretário de Gestão Regional

Gilberto José Rezende dos Santos

Diretor da Escola de Saúde Pública do Estado de Minas Gerais

Damião Mendonça Vieira

Assessora de Comunicação Social

Gisele Maria Bicalho Rezende

Superintendente de Vigilância Epidemiológica, Ambiental e Saúde do Trabalhador

Deise Aparecida dos Santos

Diretora de Análise de Situação de Saúde

Aline Machado Caetano Costa

Programa de Avaliação e Vigilância do Câncer – PAV-MG

Coordenadora

Berenice Navarro Antoniazzi (Epidemiologista)

Estatísticas

Carina Celi Inácio do Nascimento

Thays Aparecida Leão D'Alessandro

Supervisão de Campo de Inquéritos

Angela Maria do Amparo

Karina Elizabeth Evangelista (apoio)

Gerente Regional de Saúde de Pouso Alegre

Gilberto Carvalho Teixeira

Prefeito de Andradas

Rodrigo Aparecido Lopes

Secretária Municipal de Saúde de Andradas

Roberta Lopes Ferraz

Prefeito de Caldas

Ulisses Guimarães Borges

Secretária Municipal de Saúde de Caldas

Ana Maria Guimarães Nacer

Prefeito de Poços de Caldas

Eloísio do Carmo Lourenço

Secretária Municipal de Saúde de Poços de Caldas

Aparecida Linhares Pimenta

Projeto gráfico e produção gráfica

Autêntica Editora

MINISTÉRIO DA SAÚDE

MINISTRO DA SAÚDE

Alexandre Rocha Santos Padilha

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA

DIRETOR GERAL

Luiz Antônio Santini Rodrigues da Silva

COORDENADOR DE PREVENÇÃO E VIGILÂNCIA

Claúdio Pompeiano Noronha

UNIDADE TÉCNICA DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL, AMBIENTAL E CÂNCER

Ubirani Barros Otero

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

MINISTRO

Marco Antônio Raupp

PRESIDENTE DA COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR

Ângelo Fernando Padilha

DIRETOR DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

Isaac José Obadia

COORDENADOR DO LABORATÓRIO POÇOS DE CALDAS DA COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR

Antônio Luiz Quinelato

ELABORAÇÃO

Berenice Navarro Antoniazzi
Nivaldo Carlos da Silva
Tarcísio Neves da Cunha
Ubirani Barros Otero

COLABORADORES

Angela Maria do Amparo
Carina Celi Inácio do Nascimento
Eder Tadeu Zenun Guerrero
Felipe Pinto
Flávia Nascimento de Carvalho
Marcos da Costa Campista
Thays Aparecida Leão D'Alessandro
Yula Merola

GEORREFERENCIAMENTO E ESTATÍSTICA

Tarcísio Neves da Cunha (responsável)
Carina Celi Inácio do Nascimento
Juliana de Resende Christmann
Thays Aparecida Leão D'Alessandro

CAPACITAÇÃO DO TRABALHO DE CAMPO

Angela Maria do Amparo
Karina Elizabeth Evangelista Bretz
Juliana de Resende Christmann

PRODUÇÃO DOS MATERIAIS DE CAMPO

Berenice Navarro Antoniazzi
Nivaldo Carlos da Silva
Ubirani Barros Otero

TRABALHO DE CAMPO

PROGRAMA DE AVALIAÇÃO E VIGILÂNCIA DO CÂNCER E SEUS FATORES DE RISCO DE MINAS GERAIS

Berenice Navarro Antoniazzi (coordenação)

Angela Maria do Amparo (supervisão do trabalho de campo nos municípios)

Karina Elizabeth Evangelista Bretz (apoio de campo)

Thays Aparecida Leão D'Alessandro (apoio estatístico)

SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE DE CALDAS

Vanderlei Tomé (referência)

Aline Aparecida dos Santos Carvalho

Ana Paula dos Reis

Andressa Aparecida Delgado Garcia

Elisete Cristina da Silva

Josi Acácia Salvador Raimundo

Marcela Cristina Gerônimo Silva

Maria José Garcia

Maria Lúcia Fernandes

Maria Sueli de Carvalho Reis

Patrícia Bandeira de Carvalho

Suelen Aparecida Nunes

SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE DE ANDRADAS

Aldo Fernandes (referência)

Adriano Januário de Freitas

Ailton de Oliveira

Ariane P. Marques Capobianco

Bruno Silva Sasseron

Caio Fábio de Oliveira

Douglas Dias dos Reis

Erick Matheus Guerra Francisco

Fábio Diogo de Pádua

Guilherme Henrique Pimentel

Heverton Júlio da Silva Vilela

Jaqueline Cezarini

Jéssica Sabrina Cruz

Leila Cristina Cândido

Nely de Castro

Marcos Augusto Libânio

Renato Guido

Rita de Cássia Ramos Barroso

Rômulo Carlos Herculano

SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE DE POÇOS DE CALDAS

Yula Merola (responsável técnica)

Marco Antônio de Campos (referência)

Elisângela Apolinário

Jorge Miguel Ferreira do Lago

Juliana Loro Ferreira

Manuela Cristina Jacomini Martins

Rosemar Leonardo

Tatiane da Silva Dias

ANÁLISES LABORATORIAIS DAS MEDIÇÕES

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR – LAPOC/CNEN

Nivaldo Carlos da Silva (responsável técnico)

Eder Tadeu Zenun Guerrero

Eduardo Galvão Leite das Chagas

Heber Luiz Caponi Albert

Lara Jardim Grossi

Jeferson Assis do Couto

Gustavo Erdmann Barroso Romani

Marcelo de Lima Braz

Michel Lima

Marcos da Costa Campista

CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA NUCLEAR – CDTN/BH

Lúcio Carlos Martins Pinto

ANÁLISE EPIDEMIOLÓGICA

Berenice Navarro Antoniazzi

Ubirani Barros Otero

MATERIAIS DE COMUNICAÇÃO

Elis de Oliveira Lima Filho

Marcos da Costa Campista

REVISÃO DE LITERATURA

Berenice Navarro Antoniazzi

Nivaldo Carlos da Silva

Tarcísio Neves da Cunha

Thays Leão D'Alessandro

Ubirani Barros Otero

Yula Merola

REVISÃO FINAL E ORGANIZAÇÃO DOS TEXTOS

Berenice Navarro Antoniazzi

REGISTRO DE CÂNCER DE BASE POPULACIONAL DE POÇOS DE CALDAS

Secretária Municipal de Saúde: Aparecida Linhares Pimenta

EQUIPE TÉCNICA

Yula Merola
Rosilene de Oliveira
Rosimeire Garcia
Cristiano de Lima

COMISSÃO ASSESSORA

Yula Merola (presidente)
André Schenka (médico patologista)
Helena Maria Barbosa (médica oncologista)
Nímio Rafael Garcete Balbuena (médico oncologista)
Nivaldo Carlos da Silva (pesquisador do LAPOC da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN)
Romeu Nacarato (médico cirurgião)
Victor Cardillo (médico clínico geral)

FONTES NOTIFICADORAS

Centro Infantil de Investigações Hematológicas Dr. Domingos A. Boldrini (Campinas)
Centro Médico para Prestação de Serviços (Dr. Nímio Rafael Garcete Balbuena)
Centro Municipal de Especialidades Médicas Núcleo Leste
Clínica Memorial Ltda.
Fundação Oncocentro de São Paulo (FOSP)
Fundação Pio XII (Barretos)
Hospital Pedro Sanches
Hospital Santa Lúcia – Hospital do Coração
Hospital São Domingos
Hospital Unimed Pronto Atendimento
Instituto de Onco-Hematologia SC Ltda.
Instituto de Patologia José Carlos Correa Ltda.
Instituto de Prevenção e Diagnóstico (IPD) J Janini (Varginha)
Irmandade do Hospital da Santa Casa de Poços de Caldas
Laboratório Prognose
Lapaci Poços de Caldas Ltda.
Oncogen Centro de Oncologia e Genética Molecular Ltda.
Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM)
Sistema de Informação do Câncer do Colo do Útero (SISCOLO)
Sistema de Informação do Câncer de Mama (SISMAMA)
Sonner Sistemas de Informática

AGRADECIMENTOS

A todas as instituições e aos profissionais que possibilitaram de alguma forma o êxito do projeto, em especial:

À *International Atomic Energy Agency – IAEA* (Viena, Áustria) pelo prefácio desta publicação

Às nossas instituições, que acreditaram na proposta e nos apoiaram incondicionalmente

Aos secretários de saúde dos municípios pesquisados pelo apoio em todos os momentos

Aos agentes comunitários municipais, que aceitaram um novo e diferente trabalho cumprindo exemplarmente o desafio desta missão.

Ao Comitê de Ética do INCA pela orientação e pelo monitoramento das condutas.

À Escola de Saúde Pública de Minas Gerais pelo apoio a esta publicação.

Aos Moradores Participantes

*Este projeto não teria sido possível sem a participação dos moradores de Andradas, Caldas e Poços de Caldas, que cederam seu tempo e seus domicílios em prol da saúde pública.
A vocês, dedicamos este trabalho.*

INTRODUCTORY COMMENTS – BRAZIL RADON PUBLICATION

All of us are exposed to various sources of radiation throughout our lives. These sources can be of natural or artificial origin and there is wide variability in the annual doses received by individuals depending on where they live, where they work and whether or not they are subject to medical diagnosis or treatment involving radiation.

Contrary to popular belief, the bulk of our radiation dose comes from natural sources and typically represents close to 80% of all exposure worldwide. Most of the remainder can be attributed to medical exposures, while other artificial sources of radiation represent less than 1% of the worldwide collective dose from all sources radiation.

For many people, radon gas represents the dominant source of their radiation. Radon is produced by the radioactive decay of uranium, which is found in varying amounts in all rocks and soils. Because it is a gas, radon can move freely in the environment and when it enters a closed space such as a building, it can sometimes build up to high concentrations. According to UNSCEAR, the average annual dose from radon is 1.15 mSv, but in extreme situations individual doses can reach tens of mSv, or even higher.

It has been well established by epidemiological studies that long term exposure due to radon increases the risk of lung cancer. While smoking continues to account for the bulk of lung cancers, it is been estimated that radon accounts for around 10% of all lung cancers. There is a synergistic relationship between smoking and radon and exposure due to radon is the primary cause of lung cancer in non-smokers.

Recognizing the importance of radon as a source of radiation exposure, the IAEA safety standard Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards (generally referred to simply as the BSS) contains requirements aimed at reducing the associated risks. The BSS requires Member States to provide information on the levels of radon indoors and the associated health effects, and if appropriate, to establish and implement a radon action plan for controlling public exposure due to radon indoors. Although not specifically stated, it is clear that in order to decide whether or not an action plan is necessary, some measurement data must be available on the concentrations of radon present indoors.

To assist in the implementation of the BSS, the Agency has also developed a Safety Guide: Protection of the Public against Exposure indoors due do Radon and Other Natural Sources of Radiation. This Safety Guide provides guidance on establishing and implementing a national radon action plan; developing national radon policy; undertaking national and regional surveys of radon in dwellings; measurement protocols; setting a reference level for dwellings; defining radon prone areas; radon control through building codes; and evaluation of programme effectiveness.

While many sources of radiation exposure are not amenable to control, proven and effective building practices exist to limit the accumulation of radon in new buildings and cost-effective corrective actions have been developed to reduce high radon concentrations in existing buildings. The radiation protection and public health authorities therefore need to work in a cooperative manner with professionals, such as architects and engineers, and the relevant government agencies to ensure the development and implementation of appropriate building codes as an integral part of any national radon action plan.

The requirements in the BSS reflect the importance of radon as a source of radiation exposure, in keeping with the high priority given to this issue by other international organizations and by several Member States. These requirements can be summarized as follows:

Information – whether or not you have a national radon action plan

Measurements – to decide if you need a national radon action plan

National Radon Action Plan – establish, implement and evaluate.

Brazil is now starting out on a well-travelled path and a wealth of international experience is available. It is important to get the balance right, to adopt a graded approach by ensuring that the stringency of action is commensurate with the level of risk. Any radon action plan must also be seen in the light of the more general public health programme and must be justified in the same way as other public health initiatives. Nevertheless, exposure due to radon can represent a serious risk for many individuals and now is the time to act.

Tony Colgan

Head, Radiation Protection Unit

International Atomic Energy Agency (IAEA)

Vienna, Austria

PREFÁCIO

Todos nós estamos expostos a diversas fontes de radiação ao longo de nossas vidas. Tais fontes podem ser de origem natural ou artificial, e existe uma grande variabilidade nas doses anuais que os indivíduos podem receber dependendo do local onde vive, trabalha e se passa ou não por algum tipo de exame ou tratamento médico envolvendo radiação.

Ao contrário da crença popular, grande parte da nossa dose de radiação vem de fontes naturais, tipicamente representando 80% da exposição da população mundial. O restante pode ser atribuído a exposições de origem médica, enquanto outras fontes de radiação artificial representam menos de 1% da dose coletiva anual de todas as fontes de radiação.

Para muitas pessoas, o gás radônio representa a fonte dominante de exposição à radiação. O radônio é produzido no decaimento do urânio, que é encontrado em variadas quantidades em todas as rochas e solos. Por ser um gás, o radônio circula livremente no ambiente e quando penetra locais fechados, como construções, pode às vezes atingir altas concentrações. De acordo com a UNSCEAR, a dose anual média oriunda do radônio é 1,15 mSv, mas em situações extremas as doses individuais podem atingir dezenas de mSv ou ainda mais elevada.

Já foi estabelecido por estudos epidemiológicos que longa exposição ao radônio eleva o risco de câncer de pulmão. Enquanto o tabaco permanece como o maior responsável pelos cânceres de pulmão, foi estimado que o radônio é responsável por 10% de todas as malignidades do pulmão. Existe uma relação sinérgica entre tabaco e radônio e a exposição ao gás é a causa primária de câncer do pulmão entre os não fumantes.

Reconhecendo a importância do radônio como uma fonte de exposição à radiação, o padrão de segurança e proteção contra radiação da IAEA (Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards – BSS) contém requisitos que objetivam reduzir os riscos associados. A BSS recomenda que os Estados Membros forneçam informações sobre os níveis de radônio dentro dos ambientes e os efeitos na saúde associados, e se apropriado, que estabeleçam e implementem um plano de ação para o controle de exposição pública devido ao radônio. Apesar de não especificamente determinado, é evidente que dados de monitorações das concentrações de radônio nos interiores devem estar disponíveis.

Para auxiliar a implementação do BSS, a Agência também desenvolveu um Guia de Proteção: Proteção do Público contra Exposição *Indoor* devido ao Radônio e Outras Fontes Naturais de Radiação. Este guia fornece diretrizes para o estabelecimento de um plano nacional de ação; no desenvolvimento de políticas nacionais; na execução de pesquisas regionais e nacionais de radônio em residências; em protocolos de medições; na determinação de níveis de referências para residências; na definição de áreas propensas a altas concentrações de radônio; no controle de radônio através de diretrizes para construções; e na avaliação da eficácia dos programas de controle do radônio.

Apesar de muitas fontes naturais de exposição à radiação não serem passíveis de controle, existem práticas de construções já testadas que permitem limitar o acúmulo de radônio em novas construções e ações corretivas, com boa relação custo/benefício têm sido desenvolvidas de forma a reduzir altas concentrações do gás em construções existentes. Portanto, as autoridades de proteção radiológica e de saúde pública precisam trabalhar de forma cooperativa com profissionais como arquitetos e engenheiros, além de agências relevantes, com o objetivo de garantir o desenvolvimento e implementação de diretrizes adequadas de construções como uma parte integral de qualquer plano nacional de radônio.

Os requisitos da BSS refletem a importância do radônio como fonte de exposição à radiação, em ressonância com a elevada prioridade atribuída por outras organizações internacionais e por vários Estados Membros. Estes requisitos se resumem abaixo:

Informação – se existe ou não um plano nacional de radônio.

Medições – decidir se há a necessidade de um plano nacional de radônio.

Plano de Ação Nacional de Radônio – estabelecer, implementar e avaliar.

O Brasil inicia neste momento um caminho já bem percorrido e uma ampla experiência internacional está disponível. É importante manter o equilíbrio e adotar uma abordagem gradual, garantindo que o rigor da ação seja compatível com o nível de risco. Qualquer plano de ação deve ser visto à luz de um programa geral de saúde pública e justificado da mesma forma que quaisquer outras iniciativas de saúde pública. Entretanto, exposição devido ao radônio pode representar um sério risco para muitas pessoas e já é tempo de agirmos.

Tony Colgan

Líder da Unidade de Proteção Radiológica

Agência Internacional de Energia Atômica

Viena, Áustria

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	9
PREFÁCIO	12
SUMÁRIO	15
APRESENTAÇÃO	17
SIGLAS E ABREVIATURAS	19
PARTE I - CONSIDERAÇÕES INICIAIS	21
O PROJETO PLANALTO POÇOS DE CALDAS.....	23
VIGILÂNCIA DO CÂNCER - A incidência de câncer em Poços de Caldas, 2007 a 2011	27
RADIAÇÃO NATURAL - ETAPA 1 - GAMA TERRESTRE (AO AR LIVRE) EM CINCO MUNICÍPIOS DO PLANALTO POÇOS DE CALDAS	37
PARTE II - ETAPA 2 - RADIAÇÃO NATURAL <i>INDOOR</i> (RADÔNIO) EM ANDRADAS, CALDAS E POÇOS DE CALDAS	45
OBJETIVO/JUSTIFICATIVA	48
MARCO CONCEITUAL.....	49
REVISÃO DE LITERATURA.....	55
MÉTODOS E MATERIAIS.....	69
RESULTADOS.....	85
Perfil dos domicílios amostrados.....	86
Medições do radônio <i>indoor</i>	91
Perfil dos domicílios com pelo menos uma medição acima de 200Bq/m ³	109
PARTE III - DOSE EFETIVA DA EXPOSIÇÃO POPULACIONAL À RADIAÇÃO NATURAL	117
CÁLCULO DA DOSE EFETIVA DA RADIAÇÃO NATURAL NO PLANALTO POÇOS DE CALDAS	117
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	124
REFERÊNCIAS	127
APÊNDICES	
APÊNDICE 1 – MATERIAIS PRODUZIDOS	135
APÊNDICE 2 – ESTATÍSTICA COMPLEMENTAR	165
APÊNDICE 3 – LISTAGEM DAS CONCENTRAÇÕES DE DOSE DE RADÔNIO POR DOMICÍLIO – ANDRADAS, CALDAS E POÇOS DE CALDAS	171

APRESENTAÇÃO

O Projeto Planalto Poços de Caldas – Pesquisa Câncer e Radiação Natural (2004-2014) tem a coordenação geral interinstitucional da Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais, do Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva do Ministério da Saúde e do Laboratório de Poços de Caldas da Comissão Nacional de Energia Nuclear do Ministério da Ciência e Tecnologia. As instituições parceiras colaboradoras do projeto são as Secretarias de Saúde dos municípios pesquisados: na primeira etapa, Andradas, Caldas, Ibityúra de Minas, Poços de Caldas e Santa Rita de Caldas; na segunda etapa, Andradas, Caldas e Poços de Caldas. A pesquisa contou com o apoio técnico operacional das instituições coordenadoras e colaboradoras nas atividades de rotina, e muito contribuíram para a sua viabilização.

Para as ações suplementares, foram realizados projetos específicos, com o VIGISUS II (Planvigi estadual) para a primeira etapa, das medições da radiação natural gama terrestre (2004-2008) e com a Organização Pan-Americana de Saúde – OPAS, da Organização Mundial da Saúde; para a segunda etapa, das medições da radiação natural *indoor* (2010-2012). As publicações dos resultados da primeira etapa (volume I, 2009) e da segunda etapa (volume II, 2014) foram realizadas com os rendimentos do convênio nº 199/02, Prevenção e Controle do Câncer (INCA/MS/SES-MG), ações de vigilância/publicação pesquisa, pelo Programa de Avaliação e Vigilância de Câncer e seus fatores de risco de Minas Gerais.

A presente publicação apresenta um relatório geral dos resultados obtidos pelo projeto em suas diversas fases e etapas de execução. A Parte I - considerações iniciais, mostra o projeto geral, os dados de incidência de câncer entre 2007 a 2011 do Registro de Câncer de Base Populacional de Poços de Caldas.* Note-se que esse registro foi implantado no município por recomendação do projeto para monitoramento sistemático e contínuo da doença na população local. Também na Parte I encontra-se um resumo dos resultados das medições da radiação natural gama terrestre (ao ar livre). Para mais informações recomenda-se a consulta ao volume 1.**

A Parte II mostra as medições da radiação natural *indoor* em Andradas, Caldas e Poços de Caldas relatando de forma detalhada o processo realizado, seus resultados e recomendações. Já a Parte III integra os resultados das medições da radiação natural (ao ar livre e *indoor*) e identifica a dose total típica recebida por um cidadão residente na região do Planalto de Poços de Caldas. Apresenta também as considerações finais do projeto geral.

Para suporte aos textos, no Apêndice 1 constam os materiais produzidos para a etapa das medições *indoor*, o Apêndice 2 para estatística complementar, e o Apêndice 3 apresenta a listagem dos domicílios e doses individuais das concentrações do radônio.

Por fim, ressalte-se, esta é uma realização dos órgãos governamentais da saúde e da ciência e tecnologia, que não teria alcançado êxito sem a participação da sociedade civil.

Disponível em:

* <<http://www.inca.gov.br/cgi/sisbasepop.asp>> **<http://www.cnen.gov.br/lapoc/Projeto_pocos_de_caldas.pdf>
ou ** <http://www1.inca.gov.br/inca/Arquivos/Projeto_pocos_de_caldas.pdf>.

SIGLAS E ABREVIATURAS

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear

DEFRA – Department for Environmental, Food and Rural Affairs - Reino Unido

EPA – Environmental Protection Agency

IAEA – Agência Internacional de Energia Atômica

IARC – International Agency for Research on Cancer (Agência Internacional de Pesquisa em Câncer)

ICPR – Comissão Internacional de Proteção Radiológica

INB – Indústria Nacional Brasileira

INCA – Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva

PAV/SES-MG – Programa de Avaliação e Vigilância da Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais.

RCBP – Registro de Câncer de Base Populacional

RHC – Registro Hospitalar de Câncer

Rn²²² – radônio 222

OMS – Organização Mundial de Saúde

OPAS – Organização Pan-Americana de Saúde

USNCEAR – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation

WHO – World Health Organization (Organização Mundial de Saúde)

PARTE I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O PROJETO PLANALTO POÇOS DE CALDAS

VIGILÂNCIA DO CÂNCER

A incidência de câncer em Poços de Caldas, 2007 a 2011

RADIAÇÃO NATURAL: ETAPA 1 - GAMA TERRESTE (AO AR LIVRE) EM CINCO
MUNICÍPIOS DO PLANALTO POÇOS DE CALDAS



O PROJETO PLANALTO POÇOS DE CALDAS

O Planalto Poços de Caldas localiza-se no sudoeste do Estado de Minas Gerais (Brasil) e é reconhecido internacionalmente por suas anomalias radioativas. Nessa região encontra-se a primeira mineração de urânio do Brasil que está em processo de fechamento. Atendendo solicitações de pessoas que percebiam uma elevada incidência de câncer na região e atribuíam o fato à radiação local, um grupo de pesquisadores do Instituto Nacional de Câncer - INCA, da Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais – SES-MG e do Laboratório de Poços de Caldas da Comissão Nacional de Energia Nuclear – LAPOC-CNEN, a partir de 2003, iniciou estudos sobre o assunto. Devido à insuficiência de dados e à complexidade dos temas câncer e radiação, propôs-se a realização de um projeto (Projeto Planalto Poços de Caldas – Pesquisa Câncer e Radiação Natural) para uma sequência lógica de ações e métodos.

O PROJETO PLANALTO POÇOS DE CALDAS – CÂNCER E RADIAÇÃO NATURAL

O projeto tem o objetivo de disponibilizar informações científicas tecnicamente confiáveis e eticamente seguras sobre a ocorrência de câncer e realizar as medições de radiação ionizante natural, com resultados representativos. Esses resultados devem ser comunicados em linguagem apropriada aos vários tipos de público: *stakeholders*, técnicos/profissionais e população em geral. As ações de vigilância, radiação natural e estudos epidemiológicos podem ter execução paralela (Figura 1).

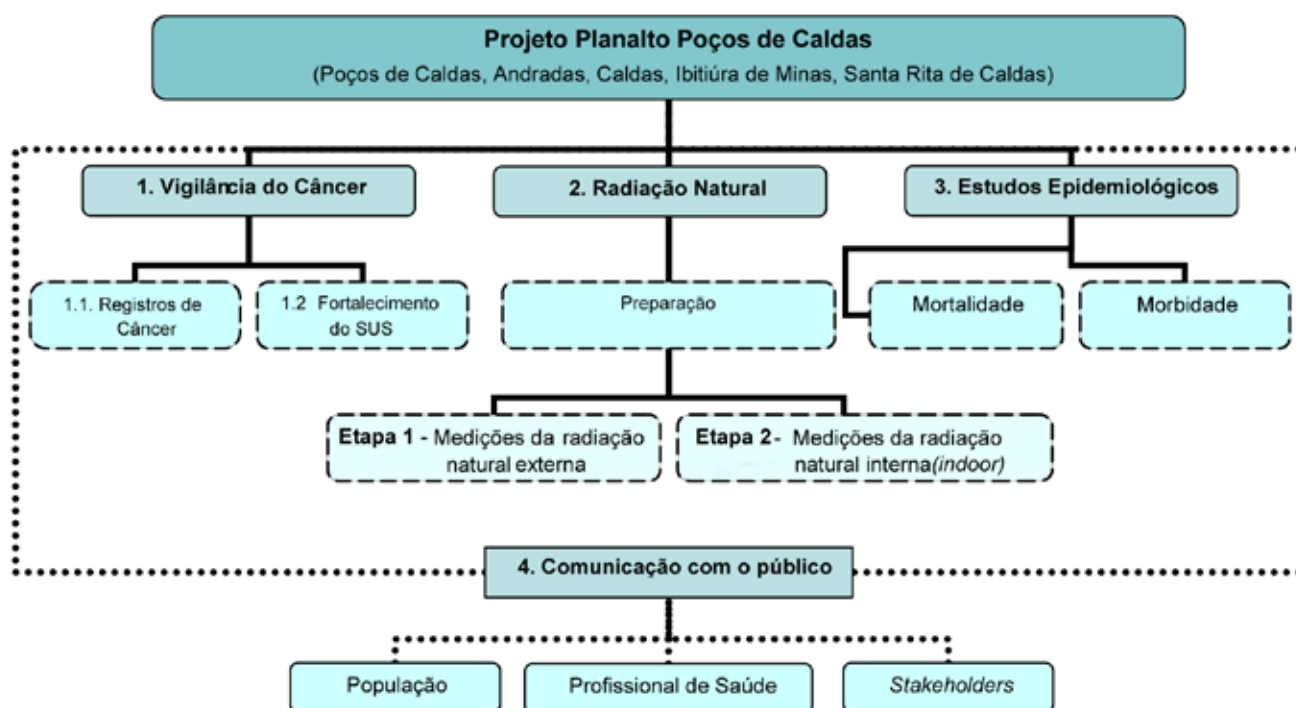


Figura 1. Diagrama do Projeto Planalto Poços de Caldas

Fonte: Fonte: SES-MG, Projeto Planalto Poços de Caldas, 2004 a 2009, v. 1

Os estudos epidemiológicos apontaram a necessidade de implantar uma vigilância permanente com dados fidedignos sobre o câncer na população. Por esse motivo, foi implantado e desenvolvido o Registro de Câncer de Base Populacional de Poços de Caldas, para dados de incidência da doença na população desse município.

Já em relação à radiação natural, foram planejadas as medições dos principais componentes da radiação natural em duas etapas consecutivas:

Etapa I – Medições da radiação natural gama terrestre (ao ar livre);

Etapa II – Medições da radiação natural *indoor* (radônio).

Os resultados de ambas as etapas possibilitaram calcular a dose efetiva da radiação natural com base populacional.

Na Tabela 1 observa-se o cronograma de execução do projeto, entre 2003 e 2013 e a previsão da publicação de resultados do projeto no ano 2014.

Tabela 1 - Cronograma de Execução do Projeto Planalto Poços de Caldas, 2003-2014.

Ação	(Ano)	2003	04	05	06	07	08	09	2010	11	12	2013	2014
Preliminar													
Estudos. Epidemiológicos													
Elaboração do projeto													
Capacitação RCBP													
RCBP Poços de Caldas implant/desenvolvimento													
Publicação RCBP													
Medições da radiação gama terrestre													
Publicação volume I													
Preparação Etapa II													
Medições da radiação <i>indoor</i>													
Análise laboratorial e de resultados													
Publicação volume II													
Ações de desdobramento													

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas, Pesquisa Câncer e Radiação, 2003-2014

VIGILÂNCIA DO CÂNCER

A incidência de câncer na população de
Poços de Caldas, entre os anos 2007 e 2011

A INCIDÊNCIA DE CÂNCER NA POPULAÇÃO DE POÇOS DE CALDAS, ENTRE OS ANOS 2007 E 2011

Uma vez que a incidência pode ser mensurada somente através de um registro de câncer de base populacional – RCBP, o projeto recomendou essa implantação à Secretaria Municipal de Saúde de Poços de Caldas. A operacionalização foi institucionalizada como rotina permanente da vigilância em saúde pela Portaria GAB PC 11/2009, que também estabelece a comissão assessora formada por técnicos da Secretaria Municipal e especialistas.

A primeira base anual de incidência relativa a 2007, foi divulgada em agosto de 2011, em Poços de Caldas, durante a XVII Reunião Anual da Associação Brasileira de Registros de Câncer e publicada no *I Informativo do Registro de Câncer de Base Populacional de Poços de Caldas*. A partir disso, o RCBP de Poços passou a fazer parte do sistema nacional de informação de câncer do Instituto Nacional de Câncer do Ministério da Saúde. Em 2013 esse RCBP completou uma série histórica de cinco anos, 2007 a 2011. O RCBP de Poços de Caldas realiza a busca direta dos casos novos de câncer da população residente em 21 fontes de notificação entre hospitais, laboratórios e clínicas do mesmo município e de outros municípios de referência (Figura 2).



Figura 2 – Equipe do RCBP de Poços de Caldas realizando a coleta de casos novos de câncer da população residente (local: Santa Casa de Misericórdia de Poços de Caldas).

Fonte: SES-MG, Situação do câncer em Minas Gerais e suas macrorregiões de saúde, volume 1, 2013.

Marco Conceitual – Registro de Câncer de Base Populacional – RCBP

Os registros de câncer de base populacional são centros de coleta, armazenamento, processamento e análise – de forma sistemática e contínua – de informações dos casos com diagnóstico confirmado de câncer em determinada população e ano.

O Brasil conta com 22 RCBP que monitoram aproximadamente 18% da população do País e cujos dados de incidência são enviados para o Instituto Nacional de Câncer – INCA, que realiza os cálculos das estimativas nacionais (SES-MG, 2013).

Indicadores do Registro de Câncer de Base Populacional de Poços de Caldas – MG

O RCBP Poços de Caldas alcançou todos os parâmetros dos indicadores de qualidade sugeridos pelo INCA aos registros populacionais brasileiros. O total de casos novos variou entre 643 casos em 2007 e 816 casos novos em 2010 (Tabela 2).

Tabela 2 – Número de casos novos, taxas de incidência por sexo e indicadores de qualidade do RCBP Poços de Caldas - MG, entre os anos de 2007 e 2011

Indicadores do RCBP Poços de Caldas		2007	2008	2009	2010	2011	Parâmetros sugeridos (INCA)
Total de casos novos registrados no período		643	667	698	816	722	-
Taxa de incidência padronizada*	Masc	399.56	403.09	438.98	473.52	396.19	-
	Fem	316.04	356.74	336.7	367.9	346.31	-
% Confirmação histopatológica (microscópica)		95,18%	94,9%	94,56%	95,83%	95,43%	> 70%
% Idade ignorada		0,0%	0,0%	0,14%	0,0%	0,0%	< 10%
Localização primária desconhecida (C80)		1,09%	0,6%	0,72%	0,25%	0,55%	< 10%
% Somente declaração de óbito (S.D.O.)		4,04%	4,20%	3,3%	2,45%	3,88%	< 20%

* Padronizada pela População Mundial 1960. Fonte: Registro de Câncer de Base Populacional de Poços de Caldas, Sis-Basepop, 2007-2011, posição em 22/05/2013.

Evolução da incidência de câncer na população de Poços de Caldas, no período de 2007 a 2011

Em 2013 o RCBP Poços de Caldas, consolidou uma série histórica de cinco anos (2007 a 2011) dos casos novos de câncer na população residente. O sexo masculino apresenta um maior risco de contrair a doença porque as taxas de incidência (padronizadas pela população mundial) são mais elevadas em relação ao sexo feminino, respectivamente em todos os anos do período. (Figura 3).

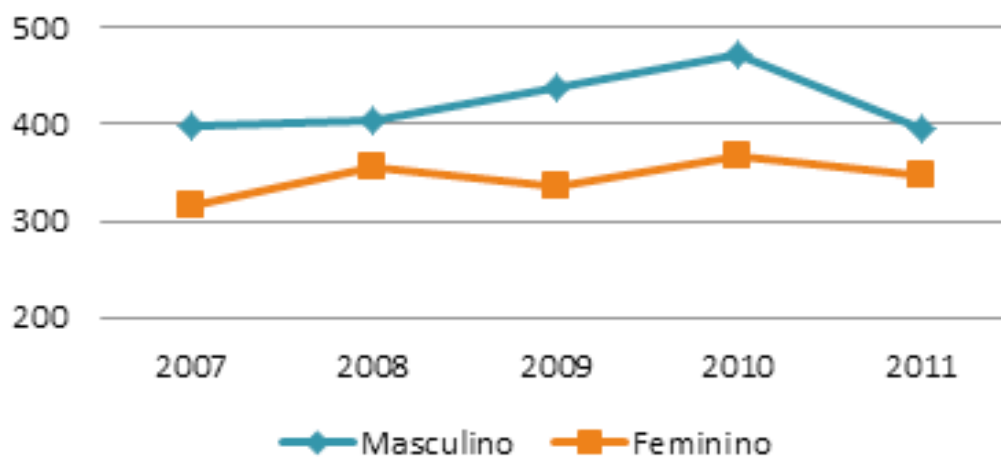


Figura 3 - Evolução das taxas de incidência de câncer, (padronizadas pela população mundial 1960), no período de 2007 a 2011, por sexo (100 mil) – RCBP Poços de Caldas - MG

Fonte: SIS-BASEPOP, RCBP Poços de Caldas, anos 2007 a 2011. Dados disponíveis em 22/05/2013.

Incidência de câncer na população de Poços de Caldas entre 2007 e 2011, por sexo

No período analisado foram registrados 3.546 casos novos: 1.775 no sexo masculino (Tabela 3) e 1.771 no sexo feminino (Tabela 4), que corresponderam às taxas brutas de incidência por todas as neoplasias malignas, de 476 casos novos / 100 mil homens e de 451 casos novos / 100 mil mulheres desse município. No *sexo masculino*, entre as dez taxas brutas de incidência mais elevadas (exceto pele não melanoma e tumores *in situ*), as cinco principais localizações primárias: próstata (121), estômago (21), bexiga (16), brônquios/pulmões (15) e cólon (10), por 100 mil homens de Poços de Caldas (Figura 4). No *sexo feminino*, entre as dez taxas brutas de incidência mais elevadas (exceto pele não melanoma e tumores *in situ*), as cinco principais localizações primárias: mama (65,76), brônquios/pulmões (13,25), estômago (9,09), cólon (10,45) e corpo do útero (9,94), por 100 mil mulheres de Poços de Caldas (Figura 5). Já a Tabela 5 (sexo masculino) e a Tabela 6 (sexo feminino) apresentam as taxas de incidência bruta e padronizada, da população residente em Poços de Caldas, por ano do período analisado. É importante observar que as taxas padronizadas de incidência são coerentes com as taxas dos RCBP do Brasil, por sexo, variando algumas posições no *ranking* entre os registros populacionais.

Segundo o Instituto Nacional de Câncer (2010), no mundo, o câncer da próstata é o mais prevalente em homens e o sexto tipo mais frequente no mundo, enquanto no Brasil é o mais frequente em todas as regiões. Entre os RCBP brasileiros, a maior taxa padronizada de incidência do câncer da próstata foi em Goiânia (129,6) e a menor no Recife (50,0), por 100 mil homens. Já no sexo feminino, o câncer de mama é o mais comum no mundo; entre os RCBP do Brasil, a maior taxa foi em Porto Alegre (91,8) e a menor em Cuiabá (49,6), por 100 mil mulheres.

O câncer de pulmão é o tipo mais incidente no mundo, e o tabagismo é o principal fator de risco. Outros fatores são a exposição ambiental ou ocupacional à fumaça do tabaco, radônio, asbestos e poluição do ar. Entre os RCBP brasileiros, as maiores taxas foram em Porto Alegre: 66,6/100 mil homens e 23,3/100 mil mulheres; e as menores taxas foram em João Pessoa: 14,3/100 mil homens e 5,4/100 mil mulheres.

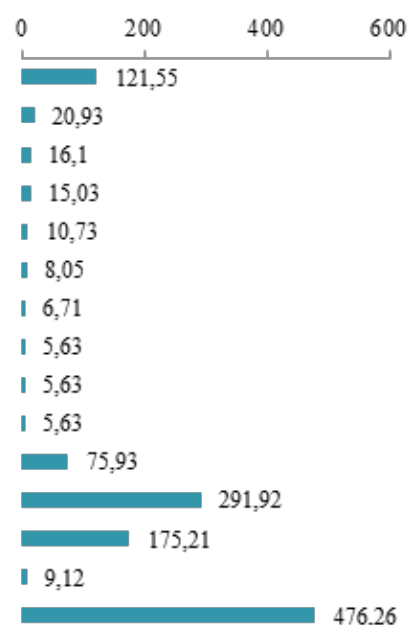
O câncer gástrico está entre as principais neoplasias do mundo, e sua ocorrência é duas vezes maior nos países em desenvolvimento. O principal fator de risco é a infecção pela bactéria *H.pylori*; outros fatores são a alimentação, o tabagismo e o histórico familiar. Entre os RCBP do Brasil, o câncer de estômago tem as maiores taxas de incidência em São Paulo: 25/100 mil homens, e Goiânia: 11,3/100 mil mulheres, e as menores em Recife: 11,8/100 mil homens, e João Pessoa: 5,2/100 mil mulheres.

O câncer de cólon e reto é o terceiro mais incidente no mundo e mais evidente nos países desenvolvidos, sendo múltiplos os fatores envolvidos, como genéticos, inflamatórios, idade, fumo, obesidade, etc. Entre os RCBP brasileiros, as maiores taxas em Porto Alegre 34/100 mil homens e 24,7/100 mil mulheres. Em relação ao câncer da bexiga as cidades de Nápoles, Gênova e Sondrio têm as maiores taxas médias de incidência no mundo: 47, 40 e 39/100 mil homens. O principal fator de risco é o tabagismo, e destaca-se também a exposição ocupacional às aminas aromáticas. Nos RCBP brasileiros a maior taxa em homens foi em Porto Alegre com 15,6/100 mil (INCA, 2010).

Tabela 3 - Distribuição das principais localizações primárias de câncer em Poços de Caldas, casos novos no sexo masculino, entre os anos 2007-2011

CID-10	Localização Primária	Casos Novos	%	Taxa bruta*	Taxa pa-drão**
C61	Próstata	453	25.52	121.55	108.12
C16	Estômago	78	4.39	20.93	18.53
C67	Bexiga	60	3.38	16.1	14.22
C34	Brônquios e pulmões	56	3.15	15.03	13.96
C18	Cólon	40	2.25	10.73	9.95
C15	Esôfago	30	1.69	8.05	7.22
C43	Melanoma maligno da pele	25	1.41	6.71	5.8
C19	Junção reto sigmoidéide	21	1.18	5.63	4.99
C20	Reto	21	1.18	5.63	5.07
C62	Testículos	21	1.18	5.63	4.81
Outras localizações		283	15.94	75.93	68.67
Todas, exceto pele Não Melanoma e tumores <i>in situ</i>		1088	61.30	291.92	261.34
C44	Outras neopl. malignas da Pele	36.79	175.21	153.31	153.31
Tumores <i>in situ</i>		34	1.92	9.12	8.05
Todas as neoplasias		1775	100	476.26	422.7

Figura 4: Taxas brutas* das 10 principais localizações, 2007-2011, por 100 mil homens. Poços de Caldas.

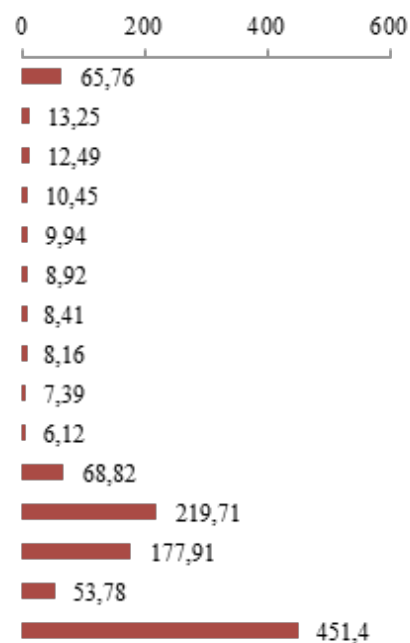


*Taxas por 100 mil **Taxas padronizadas pela População Mundial 1960. Fonte: SIS-BASEPOP, RCBP Poços de Caldas, anos 2007-2011, dados disponíveis em 22/05/2013

Tabela 4 - Distribuição das principais localizações primárias de câncer em Poços de Caldas, casos novos no sexo feminino, entre os anos 2007-2011.

CID-10	Localização primária	Casos Novos	%	Taxa bruta*	Taxa pa-drão**
C50	Mama	258	14.57	65.76	53.43
C34	Brônquios e pulmões	52	2.94	13.25	10.51
C16	Estômago	49	2.77	12.49	9.09
C18	Cólon	41	2.32	10.45	7.98
C54	Corpo do útero	39	2.2	9.94	8.01
C43	Melanoma maligno da pele	35	1.98	8.92	6.94
C53	Colo do útero	33	1.86	8.41	6.86
C73	Glândula tireoide	32	1.81	8.16	6.9
C19	Junção reto sigmoidéide	29	1.64	7.39	5.75
C56	Ovário	24	1.36	6.12	4.92
Outras localizações		270	15.25	68.82	53.32
Todas, exceto pele não melanoma e tumores <i>in situ</i>		862	48.67	219.71	173.71
C44	Outras neopl. malignas da pele	698	39.41	177.91	128.49
Tumores <i>in situ</i>		211	11.91	53.78	43.16
Todas as neoplasias		1771	100	451.4	345.36

Figura 5: Taxas brutas* das 10 principais localizações, 2007-2011, por 100 mil mulheres. Poços de Caldas.



*Taxas por 100 mil **Taxas padronizadas pela População Mundial 1960. Fonte: SIS-BASEPOP, RCBP Poços de Caldas, anos 2007-2011. Dados disponíveis em 22/05/2013

Tabela 5 - Número e taxas de incidência, bruta e padronizada, no sexo masculino (100 mil) segundo localização primária ou grupos correlatos, RCBP Poços de Caldas, 2007 a 2011

CID-10* revisão	Localização Primária	2007			2008			2009			2010			2011		
		Casos Novos	Tx Bruta	Tx Padronizada	Casos Novos	Tx Bruta	Tx Padronizada	Casos Novos	Tx Bruta	Tx Padronizada	Casos Novos	Tx Bruta	Tx Padronizada	Casos Novos	Tx Bruta	Tx Padronizada
C00	Lábio	-	-	-	1	1,36	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C01	Base da língua	-	-	-	3	4,08	3,29	2	2,7	2,23	3	4,07	3,91	2	2,69	2,25
C02	Outras partes da língua	2	2,6	2,2	2	2,72	2,36	2	2,7	1,79	2	2,71	2,47	2	2,69	2,38
C04	Assoalho da boca	1	1,3	1,5	-	-	-	-	-	-	2	2,71	2,47	2	2,69	2,65
C05	Palato	1	1,3	1,21	3	4,08	4	-	-	-	3	4,07	3,15	1	1,35	1
C06	Outras partes da boca	-	-	-	1	1,36	1,1	1	1,35	1,16	-	-	-	1	1,35	0,93
C09	Amígdala	2	2,6	1,83	-	-	-	-	-	-	1	1,36	1,01	-	-	-
C10	Orofaringe	-	-	-	1	1,36	1,18	1	1,35	1,31	-	-	-	-	-	-
C00-C10	Cavidade oral	6	7,8	6,74	11	14,96	13,03	6	8,1	6,49	11	14,92	13,01	8	10,77	9,21
C12	Seio periforme	1	1,3	1,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C13	Hipofaringe	1	1,3	0,99	3	4,08	3,78	1	1,35	1,16	1	1,36	1,01	2	2,69	2,05
C14	Loc. mal def. do lábio, boca e far.	2	2,6	2,99	2	2,72	2,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C15	Esôfago	6	7,79	6,61	7	9,52	8,83	8	10,78	10,15	5	6,79	5,94	4	5,38	4,74
C16	Estômago	15	19,48	16,99	9	12,24	10,65	13	17,52	16,3	18	24,43	21,1	23	30,96	26,35
C17	Intestino delgado	1	1,3	0,99	1	1,36	1,57	1	1,35	1,26	2	2,71	2,17	3	4,04	3,41
C18	Cólon	3	3,9	3,88	9	12,24	11,97	11	14,82	13,55	12	16,29	14,18	5	6,73	6,07
C19	Junção retossigmoides	6	7,79	7,15	8	10,88	9,27	4	5,39	5,24	1	1,36	1,23	2	2,69	2,65
C20	Reto	8	10,39	9,64	1	1,36	1,4	-	-	-	4	5,43	4,79	8	10,77	9,13
C21	Ânus e canal anal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2,71	2,33	-	-	-
C18-21	Cólon, J. retossig., reto, anus e canal anal	17	22,08	20,67	18	24,48	22,64	15	20,21	18,79	19	25,79	22,53	15	20,19	17,85
C22	Fígado e vias bil. intra-hepáticas	2	2,6	2,62	5	6,8	7,15	3	4,04	3,77	2	2,71	2,47	5	6,73	7,14
C23	Vesícula biliar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,35	1,09
C24	Outras partes das vias biliares	1	1,3	1,14	-	-	-	-	-	-	1	1,36	1,37	2	2,69	2,45
C25	Pâncreas	3	3,9	3,19	3	4,08	3,77	4	5,39	4,91	2	2,71	2,04	4	5,38	4,95
C26	Loc. mal def. no apar. digestivo	3	3,9	3,55	1	1,36	1,57	-	-	-	1	1,36	1,37	3	4,04	3,54
C30	Cavidade nasal e ouvido médio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,36	1,01	-	-	-
C32	Laringe	2	2,6	2,81	3	4,08	3,5	3	4,04	3,97	9	12,21	10,16	2	2,69	2,59
C33	Traqueia	2	2,6	2,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C34	Brônquios e pulmões	8	10,39	10,49	14	19,05	19,02	13	17,52	16,22	14	19	16,81	7	9,42	7,88
C33-C34	Traqueia, brônquios e pulmões	10	12,99	12,77	14	19,05	19,02	13	17,52	16,22	14	19	16,81	7	9,42	7,88
C38	Coração, mediastino e pleura	1	1,3	1,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C40	Ossos e articul. dos membros	1	1,3	1,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,35	0,95
C41	Ossos e articul. de outras loc.	-	-	-	-	-	-	1	1,35	1,5	-	-	-	-	-	-
C43	Melanoma maligno da pele	5	6,49	7,12	2	2,72	2,37	5	6,74	6,06	8	10,86	8,17	5	6,73	4,97
C45	Mesotelioma	-	-	-	-	-	-	2	2,7	2,46	-	-	-	-	-	-
C48	Retroperitônio e peritônio	-	-	-	-	-	-	2	2,7	2,37	1	1,36	1,17	-	-	-
C49	Tec. conjuntivo e outros tec. moles	1	1,3	1,12	1	1,36	1,1	2	2,7	2,48	-	-	-	2	2,69	2,51
C50	Mama	-	-	-	-	-	-	1	1,35	1,33	-	-	-	-	-	-
C60	Pênis	1	1,3	1,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,35	1,29
C61	Próstata	97	125,95	117,56	90	122,44	112,93	96	129,38	116,82	113	153,37	130,76	57	76,71	64,4
C62	Testículos	5	6,49	5,55	2	2,72	2,13	4	5,39	4,74	6	8,14	6,81	4	5,38	4,78
C64	Rim	4	5,19	4,47	1	1,36	1,1	2	2,7	2,26	4	5,43	4,65	5	6,73	5,71
C66	Ureteres	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,36	1,3	-	-	-
C67	Bexiga	10	12,98	12,96	8	10,88	9,57	16	21,56	19,42	17	23,07	18,33	9	12,11	10,68
C68	Outros órgãos urinários, soe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,35	1,29
C69	Olho e anexos	-	-	-	1	1,36	1,48	-	-	-	-	-	-	1	1,35	2,04
C71	Encéfalo	1	1,3	1,21	7	9,52	8,04	3	4,04	3,87	2	2,71	2,65	5	6,73	4,33
C72	Medula espinhal e out. partes s.n.c.	-	-	-	-	-	-	1	1,35	1,2	-	-	-	-	-	-
C73	Glândula tireoide	-	-	-	2	2,72	2,95	2	2,7	2,05	1	1,36	1,01	-	-	-
C76	Outras localizações mal definidas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,36	1,37	-	-	-
C80	Localização primária desconhecida	1	1,3	1,08	1	1,36	1,57	2	2,7	2,4	1	1,36	0,77	-	-	-
C81	Doença de Hodgkin	2	2,6	2,2	1	1,36	1,01	-	-	-	2	2,71	2,42	1	1,35	1,54
C82	Linfoma não hodgkin, folicular	-	-	-	1	1,36	1,16	-	-	-	1	1,36	1,37	-	-	-
C83	Linfoma não hodgkin difuso	2	2,6	3,58	2	2,72	2,92	-	-	-	1	1,36	1,37	4	5,38	4,38
C84	Linfomas de cél. t cutâneas e perifer.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2,69	2,15
C85	Linfoma nao hodgkin de out. tipos, soe	2	2,6	2,81	3	4,08	4,07	2	2,7	1,87	4	5,43	4,67	3	4,04	2,81
C81-C85	Tecido linfático	6	7,8	8,59	7	9,52	9,16	2	2,7	1,87	8	10,86	9,83	10	13,46	10,88
C90	Mieloma múltiplo e neopl. malig. Plasmócito	4	5,19	5,29	1	1,36	1,57	3	4,04	4,17	6	8,14	7,08	6	8,08	7,24
C91	Leucemia linfóide	1	1,3	1,07	3	4,08	4,43	4	5,39	6,01	2	2,71	2,65	2	2,69	2,57
C92	Leucemia mieloide	3	3,9	3,42	2	2,72	2,34	2	2,7	2,7	2	2,71	2,72	1	1,35	1,09
C94	Outra leucemias de cel. tipo espec.	1	1,3	1,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C95	Leucemia de tipo celular, soe	2	2,6	2,06	-	-	-	3	4,04	2,63	1	1,36	1,3	-	-	-
C90-C95	Tecido hematopoético	11	14,29	13,33	6	8,16	8,34	12	16,17	15,51	11	14,92	13,75	9	12,12	10,9
C81-C96	Tec. Linf. hemetop. e tecid. Correl.	17	22,09	21,92	13	17,68	17,5	14	18,87	17,38	19	25,78	23,58	19	25,58	21,78
Subtotal		214	277,88	260,03	205	278,89	258,74	220	296,50	269,38	260	352,88	301,53	189	254,37	217,96
C44	Outras neopl. malignas da pele	109	141,54	130,96	112	152,37	135,97	138	185,99	163,59	147	199,51	163,46	147	197,84	169,46
Subtotal		109	141,54	130,96	112	152,37	135,97	138	185,99	163,59	147	199,51	163,46	147	197,84	169,46
D00	Carc. in situ da cavoral esof. e est.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,35	1,09
D03	Melanoma in situ	-	-	-	1	1,36	1,35	-	-	-	2	2,71	2,19	2	2,69	2,51
D04	Carc. in situ da pele	5	6,49	5,76	5	6,8	5,84	3	4,04	3,62	4	5,43	4,01	4	5,38	5,17
D07	Carc. in situ de out. órgãos genitais, soe	-	-	-	1	1,36	1,2	-	-	-	2	2,71	2,33	-	-	-
D09	Carc. in situ de out. loc., soe	2	2,6	2,81	-	-	-	2	2,7	2,4	-	-	-	-	-	-
Subtotal		7	9,09	8,57	7	9,52	8,39	5	6,74	6,02	8	10,86	8,54	7	9,42	8,77
Todas as localizações primárias		330	428,5	399,56	324	440,77	403,09	363	489,22	438,98	415	563,25	473,52	343	461,64	396,19

Tabela 6 - Número e taxas de incidência, bruta e padronizada, no sexo feminino (100 mil) segundo localização primária ou grupos correlatos, RCBP Poços de Caldas, 2007 a 2011

CID-10* revisão	Localização Primária	2007			2008			2009			2010			2011		
		Casos Novos	Tx Bruta	Tx Padronizada	Casos Novos	Tx Bruta	Tx Padronizada	Casos Novos	Tx Bruta	Tx Padronizada	Casos Novos	Tx Bruta	Tx Padronizada	Casos Novos	Tx Bruta	Tx Padronizada
C00	Lábio	1	1.25	0.52	1	1.31	0.53	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C01	Base da língua	1	1.25	1.34	-	-	-	1	1.29	0.94	-	-	-	1	1.26	0.91
C02	Outras partes da língua	-	-	-	1	1.31	0.99	2	2.59	2.41	-	-	-	-	-	-
C05	Palato	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2.52	2.55
C06	Outras partes da boca	-	-	-	1	1.31	1.33	-	-	-	2	2.54	1.29	-	-	-
C07	Glândula parótida	0	0	0	2	2.61	2.36	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C08	Outras glândulas salivares maiores	0	0	0	0	0	0	1	1.29	1.1	-	-	-	-	-	-
C00-C10	Cavidade oral	2	2.5	1.86	5	6.54	5.21	4	5.17	4.45	2	2.54	1.29	3	3.78	3.46
C11	Nasofaringe	1	1.25	1.55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C13	Hipofaringe	-	-	-	-	-	-	1	1.29	1.13	1	1.27	0.88	-	-	-
C15	Esôfago	1	1.25	0.99	-	-	-	1	1.29	0.94	1	1.27	0.53	3	3.78	2.83
C16	Estômago	14	17.43	13.46	9	11.75	8.79	4	5.18	3.51	15	19.05	14.08	7	8.81	5.75
C17	Intestino delgado	-	-	-	-	-	-	2	2.59	2.13	5	6.35	4.64	1	1.26	0.68
C18	Cólon	5	6.23	5.03	9	11.75	10.47	14	18.12	14.04	7	8.89	6.04	6	7.55	5
C19	Junção retossigmoide	8	9.96	8.55	9	11.75	9.34	2	2.59	2.01	3	3.81	2.56	7	8.81	6.5
C20	Reto	3	3.74	3.6	5	6.53	5.09	1	1.29	1.02	6	7.62	4.98	3	3.78	2.62
C21	Ânus e canal anal	-	-	-	1	1.31	1.06	-	-	-	-	-	-	2	2.52	2.11
C18-21	Cólon, j. retoss., reto, anus e canal anal	16	19.93	17.18	24	31.34	25.96	17	22	17.07	16	20.32	13.58	18	22.66	16.23
C22	Fígado e vias biliares intra-hepáticas	2	2.49	1.42	1	1.31	1.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C23	Vesícula biliar	1	1.25	1.04	1	1.31	1.03	-	-	-	1	1.27	0.88	2	2.52	1.85
C24	Outras partes das vias biliares	-	-	-	-	-	-	1	1.29	0.5	1	1.27	1.01	2	2.52	1.58
C25	Pâncreas	3	3.74	3.33	5	6.53	5.17	2	2.59	2.34	5	6.35	4.36	4	5.04	3.68
C26	Localizações mal definidas no aparelho digestivo	2	2.49	2.34	1	1.31	1.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C34	Brônquios e pulmões	10	12.45	11.49	14	18.28	14.73	8	10.36	8.28	6	7.62	5.9	14	17.63	12.8
C33-C34	Traquéia, brônquios e pulmões	10	12.45	11.49	14	18.28	14.73	8	10.36	8.28	6	7.62	5.9	14	17.63	12.8
C41	Ossos e articulações de outras localizações	1	1.25	1.06	1	1.31	1.03	-	-	-	1	1.27	1.01	-	-	-
C43	Melanoma maligno da pele	4	4.98	4.43	7	9.14	6.73	7	9.06	7.28	9	11.43	8.53	8	10.07	7.74
C48	Retroperitônio e peritônio	1	1.25	0.74	-	-	-	-	-	-	3	3.81	2.82	-	-	-
C49	Tecido conjuntivo e outros tecidos moles	1	1.25	2.19	2	2.61	2.08	-	-	-	-	-	-	1	1.26	1.06
C50	Mama	51	63.5	53.91	44	57.45	47.43	48	62.13	51.54	60	76.19	57.7	55	69.25	55.22
C51	Vulva	2	2.49	1.73	4	5.22	4.1	2	2.59	2.37	1	1.27	0.88	-	-	-
C52	Vagina	1	1.25	1.34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C53	Colo do útero	7	8.72	7.2	6	7.83	6.4	5	6.47	5.64	7	8.89	6.86	8	10.07	8.2
C54	Corpo do útero	8	9.96	8.37	10	13.06	11.75	6	7.77	6.48	10	12.7	9.31	5	6.3	4.56
C55	Útero, soe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2.52	1.75
C56	Ovario	5	6.23	5.47	4	5.22	4.05	7	9.06	7.73	3	3.81	2.92	5	6.3	4.66
C57	Outros órgãos genitais femininos, soe	-	-	-	1	1.31	1.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C64	Rim	2	2.49	2.4	2	2.61	2.8	-	-	-	5	6.35	4.83	-	-	-
C67	Bexiga	7	8.72	6.19	3	3.92	3.71	2	2.59	2.37	4	5.08	3	5	6.3	3.39
C69	Olho e anexos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.26	1.17
C71	Encéfalo	1	1.25	1.34	3	3.92	3.27	6	7.77	6.97	3	3.81	3.87	4	5.04	4.28
C72	Medula espinhal e outras partes s.n.c.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.26	0.87
C73	Glândula tireoide	6	7.47	7.05	8	10.45	9.07	3	3.88	3	7	8.89	7.51	8	10.07	7.67
C74	Glândula suprarrenal	0	0	0	2	2.61	3.42	-	-	-	1	1.27	1.15	-	-	-
C76	Outras localizações mal definidas	1	1.25	1.28	1	1.31	1.35	-	-	-	2	2.54	2.08	-	-	-
C80	Localização primária desconhecida	6	7.47	6.39	3	3.92	3.07	3	3.88	2.71	1	1.27	0.68	3	3.78	2.1
C81	Doença de Hodgkin	-	-	-	2	2.61	2.67	-	-	-	-	-	-	2	2.52	2.67
C82	Linfoma não hodgkin, folicular	2	2.49	2.07	1	1.31	1.14	-	-	-	-	-	-	2	2.52	2.01
C83	Linfoma não hodgkin difuso	2	2.49	1.23	2	2.61	2.85	1	1.29	1.02	4	5.08	4.35	3	3.78	2.26
C84	Linfomas de células t cutâneas e periféricas	-	-	-	1	1.31	1.03	1	1.29	0.72	-	-	-	-	-	-
C85	Linfoma não hodgkin de outros tipos, soe	2	2.49	2.26	5	6.53	4.53	3	3.88	2.72	6	7.62	5.27	2	2.52	2.01
C81-C85	Tecido linfático	6	7.47	5.56	11	14.37	12.22	5	6.46	4.46	10	12.7	9.62	9	11.34	8.95
C90	Mieloma múltiplo e neoplasia maligna de plasmócito	3	3.74	3.09	7	9.14	6.12	3	3.88	2.72	2	2.54	1.4	2	2.52	1.82
C91	Leucemia linfóide	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.27	1.15	1	1.26	0.68
C92	Leucemia mieloide	-	-	-	1	1.31	1.1	2	2.59	2.32	2	2.54	1.65	2	2.52	1.69
C93	Leucemia monocítica	0	0	0	1	1.31	1.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C94	Outra leucemias de cel. de tipo específico	1	1.25	1.34	1	1.31	1.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C95	Leucemia de tipo celular, soe	2	2.49	1.97	1	1.31	0.74	4	5.18	4.11	1	1.27	1.16	2	2.52	1.59
C90-C95	Tecido hematopoiético	6	7.48	6.4	11	14.38	10.13	9	11.65	9.15	6	7.62	5.36	7	8.82	5.78
C81-C96	Tecido linfático, hemet. e tec. correlatos	12	14.95	11.96	22	28.75	22.35	14	18.11	13.61	16	20.32	14.98	16	20.16	14.73
D46	Síndrome mielodisplásica	3	3.74	1.97	1	1.31	1.35	1	1.29	0.5	1	1.27	0.53	-	-	-
Subtotal		171	212.92	179.65	184	240.25	198.15	144	186.4	150.55	187	237.45	175.77	176	221.59	166.23
C44	Outras neoplasias malignas da pele	91	113.31	82.85	114	148.85	108.24	153	198.05	147.17	166	210.78	145.64	174	219.07	153.29
Subtotal		91	113.31	82.85	114	148.85	108.24	153	198.05	147.17	166	210.78	145.64	174	219.07	153.29
D04	Carcinoma <i>in situ</i> da pele	3	3.74	2.93	11	14.36	12.79	8	10.36	7.18	10	12.7	7.81	9	11.33	5.99
D05	Carcinoma <i>in situ</i> da mama	7	8.72	6.58	5	6.53	5.14	1	1.29	0.94	3	3.81	2.94	3	3.78	3.07
D06	Carcinoma <i>in situ</i> do colo do útero (cervix)	35	43.58	37.61	27	35.25	30.3	28	36.24	29.92	32	40.63	33.17	15	18.89	15.72
D07	Carcinoma <i>in situ</i> de outros órgãos genitais, soe	5	6.23	5.08	1	1.31	1.03	1	1.29	0.94	3	3.81	2.55	2	2.52	2.01
D09	Carcinoma <i>in situ</i> de outras loc., soe	1	1.25	1.34	1	1.31	1.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal		51	63.5	53.53	45	58.76	50.35	38	49.19	38.99	48	60.95	46.48	29	36.51	26.79
Todas as localizações primárias		313	389.73	316.04	343	447.85	356.74	335	433.63	336.7	401	509.17	367.9	379	477.18	346.31

* Principais localizações primárias ou grupos correlatos

Fonte: SIS-BASEPOP-RCBP-PC, ANO 2007-2011, dados disponíveis em 22/05/2013

Taxas padronizadas de incidência de câncer dos RCBP brasileiros segundo sexo e anos específicos

Em localidades menores as taxas oscilam muito, enquanto nos grandes centros são mais estáveis. Considerada essa limitação e a possibilidade das taxas de incidência do RCBP Poços de Caldas sofrerem alterações com o seu aperfeiçoamento nos anos seguintes, as taxas de outras localidades brasileiras podem servir de referência para análises comparativas.

Em Poços de Caldas, no período analisado, as taxas de incidência padronizadas pela idade da população mundial (1960), *exceto pele não melanoma e in situ*, por sexo, são 261 casos novos por 100 mil homens e 173 casos novos por 100 mil mulheres (Figura 6).

Nos RCBP do Brasil os valores mais elevados foram observados em Goiânia 2004-2008 (411 casos novos por 100 mil homens) e Florianópolis 2008 (317 casos novos por 100 mil mulheres). O RCBP de Poços de Caldas está na 11^a posição no *ranking* do sexo masculino e 19^a posição no feminino.

Pode-se também observar que, para o sexo masculino, o RCBP Poços de Caldas apresenta taxas padronizadas de incidência próximas às encontradas nos RCBP de Salvador, 2001-2005 (262), Curitiba 2003-2007 (255) e Jaú 2007-2011 (251), por 100 mil homens.

Já no sexo feminino as taxas do RCBP Poços de Caldas são próximas às observadas nos RCBP de Jaú 2007-2011 (176) e de Manaus 2001-2005 (167) por 100 mil mulheres.

O monitoramento de câncer na população residente pelo RCBP, por ser de caráter permanente, possibilitará que novos subsídios venham a ser dados ao projeto.

O PAV-MG e o INCA monitoram sistematicamente esse registro populacional.

Os dados dos RCBP estão disponíveis para consulta pública e podem ser acessados em <<http://www.inca.gov.br/cgi/sisbasepop.asp>>.

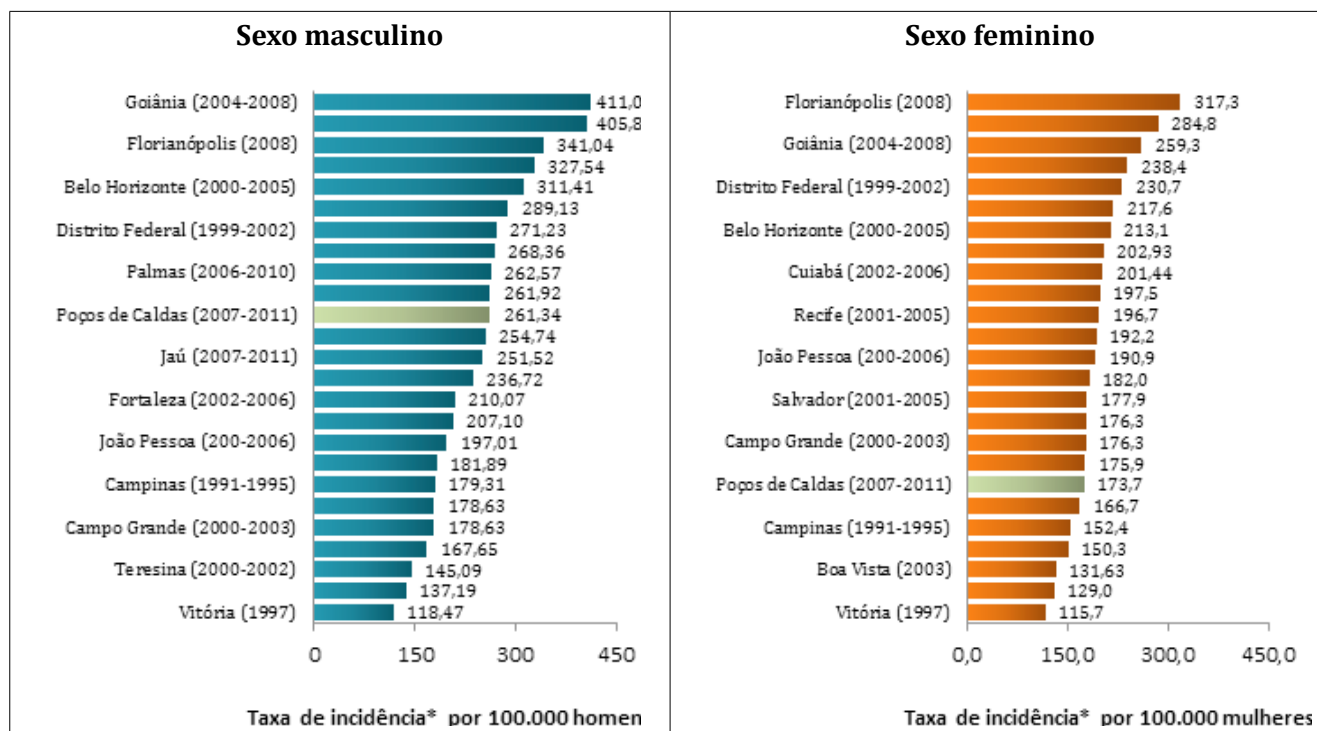


Figura 6 - Taxas de incidência ajustadas por idade*, segundo os RCBP brasileiros e respectivos períodos de referência, todas as localizações exceto pele não melanoma e *in situ*.

Fonte: SIS-BASEPOP-RCBP Poços de Caldas, 2007-2011, dados disponíveis em 22/05/2011, RCBP-BH, anos 2000-2005, dados disponíveis em 23/05/2013 e demais registros <www.inca.gov.br>, acesso em 23/05/2013.

*Ajustada pela População Mundial 1960.

Consideradas as observações mencionadas, o RCBP Poços de Caldas não apresenta as maiores taxas de incidência entre os 25 RCBP brasileiros, e os valores são compatíveis com várias localidades de referência do País.

Recomendação

O RCBP Poços de Caldas continuar monitorando a incidência de câncer na população residente para maior estabilidade das taxas. Essa continuidade propiciará subsidiar estudos de morbidade para tumores específicos, especialmente na elucidação da fração atribuível da exposição populacional ao radônio e o câncer de pulmão.



RADIAÇÃO NATURAL – ETAPA 1

A radiação natural gama terrestre (ao ar livre)
em cinco municípios do Planalto Poços de Caldas

RADIAÇÃO NATURAL: ETAPA 1 - GAMA TERRESTRE (AO AR LIVRE) EM CINCO MUNICÍPIOS DO PLANALTO POÇOS DE CALDAS

A radiação natural externa por raios cósmicos e a gama terrestre somadas à interna (por inalação do radônio) correspondem aproximadamente a 75% do total da dose efetiva mundial (Tabela 7). Este projeto contempla as medições desses principais componentes, em uma primeira etapa, as medições da radiação por exposição externa gama terrestre e, na etapa seguinte, as medições da radiação natural por exposição interna por inalação do radônio. Em ambas as etapas são utilizadas tecnologias atuais, com vistas à obtenção de dados representativos, cujo resultado final de maior interesse é realizar o cálculo da dose efetiva da exposição populacional à radiação natural.

Tabela 7 - Componentes da dose efetiva mundial com base populacional segundo a *United Nations Scientific Committee on the effects of atomic radiation* - UNSCEAR, 2000

FONTES DE RADIAÇÃO IONIZANTE		Dose média (mSv/ano)	Variação	
1. NATURAL	a) Exposição externa	Raios cósmicos	0,4	0,3 – 1,0
		Gama terrestre	0,5	0,3 – 0,6
		<i>a) Subtotal</i>	0,9	-
	b) Exposição interna	Inalação (radônio)	1,2	0,2 – 10,0
		Ingestão	0,3	0,2 – 0,8
		<i>b) Subtotal</i>	1,5	
1 - TOTAL NATURAL (a + b)		2,4	1,0 - 10,0	
2. ARTIFICIAL	Procedimentos médicos	0,40	ND*	
	Produção de energia nuclear	0,0002	ND*	
	Testes nucleares na atmosfera	0,005	ND*	
	Acidentes nucleares (Chernobyl e outros)	0,002	ND*	
	2 - TOTAL ARTIFICIAL	0,4	ND*	
TOTAL	(1 + 2)	2,8		

Fonte: SES-MG, Projeto Planalto Poços de Caldas, 2004-2009, v. 1 – Adaptado da Unscear, 2000 – ND* = dado não disponibilizado pela fonte consultada

Medições da radiação natural ao ar livre (raios cósmicos)

Verificou-se que a contribuição da radiação cósmica nas medições é muito baixa (0,0876 mSv/ano) conforme o teste realizado na represa do Cipó em Poços de Caldas (método Wissamam, 2006).

Medições da radiação natural ao ar livre (gama terrestre)

O equipamento utilizado tem um sistema móvel de medição da radioatividade gama ambiental (marca Eberline Modelo FHT 1376) formado por um detector de alta sensibilidade, acoplado a um GPS e a um microcomputador configurado para tomar uma medida de dose a cada segundo. O conjunto foi instalado em um veículo de passeio de tal forma que a altura do detector se encontrava a um metro do solo.



Figura 7 – Fotos da adaptação do carro com o equipamento da medição da radiação gama terrestre realizada por técnicos do LAPOC-CNEN e da Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas – etapa das medições da radiação natural ao ar livre, 2006-2008.

Foram percorridos 5.039 km nas malhas viárias urbana e rural de cinco municípios: Andradas, Caldas, Poços de Caldas, Santa Rita de Caldas e Ibitiúra de Minas, que foram eleitos por se localizarem em um raio de até 20 km da mina de urânio. Os períodos de medição foram 23/09/2002 a 23/10/2003 e 21/09/2006 a 19/09/2008, com o total de 417.324 pontos medidos por GPS.

Todos os valores de doses médias, aritmética ou ponderada foram inferiores a 5 mSv/ano, o que corresponde à classificação de área de radioatividade normal (Sohrabi,1998; Hendry *et al.*, 2009; UNSCEAR, 2000).

Porém, os valores máximos evidenciaram três locais com valores elevados (acima de 10 mSv/ano): Campo do Cercado, onde está a mina de urânio (14,4 mSv/ano), Morro do Taquari (13,6 mSv/ano), ambos na área rural de Caldas, e o Morro do Ferro, na área rural de Poços de Caldas (95,5 mSv/sno, nível muito elevado), na Tabela 8.



Figura 8 – Apresentação e Discussão dos Resultados nos Municípios Envolvidos nas Medições da Radiação Gama Terrestre, ano 2008.

Figura 8A – Em Poços de Caldas.



Figura 8B – Em Caldas.



Figura 8C – Os pesquisadores do LAPOC da CNEN, SES-MG, INCA e M. da Saúde, na SMS de Caldas.

Figura 8D – Em Andradas.



Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas – etapa das medições da radiação natural ao ar livre, 2006-2008.

Tabela 8 - Medições da radiação ionizante natural externa gama terrestre segundo dose média aritmética e ponderada pela população (mSv/ano). Setembro (2002-2008) - Projeto Planalto Poços de Caldas, MG.

Município	Área	N (nº de pontos)	(a) Dose média aritmética	(a) Valor mínimo	(b) Valor máximo	(b) Dose média pond. pela pop.
	Andradas	93.645	0,59	0,19	8,60	0,54
ANDRADAS	Urbana	21.413	0,54	0,19	1,33	0,54
	Rural	72.125	0,61	0,19	8,60	0,53
	Caldas	113.349	0,70	0,13	14,43	0,66
CALDAS	Urbana	8.363	0,75	0,30	4,13	0,71
	Rural	105.692	0,69	0,13	14,43	0,59
	Ibitiúra de Minas	14.119	0,55	0,23	1,96	0,62
IBITIÚRA DE MINAS	Urbana	2.810	0,70	0,34	1,65	0,69
	Rural	11.493	0,52	0,23	1,96	0,51
	Poços de Caldas	109854	1,03	0,15	95,05	0,98
POÇOS DE CALDAS	Urbana*	62.363	0,98	0,30	3,74	0,98
	Rural	49.160	1,09	0,15	95,05	0,85
	Santa Rita de Caldas	78.290	0,48	0,09	1,70	0,57
SANTA RITA DE CALDAS	Urbana	5.781	0,64	0,26	1,26	0,64
	Rural	73.041	0,47	0,09	1,70	0,47

Nota: N = Número de medições georreferenciadas; * dados coletados pela CNEN, antes do presente estudo;

** equivale a 0,56 nS/h. Em destaque os maiores valores encontrados no estudo.

Fonte: SES-MG, 2009 –Projeto Planalto Poços de Caldas (MG), 2004 a 2009 – volume I; medições da radiação gama terrestre ; IBGE (censo 2000)

Na Tabela 9 são apresentadas as estatísticas descritivas das medições por município e área urbana ou rural. Essas medições estão georreferenciadas nas Figuras 9 e 10.

Tabela 9 - Estatísticas descritivas das medições em mSv/ano por município e área

Município	Área	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
	Andradas	93.645	0,59	0,28	0,19	0,41	0,51	0,68	8,60
ANDRADAS	Urbana	21.413	0,54	0,14	0,19	0,43	0,51	0,62	1,33
	Rural	72.125	0,61	0,31	0,19	0,41	0,51	0,71	8,60
	Caldas	113.349	0,70	0,60	0,13	0,39	0,53	0,81	14,43
CALDAS	Urbana	8.364	0,75	0,24	0,30	0,62	0,72	0,83	4,13
	Rural	105.692	0,69	0,62	0,13	0,38	0,51	0,81	14,43
	Ibitiúra de Minas	14.119	0,55	0,18	0,23	0,43	0,51	0,63	1,96
IBITIÚRA DE MINAS	Urbana	2.811	0,70	0,21	0,34	0,54	0,66	0,79	1,65
	Rural	11.493	0,52	0,15	0,23	0,42	0,49	0,58	1,96
	Poços de Caldas	109.854	1,03	1,19	0,15	0,81	0,97	1,14	95,05
POÇOS DE CALDAS	Urbana	62.363	0,98	0,18	0,30	0,86	0,97	1,10	3,74
	Rural	49.160	1,09	1,77	0,15	0,55	0,95	1,30	95,05
	Santa Rita de Caldas	78.290	0,48	0,14	0,09	0,37	0,44	0,55	1,70
SANTA RITA DE CALDAS	Urbana	5.781	0,64	0,15	0,26	0,54	0,61	0,71	1,26
	Rural	73.041	0,47	0,14	0,09	0,37	0,43	0,53	1,70

Fonte: SES-MG, 2009 - Projeto Planalto Poços de Caldas (MG), 2004 a 2009 – volume I

Entre os benefícios proporcionados pela realização da primeira etapa, pode-se citar: a CNEN e o setor saúde local passam a identificar pontualmente o problema para ações específicas; a produção de uma base cartográfica de medições representativas da região; o aproveitamento de longuíssimo prazo dos valores encontrados devido à estabilidade da radiação gama terrestre; o banco de dados das medições permitir várias possibilidades de análise e diversas combinações de espacialização.

Com os resultados obtidos nessa primeira etapa de medições, apenas três municípios foram indicados para prosseguir para a etapa seguinte das medições *indoor*: Andradas, Caldas e Poços de Caldas.

A segunda etapa, das medições de radiação natural *in door* (radônio) é o tema da Parte II desta publicação.

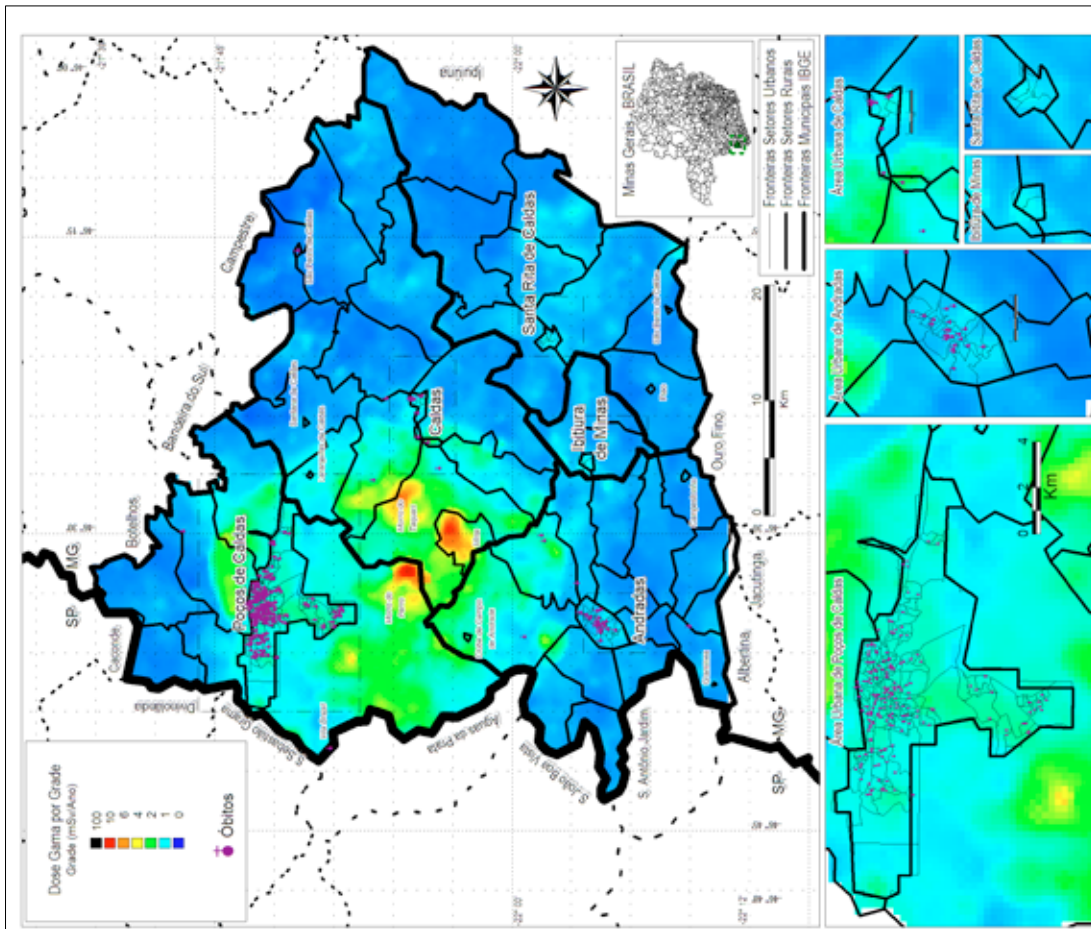


Figura 10 – Mapa das doses médias interpoladas de radiação gama externa segundo óbitos por câncer e municípios selecionados do Planalto Poços de Caldas - Períodos das medições: 2002-2003 e 2006-2008 - Período dos óbitos: 1999-2005

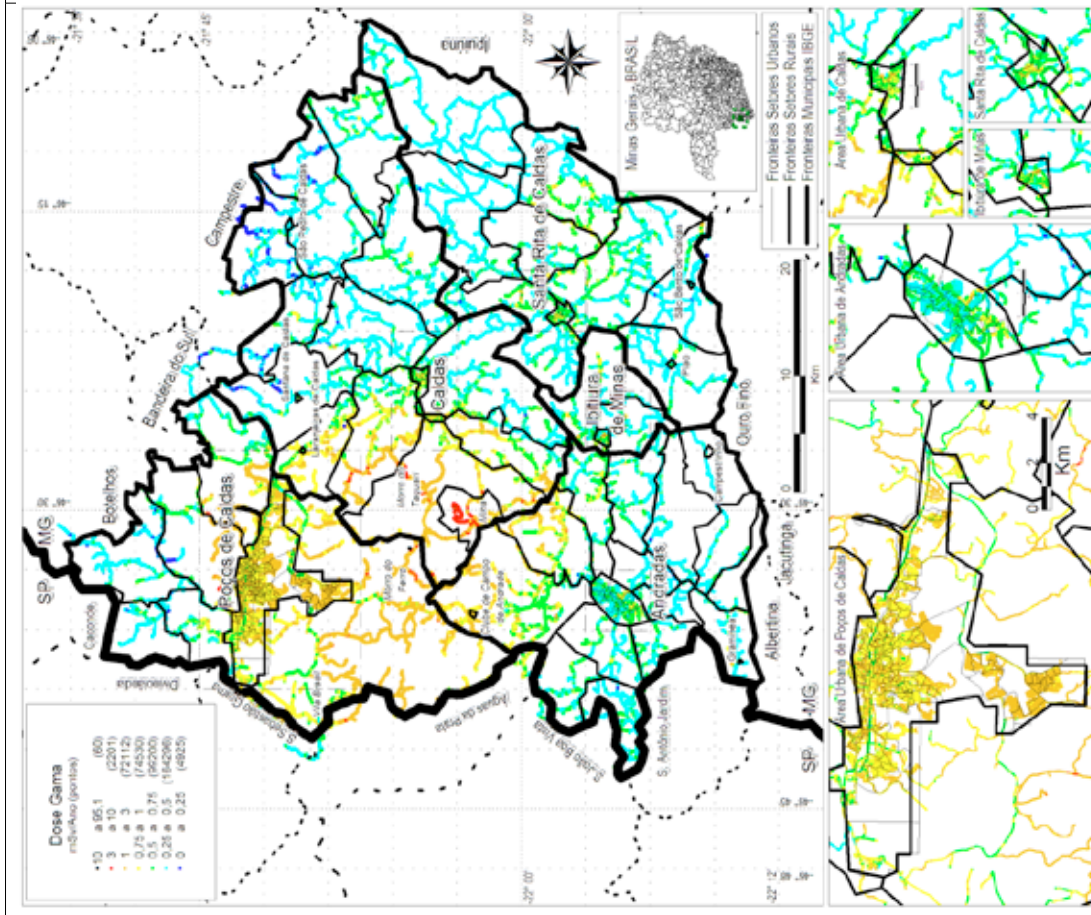


Figura 9 – Mapa das doses de radiação gama externa na malha viária dos cinco municípios do Planalto Poços de Caldas – Minas Gerais - Períodos das medições: 2002-2003 e 2006-2008.

PARTE II – RADIAÇÃO NATURAL: ETAPA 2 - *INDOOR* (RADÔNIO) EM ANDRADAS, CALDAS E POÇOS DE CALDAS

OBJETIVO

JUSTIFICATIVA

MARCO CONCEITUAL

REVISÃO DE LITERATURA

MÉTODOS E MATERIAIS

RESULTADOS

Perfil dos domicílios amostrados

Medições do radônio *indoor*

Perfil dos domicílios com medições alteradas

CONSIDERAÇÕES

RECOMENDAÇÕES

OBJETIVO

JUSTIFICATIVA

MARCO CONCEITUAL

RADIAÇÃO NATURAL: ETAPA 2 - INDOOR (RADÔNIO)

OBJETIVO

Avaliar a concentração de radônio-222 e seus filhos, e a taxa de dose de radiação obtida por meio de técnicas específicas de detecção e determinação, no interior de residências dos municípios de Andradas, Caldas e Poços de Caldas, localizados no Planalto de Poços de Caldas, Estado de Minas Gerais, Brasil.

Objetivos específicos

1. Determinar e mapear a dose de radiação natural recebida pela população no interior de residências dos três municípios.
2. Descrever as características físicas das residências da amostra.
3. Comparar os resultados obtidos com valores nacionais e internacionais.
4. Estimar a dose efetiva natural de radiação *indoor*
5. Elaborar material informativo de prevenção de risco e de divulgação dos resultados.

JUSTIFICATIVA

Nas últimas duas décadas, estudos realizados na Europa, no Canadá e nos Estados Unidos têm demonstrado que a inalação do radônio pode ter impacto importante sobre a saúde humana. Estima-se que 43% da dose efetiva de radiação natural recebida pelo homem ao longo de uma vida de exposição sejam decorrentes do Rn-222 e seus filhos.

A Comissão Internacional de Proteção Radiológica – ICRP recomenda aos órgãos regulares nacionais (a CNEN no Brasil), o estabelecimento do nível de referência nacional para concentração de radônio *indoor*.

A WHO (2009) recomenda que as concentrações em ambientes internos sejam menores que 100 Bq/m³. Segundo o ICRP (2009) e o WHO (2009), os valores máximos de referência do radônio no interior das residências devem ser da ordem de 10 mSv/ano, que corresponde à concentração de Rn-222 no ar de 300 Bq/m³.

O radônio é a segunda causa de câncer de pulmão no mundo segundo a Organização Mundial de Saúde. Em 2006 a OMS formou um grupo de estudo (projeto radônio) com o objetivo de reduzir a exposição humana a esse gás natural. Foi então recomendado aos países membros que realizassem ações para reduzir a concentração de radônio ao nível de 100 Bq/m³ (WHO, 2009). O *National Cancer Institute* (2010) reforça a necessidade de disseminar a informação dos riscos de câncer relacionados à exposição ao radônio e intensificar a aferição dos níveis desse material radioativo em residências, escolas, locais de trabalho, etc. No Brasil essa prática ainda não faz parte da rotina dos serviços.

Considerando os motivos expostos, o presente estudo tem a intenção de ampliar os conhecimentos sobre os níveis da exposição ao radônio na população do Planalto Poços de Caldas, que é uma região reconhecida internacionalmente por suas anomalias radioativas. Pretende também avaliar se a concentração está acima dos limites estabelecidos pelos parâmetros internacionais. Por ser um trabalho que envolve instituições governamentais das áreas da saúde e da radiação, a

expectativa é promover uma reflexão conjunta sobre uma rotina de prevenção e controle, a exemplo do que já acontece em outros países.

MARCO CONCEITUAL

O radônio

Descoberto em 1900 por E. Rutherford e R. B. Owens, o radônio é um elemento natural, inodoro, inerte, incolor e ao mesmo tempo um gás nobre e radioativo em todas as suas formas isotópicas. A quantidade relativa na atmosfera depende basicamente da quantidade de urânio e tório no solo. A concentração típica de radônio no solo varia de 4 a 40 kBq/m³. Difunde-se com facilidade através de fissuras nas rochas, da porosidade do solo e de lençóis freáticos até alcançar a superfície terrestre.

Em geral, as fontes de radônio dos ambientes de convívio humano são o solo, a água encanada e os materiais de construção que o envolvem. Ao exalar das superfícies dos materiais, esse gás tende a se distribuir homogeneamente nos cômodos quando não há ventilação nos ambientes, podendo atingir níveis muito elevados e ser prejudicial à saúde humana (Bräuner *et al.* 2013). Como os indivíduos permanecem mais de 80% do tempo em locais fechados, as radiações desses locais provocam situações de exposições prolongadas (ICRP, 2005). Ambientes fechados e pouco ventilados merecem atenção especial, pois a concentração do Rn-222 no interior de residências é cerca de 2 a 20 vezes maior do que a média da concentração no exterior (Eisenbud & Gesell, 1997).

A presença de altas concentrações de Rn-222 e filhos em residências é vista pela maior parte dos pesquisadores como um fator de risco à saúde humana (Bochicchio, 1998). A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC, 1988, WHO, 2003) classifica o radônio no grupo 1, reconhecidamente cancerígeno, bem como os produtos do seu decaimento polônio 218 e polônio 214. Segundo a ICRP (2010) o valor máximo de referência do radônio nas residências deve ser de 300 Bq/m³, que é um parâmetro compatível às novas recomendações da OMS (WHO, 2009). No Brasil, a CNEN por meio da Posição Regulatória 3.01/007, de 2005 (CNEN-NN 3.01, 2010), recomenda o nível genérico para avaliação da implantação de ações de intervenção de 10 mSv/ano, ou seja, aproximadamente 300 Bq/m³, de acordo recentes cálculos apresentados pelo ICRP 106, 2008. (Corrêa, 2011)

Dosimetria do radônio

O elemento químico radônio e os seus dois isótopos mais importantes, Rn-222 e o Rn-220, decaem para átomos de elementos sólidos que podem ficar aderidos a núcleos de condensação e partículas presentes no ar. O Rn-222 é um produto de decaimento (filho) do Ra-226, ou seja, pertence à série radioativa do urânio. Por outro lado, o Rn-220 é um produto de decaimento do Ra-224, portanto pertence à família do tório. Devido a suas origens o Rn-222 é conhecido como radônio e o Rn-220 como torônio (ICRP 1993).

A meia-vida do Rn-222 é 3,82 dias, enquanto a do Rn-220 é de 55,6 segundos. Portanto, ao ser produzido, o Rn-220 pode decair antes de ser transportado para locais de convívio humano. Isso explica o motivo pelo qual a quantidade de Rn-220 nesses ambientes é muito menor do que a de Rn-222, embora a taxa de produção de Rn-220 (da série do Tório) seja aproximadamente igual à de Rn-222 (ICRP 1993). Neste tópico será tratado apenas a dosimetria referente ao isótopo Rn-222.

A cadeia de decaimento do radônio é apresentada na Tabela 10. Inicialmente o Rn222 decai para Po-218 emitindo partícula alfa de 5,49 MeV de energia. O Po-218 decai para Pb-214 e emite uma partícula alfa de 6 MeV de energia. O Pb-214 decai para Bi-214 emitindo partículas beta. O Bi-214 decai para Po-214 emitindo partículas beta. Finalmente o Po-214 decai para Pb-210 (com meia-vida longa de 22 anos) e emite partícula alfa de 7,69 MeV.

Tabela 10 - Propriedade de decaimento do Rn-222 e seus filhos de meia-vida curta

Radionuclídeo	Meia - vida	Principais energias das radiações e porcentagens de emissão (γ)					
		Alfa		Beta		Gama	
		Energia	g	Energia máxima	g	Energia	g
		(MeV)	(%)	(MeV)	(%)	(MeV)	(%)
Rn-222	3,82 dias	5,49	100	-	-	-	-
Po-218	3,05 min	6,00	100	-	-	-	-
Pb-214	26,8 min	-		1,02	6	0,35	37
				0,70	42	0,30	19
				0,65	48	0,24	8
Bi-214	19,9 min	-		3,27	18	0,61	46
				1,54	18	1,77	16
				1,51	18	1,12	15
Po-214	164 μ s	7,69	100	-	-	-	-

Fonte: Browne and Firestone (1986) and ICRP (1983).

A *International Commission on Radiation Protection* em sua publicação 65 (ICRP 1993) estabeleceu o modelo de dose utilizando estudos epidemiológicos, também conhecido como sistema de conversão de dose. Para entender esse modelo é importante compreender as grandezas utilizadas nesta abordagem.

Atividade de uma fonte - A

A atividade de uma fonte é a taxa de transmutação de um elemento em outro. A unidade do Sistema Internacional - SI para esta grandeza é o Becquerel (Bq), que significa uma desintegração por segundo.

A atividade pode ser expressa como:

$$A = \lambda N$$

Onde:

N é o número de átomo e

λ é probabilidade de decaimento do radionuclídeo na unidade de tempo, cuja unidade é s^{-1} .

A probabilidade de decaimento λ é característica de cada radionuclídeo. Outra abordagem amplamente utilizada é o emprego do conceito de meia-vida do radionuclídeo – $T_{1/2}$. A meia-vida é definida como o tempo necessário para que ocorra o decaimento da metade dos radionuclídeos. A unidade de meia-vida é a mesma da grandeza tempo (ano, horas, minutos ou segundos). A probabilidade de decaimento λ e a meia-vida $T_{1/2}$ estão relacionadas pelas equações:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

O Curie – Ci é uma unidade histórica (e ainda em uso) da grandeza atividade. A sua conversão para o SI é a seguinte: 1 Ci = $3,7 \times 10^{10}$ Bq. Uma unidade amplamente utilizada nos Estados Unidos da América nas medições de radônio é o pCi/l, definido como 1 pCi/l = 37 Bq/m³

Energia alfa potencial - ϵ_p

A energia alfa potencial, ϵ_p , de um átomo na cadeia de decaimento de radônio é definido como a energia alfa total emitida durante o decaimento desse átomo até o elemento Pb-210 (ICRP 2005). A unidade SI para essa grandeza é o Joule (J) embora ainda seja utilizado o MeV. A conversão entre essas duas unidades é a seguinte: 1 MeV = $1,6 \times 10^{13}$ J.

Este conceito é importante, pois quando um filho de Rn-222 é inalado, o pulmão irá receber a energia da radiação de todos os seus descendentes, uma vez que o sistema de limpeza do organismo age em tempo superior ao necessário para o decaimento. A Tabela 11 apresenta energia alfa potencial para os filhos de Rn-222. Podemos verificar que inalar a 1 átomo de Po-218 equivale a uma energia alfa potencial de 13,69 MeV, ou seja 6,00 MeV do próprio Po-218 somado aos 7,69 MeV do Po-214.

Tabela 11 - Energia alfa potencial, ϵ_p , por átomo e por unidade de atividade.

Radionuclídeo	Meia-vida	Energia alfa potencial			
		Por átomo (MeV)	Por átomo (10^{-12} J)	Por unidade de atividade (MeV/Bq)	Por unidade de atividade (10^{-10} J/Bq)
Po-218	3,05 min	13,69	2,19	3615	5,79
Pb-214	26,8 min	7,69	1,23	17840	28,6
Bi-214	19,9 min	7,69	1,3	13250	21,2
Po-214	164 μ s	7,69	1,23	2×10^{-3}	3×10^{-3}
Total (no equilíbrio), por Becquerel de Rn-222				34710	55,6

Fonte: ICRP 1993

Em um volume normalmente determinamos a atividade dos radionuclídeos (ou concentração de atividade Bq/m³) em vez do número de átomos, portanto é interessante expressar a energia alfa potencial por unidade de atividade (Bq). Tal conversão é realizada considerando que dessa forma a energia potencial por unidade de atividade é

$$\epsilon_p/A = \epsilon_p/\lambda N = \frac{\epsilon_p/N}{\lambda} = \epsilon_p t_{1/2}/\ln 2$$

onde λ é a constante de decaimento e $t_{1/2}$ é a meia-vida do radionuclídeo.

Esta última equação mostra que a energia alfa potencial por unidade de atividade é diretamente proporcional à meia-vida do radionuclídeo. Isso ocorre porque quanto maior a meia-vida, maior será o número de átomos necessários para atingir uma determinada atividade. Por exemplo, são necessários 264 átomos de Po-218 ($T_{1/2} = 3.05$ minutos) para se tenha 1 Bq de atividade, enquanto são necessários 2.320 átomos de Po-214 ($T_{1/2} = 26.8$ minutos) para se tenha a mesma atividade de 1 Bq.

Entende-se por equilíbrio radioativo quando um radionuclídeo filho tem a mesma atividade do radionuclídeo pai. Portanto, a última linha da Tabela 11 considera que todos os filhos Rn-222 têm a mesma concentração de atividade no ar.

Concentração de energia alfa potencial no ar - c_p (ou PAEC)

A concentração de energia alfa potencial, c_p ou PAEC (*Potential Alpha Energy Concentration*), de qualquer mistura de filhos de meia-vida curta de radônio no ar é a soma da energia alfa potencial desses átomos presentes por unidade de volume de ar (ICRP 1993). Portanto, se c_i é a concentração de atividade do radionuclídeo filho i (expresso em Bq/m³), a concentração de energia alfa potencial da mistura de filhos é:

$$PAEC = c_p = \sum_i c_i (\epsilon_{p,i} / \lambda_i)$$

Essa grandeza é expressa em unidade do Sistema Internacional de Unidade – SI em J/m³ onde 1 J/m³ = 6,242 x 10¹² MeV/m³ ou 1 MeV/m³ = 1,6 x 10⁻¹³ J/m³

Uma unidade histórica para a medição do PAEC é o *Working Level* - WL, definido originalmente como a concentração de energia alfa potencial associada com uma concentração 100 pCi/l (3,7 Bq/l ou 3700 Bq/m³) de radônio em equilíbrio com seus filhos. O WL é atualmente definida como a concentração de energia alfa potencial de 1,300 x 10⁵ MeV/l = 1,300 x 10⁸ MeV/m³. O valor correspondente no SI é de 2,08 x 10⁻⁵ J/m³.

Concentração em equilíbrio equivalente, c_{eq} (ou EEC)

A concentração de energia alfa potencial – PAEC de qualquer mistura de filhos de radônio no ar pode ser escrita em termos da concentração em equilíbrio equivalente, c_{eq} ou EEC (*Equilibrium Equivalent Concentration*), de seu radionuclídeo pai, o radônio. A concentração em equilíbrio equivalente, correspondente a uma mistura de filhos de radônio em desequilíbrio, é a concentração de atividade de radônio em equilíbrio radioativo com seus filhos de meia-vida curta que apresenta a mesma concentração de energia alfa potencial que a mistura em desequilíbrio. No SI é expressa a concentração em equilíbrio equivalente em Bq/m³

Na Tabela 11 observa-se que a concentração (de Rn-222) de 1 Bq/m³ em equilíbrio com seus filhos corresponde a uma PAEC de 55,6 x 10⁻¹⁰ J/m³, ou seja, 34710 MeV/m³.

Fator de equilíbrio f

O fator de equilíbrio f é definido como a razão entre concentração em equilíbrio equivalente - EEC e a concentração de atividade de radônio no ar:

$$f = \frac{EEC_{R-222}}{C_{R-222}} \quad EEC_{R-222} = f \cdot C_{R-222}$$

Esse fator caracteriza o desequilíbrio entre a mistura de filhos de meia-vida curta e seu radio-nuclídeo pai (radônio) no ar em termos de energia alfa potencial.

Exposição dos indivíduos à energia alfa potencial - P_p devido à inalação

A quantidade “exposição” P de um indivíduo aos filhos de radônio é definida como o integral temporal da concentração de energia alfa potencial no ar, c_p , ou a concentração em equilíbrio equivalente correspondente, c_{eq} , do radônio ao qual um indivíduo está exposto sobre o período de tempo T (geralmente um ano).

$$\text{Exposição a energia alfa potencial } P_p(T) = \int_0^T PAEC(t) dt$$

$$\text{Exposição a concentração em equilíbrio equivalente } P_{eq}(T) = \int_0^T EEC(t) dt$$

A unidade da quantidade P_p é $J \cdot h/m^3$. A unidade para a quantidade P_{eq} é $Bq \cdot h/m^3$.

A exposição a energia alfa potencial, P_p , de trabalhadores é frequentemente expressa na unidade histórica *Working Level Month* – *WLM* (ICRP 1993). Como essa quantidade foi introduzida para exposição ocupacional, um mês foi tomado como 170 horas, portanto:

$$1 \text{ WLM} = 1 \text{ WL} \cdot 170 \text{ h} = 1,300 \times 10^8 \text{ MeV/m}^3 \cdot 170 \text{ h} = 2,21 \times 10^{10} \text{ MeV} \cdot \text{h/m}^3$$

Uma vez que $1 \text{ MeV} = 1.602 \times 10^{-13} \text{ J}$, a relação entre a unidade histórica e a unidade SI é a seguinte: $1 \text{ WLM} = 3.54 \text{ mJ} \cdot \text{h/m}^3$ e $1 \text{ mJ} \cdot \text{h/m}^3 = 0.282 \text{ WLM}$

Para a maioria das residências a ICRP 65 (1993) e UNSCEAR (1988) recomenda a utilização de um fator de equilíbrio de 0,4 e um fator ocupação 7.000 horas. Com bases nesses dois valores, a exposição continuada à concentração de radônio de 1 Bq/m^3 resulta em uma exposição anual de $1,56 \times 10^{-2} \text{ mJ} \cdot \text{h/m}^3$ ($1 \text{ Bq/m}^3 \times 0,4 \times 7000 \text{ h} \times 55,6 \times 10^{-10} \text{ J/Bq}$) ou seja $4,4 \times 10^{-3} \text{ WLM}$. A exposição cumulativa a 1 WLM é aproximadamente equivalente a viver um ano (7000 h) em um ambiente com concentração de radônio de 230 Bq/m^3 .

Dose efetiva devida inalação de radônio - E

A conversão da exposição à radiação e a correspondente dose efetiva pode ser realizada utilizando a abordagem epidemiológica ou a dosimétrica. Até recentemente a ICRP usava a abordagem epidemiológica para o cálculo de dose decorrente da inalação de radônio. Nesta abordagem os dados foram obtidos em estudos realizados em trabalhadores de diversas minerações (incluindo as subterrâneas de urânio) e em sobreviventes da bomba atômica de Hiroshima.

Usando essa abordagem a ICRP 65 recomendou que a exposição a $1 \text{ mJ} \cdot \text{h/m}^3$ é equivalente a um dose efetiva de $1,10 \text{ mSv}$, ou seja, o fator de conversão é de $6 \text{ nSv}/(\text{Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^3)$. Com esse valor temos que a exposição continuada à concentração de radônio de 100 Bq/m^3 resulta em uma exposição anual de $1,56 \text{ mJ} \cdot \text{h/m}^3$ e em uma dose efetiva de $1,7 \text{ mSv/ano}$.

Uma forma alternativa de realizar a determinação da dose é a utilização de modelos dosimétricos tal como o modelo do sistema respiratório da ICRP. A ICRP 115 recomenda que o radônio e seus filhos sejam tratados da mesma forma que os demais radionuclídeos, ou seja, que a sua dosimetria seja realizada utilizando os modelos dosímetros. Os coeficientes de dose calculados por esse modelo serão em breve publicados pela ICRP. A ICRP recomenda que o coeficiente atual ainda seja utilizado, mas alerta que esse valor pode aumentar para um fator de 2 após o cálculo utilizando o modelo dosimétrico.

A UNSCEAR 2000 comparou os estudos realizados após a publicação da ICRP 65 e propôs a utilização de fator de conversão de dose de $9 \text{ nSv}/(\text{Bq}\cdot\text{h}/\text{m}^3)$. Esse valor incorpora alguns resultados utilizando os modelos dosimétricos. Dessa forma, utilizando o valor proposto pela UNSCEAR 2000, a exposição continuada à concentração de radônio de $100 \text{ Bq}/\text{m}^3$ resultaria em uma dose de:

$$E = C_{\text{Rn-222}} \cdot F \cdot O \cdot \text{FCD} = 100 \text{ Bq}/\text{m}^3 \times 0,4 \times 7000 \times 9 \text{ nSv}/(\text{Bq}\cdot\text{h}/\text{m}^3) = 2,52 \text{ mSv}/\text{ano}$$

Onde

$C_{\text{Rn-222}}$ é a concentração de Rn-222 (Bq/m^3)

F é o fator de equilíbrio 0,4

O é fator de ocupação

FCD é o fator de conversão de dose $9 \text{ nSv}/(\text{Bq}\cdot\text{h}/\text{m}^3)$

REVISÃO DE LITERATURA

REVISÃO DE LITERATURA

Saúde e radônio

Em vários países do mundo realizam-se pesquisas com objetivo de determinar a concentração de radônio e filhos, o que fornece subsídios para estudos epidemiológicos que apontam as correlações entre as concentrações de Rn-222 e filhos e a incidência de efeitos deletérios à saúde. Foram evidenciadas correlações tanto positivas (Field *et al.* 2001; Pershagen *et al.*, 1994; Tomasek *et al.*, 2001) quanto negativas (Cohen & Colditz, 1994; Cohen, 1995).

Henshaw *et al.* (1990) correlacionaram a incidência de leucemia e outros tipos de câncer (inclusive infantis) à ocorrência de radônio, utilizando dados internacionais. Esses autores consideraram que, para uma concentração global média de 50 Bq/m³, de 13% a 25% dos casos de leucemia em todas as idades podem estar associados ao radônio. Esses resultados foram contestados pela *National Radiological Protection Board* (NRPB) da Inglaterra porque essas correlações não são significativas quando são excluídos os dados menos confiáveis.

Eisenbud & Gessel (1997) realizaram um estudo de caso na Suécia, que demonstrou correlação positiva entre o radônio e o câncer de pulmão baseado em 1.360 casos de câncer de pulmão e que envolveu medidas do radônio ao longo de um período de 30 anos. Foi demonstrado que o risco de desenvolvimento desse câncer aumenta com a exposição ao radônio e esse aumento é mais significativo para concentrações médias de radônio na faixa de 140 a 400 Bq/m³.

U. S. Environmental Protection Agency (EPA, 2009) estima que somente nos Estados Unidos 14.000 mortes por câncer de pulmão (intervalo de 7.000 a 30.000) podem ser decorrentes da exposição ao radônio.

Colgan *et al.* (2008) atribuem a esse gás radioativo entre 10% e 15% dos casos de câncer de pulmão, número que sobe para 25% quando se trata de fumantes. Em geral aceita-se que o radônio seja a segunda causa do câncer de pulmão depois do tabaco.

Atualmente a Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC, 1988, WHO, 2003) confirma o efeito carcinógeno do radônio e o classifica no grupo 1, reconhecidamente cancerígeno, bem como os produtos do seu decaimento: polônio-218 e polônio-214. Segundo Colgan *et al.*, (2008), as medidas da concentração do radônio no ar geralmente funcionam como um bom indicador de risco. Nesse sentido, em muitos casos, não é necessário considerar a mistura de radionuclídeos presentes no ar (progênie do radônio) e a dose de radiação associada a tais radionuclídeos pode ser estimada somente por meio da concentração de radônio.

Por ser um gás inerte, o radônio não fica retido em quantidades significativas no corpo humano. O risco potencial à saúde aumenta quando, por decaimento alfa, gera uma sequência de radionuclídeos de meia-vida curta conhecidos como filhos do radônio (Po-218, Bi-214, Pb-212), os quais são íons positivos não gasosos. A entrada no trato respiratório depende do tamanho das partículas: as maiores param na cavidade nasal, e as menores alcançam os pulmões. A energia das partículas alfa emitidas por esses radionuclídeos é totalmente absorvida pelos tecidos pulmonares (Planinié, 1999)

As primeiras medidas de radônio em residências foram publicadas por Hultqvist (1956). Esse estudo, iniciado por Rolf Sievert, envolveu 225 residências da Suécia e indicou que alguns locais amostrados apresentaram altas concentrações de radônio atribuídas aos materiais de construção

com elevado nível de rádio. Segundo Eisenbud & Gessel (1997), a pesquisa recebeu pouca atenção internacional porque na época considerava-se que seria um problema local da Suécia. Esses mesmos autores consideram que o interesse científico no radônio em residências ampliou-se em meados dos anos 1970, quando a instrumentação nuclear propícia para as medidas tornou-se disponível.

Fatores na variação das concentrações do radônio *indoor*

Os níveis de radônio em residências são muito variáveis e podem atingir, em alguns casos, até 100.000 Bq/m³. Isso significa que alguns membros da população são expostos a níveis encontrados em minas (ICRP, 1993). Segundo a UNSCEAR (2000) os fatores de influência nas concentrações desse gás em ambientes fechados são a taxa de ventilação, a concentração de radônio no solo, a permeabilidade do solo e as diferenças entre a pressão externa e interna. Estudos demonstram que as concentrações desse gás diminuem com a elevação em relação ao solo (Corrêa, 2011) e quanto à influência dos fatores climáticos e da umidade do solo (Santos, 2010).

Neves *et al.* (2004) relatam variações das concentrações do radônio ao longo do dia; os valores máximos são observados nas primeiras horas, enquanto os mais baixos são encontrados no fim da tarde, quando as concentrações são aproximadamente um terço dos máximos da manhã. Esses mesmos autores consideram que a atividade dos moradores em relação à abertura de portas e janelas é um dos principais fatores e que altas concentrações tendem a ocorrer durante a noite, período em que a ventilação é reduzida e que coincide com a maior permanência das pessoas nas habitações.

UNSCEAR (1993) considera que no curso de um ano os níveis de Rn-222 tendem a um pico nos meses de outono ou de inverno e têm mínimos na primavera. Essa variação é consistente com os padrões de turbulência atmosférica, que tendem a ser maiores na primavera. Neman (2000) observa que as características residenciais (ventilação, tipos de materiais) influenciam de forma mais expressiva do que as estações do ano e recomenda aos moradores das residências monitoradas no estudo realizado na cidade de Poços de Caldas, sobre a mudança de hábitos com relação à ventilação das residências e quanto à renovação periódica da pintura interna, para garantir níveis menores desse gás. Segundo esse autor, o simples hábito de manter uma janela aberta ou fechada de maneira contínua afeta o transporte do radônio e filhos no interior da residência, já que o gás, ao se difundir em um cômodo onde pouca ou nenhuma troca de ar ocorre com o exterior tende a permanecer ali. Do mesmo modo, Da Silva (2005), no estudo dos ambientes internos na cidade de São Paulo, considera que a taxa de ventilação é um fator importante para as medidas e que outros fatores ambientais, como temperatura e umidade têm pouca influência sobre as concentrações. Assim, embora o clima possa não ter influência direta nas concentrações, o comportamento das pessoas propiciando maior ou menor ventilação nos ambientes, pode ser preponderante (Neman, 2000; Corrêa, 2011).

Em relação aos materiais de construção, vários trabalhos (Burke, 2003; Rio Doce, 1992; Villalobos, 1991; Melo, 1999) afirmam que o solo tem contribuição com relação ao radônio cerca de 10 vezes mais que materiais de elevado grau de compactação, como concreto, pedra e tijolo. Da Silva (2005) demonstra que residências térreas com pouca ventilação e cobertura do solo com cimento ou cerâmica estão relacionadas com as maiores concentrações de Rn-222 e filhos.

Estudos mais recentes como o realizado por Braunner *et al.* (2012) encontraram valores que excediam 100 Bq/m³ em apenas 7% em novas residências avaliadas na Dinamarca e Clouvas *et al.* (2013) encontraram valores acima de 200 Bq/m³ em aproximadamente 10% das residências na Grécia.

A WHO (2009) observa que a exposição ao radônio em residências difere da exposição em outras construções (escolas, edifícios comerciais) devido à diferença entre as estruturas das construções, o tempo de permanência das pessoas nesses ambientes, o sistema de aquecimento, a taxa de ventilação e a operação do ar condicionado.

Níveis de referência das concentrações de radônio *indoor*

Em 2011 a Agência Internacional de Energia Atômica - IAEA aprovou o seu novo padrão básico de segurança (*IAEA Basic Safety Standards 2011*), onde apresenta requisitos de proteção contra o radônio em residências e em locais de trabalho. Recomenda-se que os estados membros devem estabelecer o nível de referência nacional de concentração em radônio em ambiente de convívio humano, além de definir, no código de construção civil, ações preventivas e corretivas para evitar a entrada de radônio nas edificações (Colgan *et al.*; 2013). Entende-se por ações preventivas aquelas aplicadas às novas edificações, enquanto ações corretivas referem-se às construções preexistentes.

Segundo Eisenbud & Gessel (1997) o radônio ocorre naturalmente em solos na faixa típica de 4,0 a 40 KBq/m³ e na atmosfera na faixa típica de 4,0 a 19 Bq/m³. No Brasil, estima-se que a concentração média anual do Rn-222 no ar varia de 0,6 a 28 Bq/m³ (IPEN, 2002 *apud* Fior, 2008). Colgan *et al.* (2008) afirmam que a concentração de radônio em residência, normalmente, segue uma distribuição *log-normal*. Alguns parâmetros são usados para qualificar tal distribuição: a média geométrica e o desvio padrão descrevem a distribuição enquanto a média aritmética está associada a probabilidade de detrimento à saúde.

Valores médios mundiais estimados pela UNSCEAR (1998) – radônio <i>indoor</i>	
Média aritmética: 40 Bq/m ³	Média geométrica: 25 Bq/m ³
Desvio padrão: 2,5 Bq/m ³	Fator de equilíbrio: 0,4
A WHO (2009) recomenda que as concentrações de radônio em ambientes internos sejam menores que 100 Bq/m³	

A EPA (2000) sugere prática de intervenção em residências com valores de concentração acima de 148 Bq/m³. Segundo o ICRP (2009) os valores máximos de referência do radônio nas residências devem ser de 300 Bq/m³. Na edição anterior dessa Comissão, datada de 1993, os valores máximos eram de 600 Bq/m³. Existia uma graduação que variava de até 200 Bq/m³, chamado de níveis normais, perpassava pelos níveis de 200 a 400 Bq/m³ (atenção), de 400 a 600 Bq/m³ (remediação) e, por último acima de 600 Bq/m³ (intervenção). Esses valores foram substituídos pelo parâmetro único de 300 Bq/m³, que é similar às novas recomendações da OMS (WHO, 2009).

O documento *A Citizen's Guide Radon* (EPA, 1992; EPA, 2009) recomenda a repetição de medição acima de 370 Bq/m³ para confirmar se os níveis de radônio são altos o bastante para justificar ações remediadoras.

Nível de ação

Conforme ICRP (2008) *apud* WHO (2009) o conceito de nível de referência difere do conceito de nível de ação e de intervenção. Segundo a ICRP (1993), de acordo com suas características específicas (por exemplo, geológicas e climáticas), potencialidades e com a opinião pública, cada país adota qual o nível de ação e de intervenção em residências para o radônio. No Brasil não há legislação oficial a respeito do radônio em ambientes interiores.

Segundo Colgan *et al* (2008) uma campanha de mitigação deve alcançar dois objetivos: reduzir e limitar doses altas (risco individual) e reduzir doses médias (risco coletivo). O primeiro para adoção de medidas mediadoras em residências com concentrações acima do valor de referência que são de caráter individual. O segundo, também de extrema importância, baseia-se na constatação de que as concentrações de radônio seguem uma distribuição *log-normal*, e conseqüentemente a maior parte da dose coletiva provém de exposições a baixas concentrações. Sendo assim, a maneira de reduzir a concentração média de radônio é introduzindo práticas preventivas em novas construções e tais mudanças, com o tempo, reduzem a dose média devido ao radônio e diminuem o impacto à saúde decorrente desse gás.

Entre os métodos mitigadores, independentemente do tipo da residência, uma solução acessível comumente utilizada em países com clima temperado é o aumento da taxa de ventilação. A abertura de janelas e portas aumenta a ventilação natural nas residências além de reduzir a pressão no seu interior diminuindo a tendência do radônio de ser sugado do solo.

Conforme a WHO (2009) a regulamentação do radônio em residências deve se basear nos resultados adquiridos em programas nacionais. Para elaboração deste é necessário a participação de diferentes profissionais e organizações nacionais, regionais e locais responsáveis pela proteção à radiação e por políticas públicas. Ainda segundo essa organização as entidades governamentais devem cooperar promovendo ações coordenadas e designando agências e organizações para liderarem o programa.

Níveis de radônio nos países

A *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation* (2006) divulgou a lista das concentrações de radônio *indoor* nos continentes de acordo os estudos realizados nos países. O presente estudo dividiu essa extensa lista em três grupos de acordo os valores das concentrações da média aritmética (MA) e do valor máximo (VM), tendo como referências a recomendação WHO (2009) quanto à manutenção da média aritmética em até 100 Bq/m³ e o limite estabelecido pela WHO (2009) e ICRP (2009) para que os valores máximos de referência não ultrapassem 300 Bq/m³. Dessa forma, os três grupos são os seguintes:

(1) Média aritmética até 100 Bq/m³ e o valor máximo até 300 Bq/m³, ou seja, ambas variáveis estão de acordo as respectivas recomendações. A Tabela 12 (Grupo 1) mostra 23 estudos de países distintos. Os valores mais baixos dessas duas variáveis são em Chipre (MA=7 Bq/m³) e na Malásia (VM=20 Bq/m³).

(2) Média aritmética maior que 100 Bq/m³ ou valor máximo maior que 300 Bq/m³, ou seja, uma das variáveis está de acordo com a respectiva recomendação e a outra não. A Tabela 13 (Grupo 2) mostra 38 estudos e 10 países com mais de um estudo nesse grupo. Apenas dois países com MA acima de 100 Bq/m³ (Armênia=104 Bq/m³ e Albânia= 120 Bq/m³) e os demais apresentam VM >300 Bq/m³. Vários países apresentam valores máximos muito elevados, enquanto as respectivas médias aritméticas são muito abaixo de 100 Bq/m³, entre esses, Canadá (MA=34 e VM=1720 Bq/m³), Reino Unido (MA=20 e VM=17000 Bq/m³), Polônia (MA=49 e VM=3260 Bq/m³), Grécia (MA=55 e VM=1700 Bq/m³), Dinamarca (MA=59 e VM=1200 Bq/m³). Uma boa parte desses países, inclusive os aqui citados, são membros da *Organization for Co-operation and Development* – OECD (2009).

(3) Média aritmética maior que 100 Bq/m³ e o valor máximo maior que 300 Bq/m³, ou seja, ambas as variáveis não atenderam as respectivas recomendações. A Tabela 14 (Grupo 3) mostra 18 estudos sendo que 3 países com mais de um, a República Tcheca (7 estudos) e o Irã e Espanha (2 estudos em cada um). A média aritmética mais elevada é 2745 Bq/m³ no Irã (02), enquanto o respectivo valor máximo de 31000 Bq/m³ foi superado pela Suécia (84000 Bq/m³) e República Tcheca (70000 Bq/m³). Note-se que as médias aritméticas desses dois últimos países apresentam valores próximos de 100 Bq/m³, respectivamente 108 Bq/m³ e 118 Bq/m³. Chama atenção a coincidência de concentrações muito elevadas tanto para as médias aritméticas como dos respectivos valores máximos nos países: Irã 03 (MA=600 e VM=1000 Bq/m³), Espanha (MA=610 e VM=1400 Bq/m³) e República Tcheca (MA=442 e VM=20000Bq/m³).

A UNSCEAR (2006) divulga o Brasil com a média aritmética abaixo de 100 Bq/m³ (MA Brasil = 82 Bq/m³) e o valor máximo acima de 300 Bq/m³ (VM Brasil= 310 Bq/m³). Sendo assim, esses valores podem ser observados na Tabela 13 (Grupo 2).

Tabela 12 – Concentrações médias de radônio *indoor* nos continentes segundo estudos de países que apresentam média aritmética até 100 Bq/m³ (MA < 100 Bq/m³) e valores máximos abaixo de 300 Bq/m³ (VM < 300 Bq/m³) - **Grupo 1**

Concentração de radônio <i>indoor</i> (Bq/m ³)				
País	Média aritmética (MA)	Média geométrica	Valor máximo (VM)	Desvio padrão geométrico
África				
Argélia	30	-	140	-
Egito	9	-	24	-
América do Sul				
Argentina	35	14	211	2
Chile	25	-	86	-
Cuba	7,7	5,2	15,3	3,3
Paraguai	28	-	51	-
Peru	32	-	50	-
Leste da Ásia				
Filipinas	23	22	62	1,13
Hong Kong	41	-	140	-
Índia	57	42	210	2,2
Indonésia	35	35,1	165	1,2
Malásia	14	-	20	-
Paquistão	30	-	83	-
Taiwan	10	8,5	64	0,6
Oeste da Ásia				
Arábia Saudita	16	-	36	-
Kuwait	14	10,6	119,2	0,74
Palestina /Gaza	34	-	105	-
Norte da Europa				
Islândia*	10	-	26	-
Oeste da Europa				
Áustria*	99	15	190	-
Leste da Europa				
Bielorrússia	31,8	-	221	-
Sul da Europa				
Croácia	35	32	92	-
Chipre	7	7	78	2,6
Oceania				
Nova Zelândia*	22	20	80	-

*Países membros da *Organization for Co-operation and Development* – OECD.

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas segundo dados da UNSCEAR (2000, 2006), WHO (2007), Billion *et al.* (2005) e Menzier *et al.* (2008).

Tabela 13 - Concentrações médias de radônio *indoor* nos continentes segundo estudos de países que apresentam média aritmética ou valor máximo alterado - **Grupo 2** - (2A) MA >100 Bq/m³ e VM < 300 Bq/m³ e (2B) MA <100 Bq/m³ e VM > 300 Bq/m³

Concentração de radônio <i>indoor</i> (Bq/m ³)				
País	Média aritmética (MA)	Média geométrica	Valor máximo (VM)	Desvio padrão geométrico
(2A)	> 100 Bq/m ³		< 300 Bq/m ³	
Oeste da Ásia				
Armênia	104	-	216	1,3
Sul da Europa				
Albânia	120	105	270	2,0
(2B)	< 100 Bq/m ³		>300 Bq/m ³	
América do Norte				
Canadá (01)	34	14	1720	36
Canadá (02)*	28	11	1720	3,9
América do Sul				
Brasil	82	-	310	-
Venezuela	53	-	346	-
Leste da Ásia				
China (01)	44	34,4	596	-
China (02)	24	20	380	2,2
Coreia*	53	43	1350	1,8
Japão*	16	13	310	1,8
Tailândia	23	16	480	1,2
Oeste da Ásia				
Irã (01)	82	-	3070	-
Síria	44	-	520	-
Norte da Europa				
Dinamarca*	59	39	1200	2,2
Lituânia	49	38	1900	-
Lituânia	55	36,5	636	-
Noruega *	73	40	50000	-
Oeste da Europa				
Alemanha*	50	40	>10000	1,9
Bélgica*	48	38	12000	2
França*	62	41	4690	2,7
	89	53	4964	2,0
Holanda*	23	18	380	1,6
Irlanda*	89	57	7000	2,4
Listenstaine	80	-	1098	-

(Continuação)

Tabela 13 - Concentrações médias de radônio *indoor* nos continentes segundo estudos de países que apresentam média aritmética ou valor máximo alterado – **Grupo 2** - (2A) MA >100 Bq/m³ e VM < 300 Bq/m³ e (2B) MA <100 Bq/m³ e VM > 300 Bq/m³

Concentração de radônio <i>indoor</i> (Bq/m ³)				
País	Média aritmética (MA)	Média geométrica	Valor máximo (VM)	Desvio padrão geométrico
(2B)	< 100 Bq/m ³		> 300 Bq/m ³	
Reino Unido*	20	14	17000	3,2
Suíça*	75	41	10000	-
Suíça	73	59	15000	1,8
Leste da Europa				
Eslováquia*	87	-	3750	-
Polônia	49	-	1300	-
Polônia*	49	31	3260	2,3
Romênia	25	-	564	-
Sul da Europa				
Eslovênia	87	60	1330	2,2
Espanha*	90	46	15400	2,9
Grécia	73	52	490	-
Grécia*	55	44	1700	2,4
Itália	75	57	1040	2,0
Itália*	70	52	1036	2,1
Portugal*	62	45	2700	2,2
Oceania				
Austrália*	11	8	420	2,1

*Países membros da *Organization for Co-operation and Development* – OECD.

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas segundo dados da UNSCEAR (2000, 2006), WHO (2007), Billion *et al.* (2005) e Menzier *et al.* (2008).

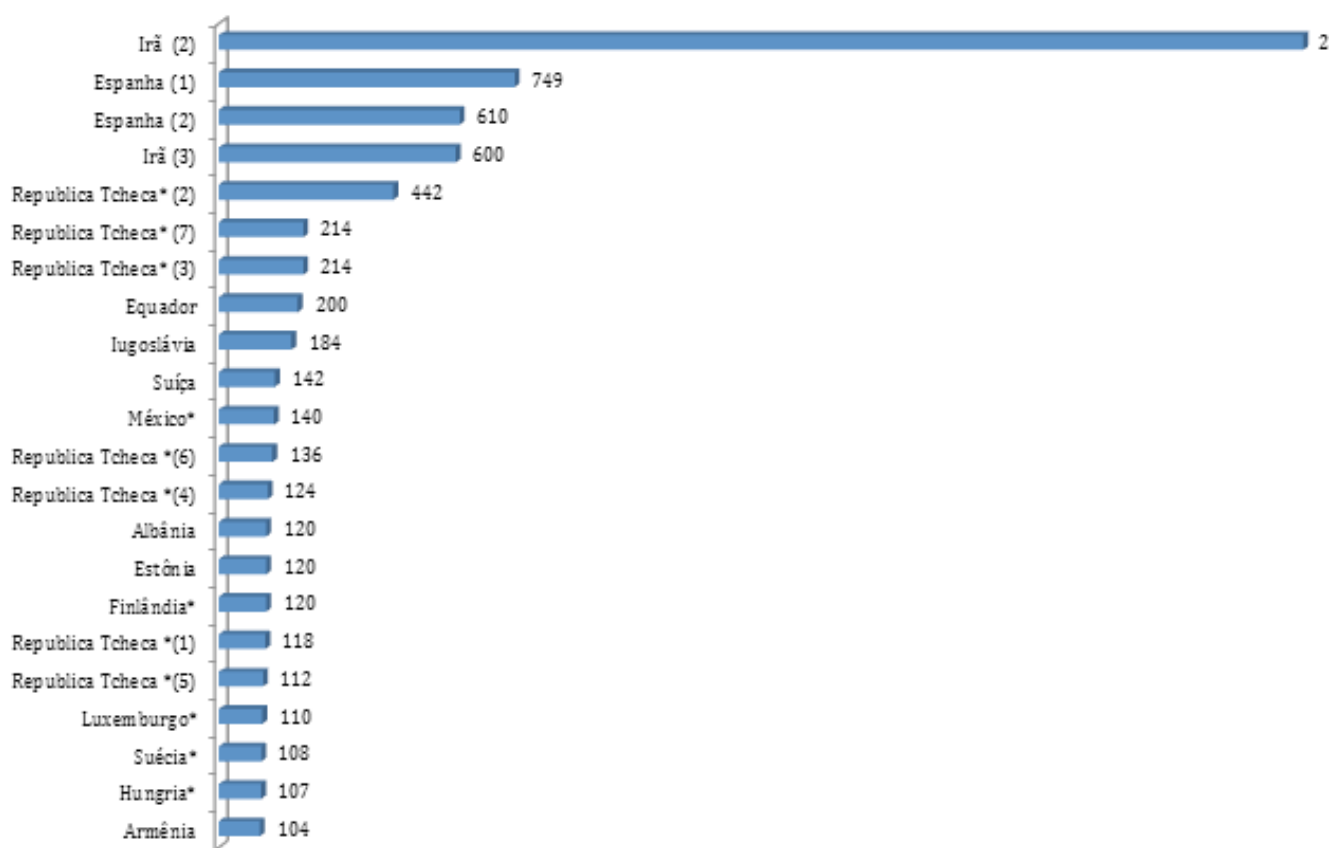
Tabela 14 - Concentrações médias de radônio *indoor* nos continentes segundo estudos de países que apresentam média aritmética acima de 100 Bq/m³ (MA > 100 Bq/m³) e o valor máximo maior que 300 Bq/m³ (VM > 300 Bq/m³)- **Grupo 3**

Concentração de radônio <i>indoor</i> (Bq/m ³)				
País	Média aritmética (MA) > 100 Bq/m ³	Média geométrica	Valor máximo (VM) > 300 Bq/m ³	Desvio padrão geométrico
América do Norte				
México*	140	90	1193	-
Oeste da Ásia				
Irã (02)	2745	-	31000	-
Irã (03)	600	-	1000	-
Norte da Europa				
Estônia	120	92	1390	-
Finlândia*	120	84	20000	2,1
Suécia*	108	56	84000	-
Oeste da Europa				
Luxemburgo*	110	70	2500	2,0
Suíça	142	81	15000	2,6
Leste da Europa				
Hungria*	107	82	1990	2,7
	118	94	70000	1,8
	442	-	20000	-
	214	-	20000	-
República Tcheca*	124	-	70000	-
	112	-	20000	-
	136	-	6000	-
	214	-	6500	-
Sul da Europa				
Espanha	749	243	15400	-
Espanha	610	-	1400	-
Iugoslávia	184	110	1128	2,7

*Países membros da *Organization for Co-operation and Development* – OECD.

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas segundo dados da UNSCEAR (2000, 2006), WHO (2007), Billion *et al.* (2005) e Menzier *et al.* (2008).

Dos estudos de países que apresentaram médias aritméticas acima de 100 Bq/m³ segundo valores disponibilizados pela UNSCEAR (2006), o destaque é para o Irã (2) com MA de 2750 Bq/m³. Seguem-se em valores bastante inferiores (749 e 600 Bq/m³) a Espanha (1) (2) e o Irã (3). A República Tcheca (2) (7) e (3) com valores entre 442 Bq/m³ e 214 Bq/m³. Depois, o Equador (200 Bq/m³), que também é o único país da América do Sul com a média aritmética maior que 100 Bq/m³, conforme a fonte consultada. (Figura 11)



*Países membros da *Organization for Co-operation and Development* – OECD.

Figura 11 – *Ranking* das concentrações de radônio *indoor* segundo estudos de países com valores da média aritmética maior que 100 Bq/m³

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas segundo dados da UNSCEAR (2000, 2006), WHO (2007), Billion *et al.* (2005) e Menzier *et al.* (2008) – Nota 1: Excluídos os estudos de países sem referência de dose aritmética pelas fontes consultadas.

A Figura 12 mostra os estudos de países com valores máximos acima de 300 Bq/m³ e destaca aqueles que coincidem com as médias aritméticas acima de 100 Bq/m³. Da América do Sul apenas Venezuela (346 Bq/m³) e Brasil (310 Bq/m³) com valores máximos acima de 300 Bq/m³. Foram excluídos os estudos de países que não tiveram o valor máximo disponibilizado pela UNSCEAR (2006) e, entre eles, o Equador.

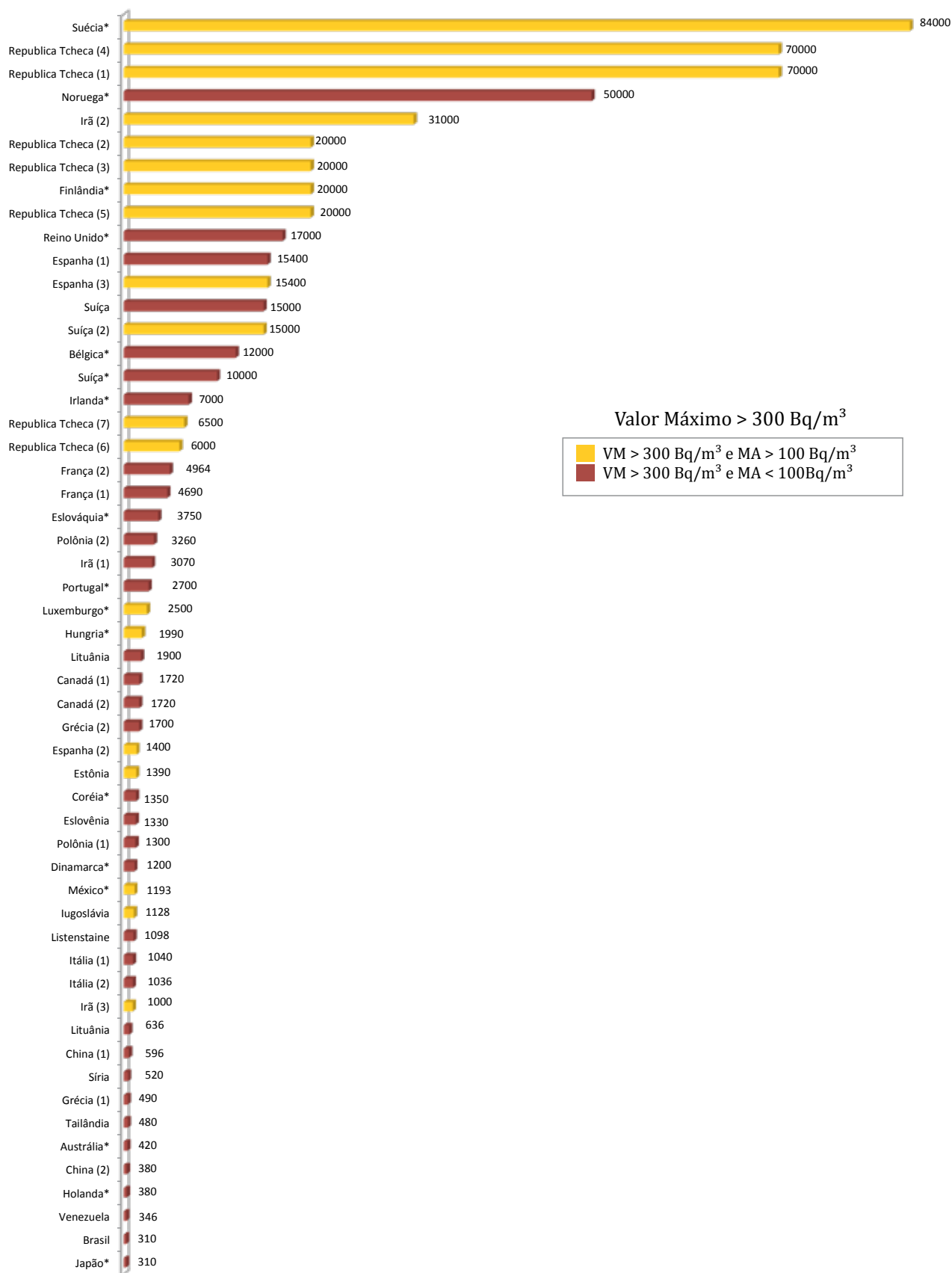


Figura 12 – Ranking das concentrações de radônio *indoor* segundo estudos de países com valores máximos acima de 300 Bq/m³

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas segundo dados da UNSCEAR (2000, 2006), WHO (2007), Billion *et al.* (2005) e Menzies *et al.* (2008) – Nota 1: Excluídos os estudos de países sem referência de MA ou VM pelas fontes consultadas – Nota 2: Alguns países com mais de uma referência pela UNSCEAR (2006)

Níveis de radônio segundo estudos brasileiros

A exposição ao radônio *indoor* não é tratada no Brasil da mesma forma que em países da América do Norte e Europa. Porém, com a preocupação crescente da questão da qualidade do ar nos ambientes, tem-se observado um maior interesse da área acadêmica nos últimos anos, o que poderá contribuir para uma reflexão das autoridades governamentais sobre a importância desse tema.

Assim como acontece nos países catalogados pela UNSCEAR (2006), alguns estudos brasileiros apresentam valores que atendem os níveis de referência, enquanto outros excedem os limites recomendados. Ressalte-se que na listagem desse comitê o Brasil é referido com a média aritmética de 82 Bq/m³ e o valor máximo de 310 Bq/m³.

Em Minas Gerais, em Poços de Caldas, Amaral (1992) e Veiga (2003) encontraram, na área rural, as médias aritméticas de 204 Bq/m³ e 220 Bq/m³ e os respectivos valores máximos de 1046 Bq/m³ e 1024 Bq/m³. Na área urbana de Poços de Caldas, Veiga (2003) obteve a média aritmética de 61 Bq/m³ e o valor máximo de 920 Bq/m³. Neman (2004) nessa mesma cidade obteve o valor médio de 133 Bq/m³ e o valor máximo de 330 Bq/m³. Já na região metropolitana de Belo Horizonte (34 cidades), Santos (2010) encontrou a média aritmética de 108 Bq/m³ e o valor máximo de 2.664 Bq/m³ em uma residência na cidade de Igarapé. (Tabela 15)

Nos demais estados federativos os trabalhos de Melo (1999) na área rural de Monte Alegre (PA) com a média aritmética de 116 Bq/m³ e o valor máximo de 338 Bq/m³; Da Silva (2005) na cidade de São Paulo, com a média aritmética de 131 Bq/m³ e o valor máximo de 615 Bq/m³ e em Campo Largo (PR) Corrêa (2006) com a média aritmética de 186 Bq/m³ e o valor máximo de 637 Bq/m³.

Tabela 15 – Média aritmética e valor máximo das concentrações de radônio por estudos brasileiros (em Bq/m³)

Local	Autor e ano	Média Aritmética (Bq/m ³)	Valor Máximo (Bq/m ³)
MINAS GERAIS			
Área rural de Poços de Caldas	Amaral, 1992	204	1046
Área rural de Poços de Caldas	Veiga, 2003	220	1024
Área urbana de Poços de Caldas	Veiga, 2003	61	920
Poços de Caldas	Neman, 2004	133	330
RMBH (MG)	Santos, 2010	108	2664
OUTROS ESTADOS			
Monte Alegre (PA)	Melo, 1999	116	338
São Paulo (SP)	Da Silva, 2005	131	615
Campo Largo (PR)	Corrêa, 2006	186	637

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas segundo dados dos estudos dos autores indicados.

Recomenda-se consultar esses estudos para informações específicas uma vez que são observadas diferenças metodológicas na seleção dos domicílios e técnica de medição.

Fatores nas medições das concentrações do radônio *indoor*

Para obter medidas confiáveis das concentrações de radônio e filhos, é importante conhecer como se comportam nos ambientes de convívio humano ao longo do tempo e espacialmente. A instrumentação necessária consiste de um meio sensível à radiação (detector) e do equipamento eletrônico associado.

De acordo WHO (2009) uma única medida obtida em um dos cômodos da residência onde se espera que os níveis de radônio sejam mais elevados, algumas vezes pode ser utilizada para estimar a concentração total de radônio na residência. Essa medida deve ser realizada em um cômodo frequentemente ocupado, em um nível que tenha mais contato com o solo, se o solo for a principal fonte de gás radônio ou em um espaço frequentemente ocupado com menor fluxo de ar, se o material de construção for a principal fonte. As incertezas introduzidas por esta prática devem ser incluídas em um protocolo para tomada de decisão. De particular importância é a clara definição do termo “frequentemente ocupado” por diferir entre países, especialmente em relação ao número de horas utilizadas, dada a variação do percentual total do tempo gasto dentro de uma residência. Segundo o documento *Indoor Radon and Radon Decay Product Measurement Device Protocols* (1992), a escolha da estratégia do processo de medição depende da finalidade e do tipo de construção, na qual medida será executada.

A WHO (2009) observa que protocolos para medidas de radônio constituem um elemento importante para assegurar consistência entre testes executados, que devem conter algumas especificações, as quais envolvem: (a) tipo de detector utilizado; (b) o procedimento de medida aplicado; (c) o período mínimo recomendado para a medida, (d) padrões de qualidade estabelecidos por medidas laboratoriais, (e) a comunicação de resultados aos proprietários das residências, (f) a conscientização pública, em particular para os moradores ou responsáveis pelas construções as quais excederam os limites de referência. Sendo assim, existem protocolos de medidas de radônio para diversas situações.

Fatores de prevenção e controle

Deve-se lembrar que o radônio *indoor* é reconhecido como de origem natural, e as normas estabelecidas não são reguladoras da natureza. No entanto, ao se perceber valores acima dos limites, ações mitigatórias podem ser tomadas para diminuir a quantidade de radônio *indoor*, por exemplo, aumentar a ventilação dos ambientes e procurar reduzir a emanção proveniente do solo através de rachaduras e outras aberturas da fundação, ou seja, selar aberturas das rachaduras do assoalho ou junções entre o assoalho e parede (Corrêa, 2011).

MÉTODOS E MATERIAIS

Aspectos gerais

Este trabalho foi idealizado pela Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais, pelo Instituto Nacional de Câncer e pelo Laboratório de Poços de Caldas da Comissão Nacional de Energia Nuclear de forma que as ações de rotina dessas instituições possibilitassem o seu desenvolvimento. As Secretarias Municipais de Saúde aderiram ao projeto e contribuíram para o êxito do trabalho de campo. As ações suplementares foram possibilitadas pela Organização Pan-Americana de Saúde – OPAS.

Tendo como base o mapa obtido pela primeira etapa do projeto, das medições da radiação natural gama terrestre (ao ar livre), foi calculada a amostra estatística de domicílios selecionados para monitoração com dosímetros durante um ano. Uma troca desses medidores ocorreu no final da primeira campanha (primavera-verão) dando início à segunda campanha (outono-inverno). Em cada campanha foi aplicado um questionário específico e realizada a instalação de dois medidores por residência (sala e quarto).

A Secretaria Estadual foi responsável pela supervisão e pelo alinhamento das ações entre as instituições participantes. As Secretarias Municipais de Saúde disponibilizaram os agentes comunitários para as visitas domiciliares que foram capacitados pelo INCA para a abordagem do tema, aplicação do termo de consentimento e questionário(s) e pela CNEN no manuseio e na colocação ou retirada dos dosímetros. As leituras dos medidores foram realizadas no Laboratório de Poços de Caldas da CNEN, que detém expertise internacional nessa área. Os questionários e os resultados das análises laboratoriais foram digitados pelo INCA sendo obtido o banco de dados do projeto. Experientes pesquisadores muito contribuíram na análise de resultados e na produção dos materiais de divulgação aos diversos públicos (técnico/científico, moradores e a população em geral). A duração do trabalho foi de março de 2011 a novembro de 2013.

Os métodos e materiais utilizados nesse estudo são detalhados a seguir.

MÉTODOS E MATERIAIS

Delineamento do estudo

Trata-se de um estudo longitudinal para medição contínua e de longa duração do radônio em ambientes residenciais, com detector sólido no modo passivo. Foi também realizado um estudo transversal descritivo sobre as características dos domicílios monitorados.

Área de abrangência

Os critérios de seleção dos municípios para esse estudo foram: a sua localização em um raio de até 20 km a partir da mina de urânio (Figura 13) e a recomendação proveniente da primeira etapa desse projeto (medições da radiação gama terrestre). A mina que esteve em operação de 1982 a 1995, localiza-se na área rural de Caldas.

Os três municípios selecionados para o estudo do radônio em residências totalizam uma área territorial de 1.732 km², que de acordo com o censo 2010 do IBGE somam 202.471 habitantes, cuja distribuição é de 37.018 habitantes em Andradas, 13.557 em Caldas e 151.896 habitantes em Poços de Caldas. O critério de classificação das localidades segundo tipo urbano e rural, está de acordo com o Censo IBGE 2010.

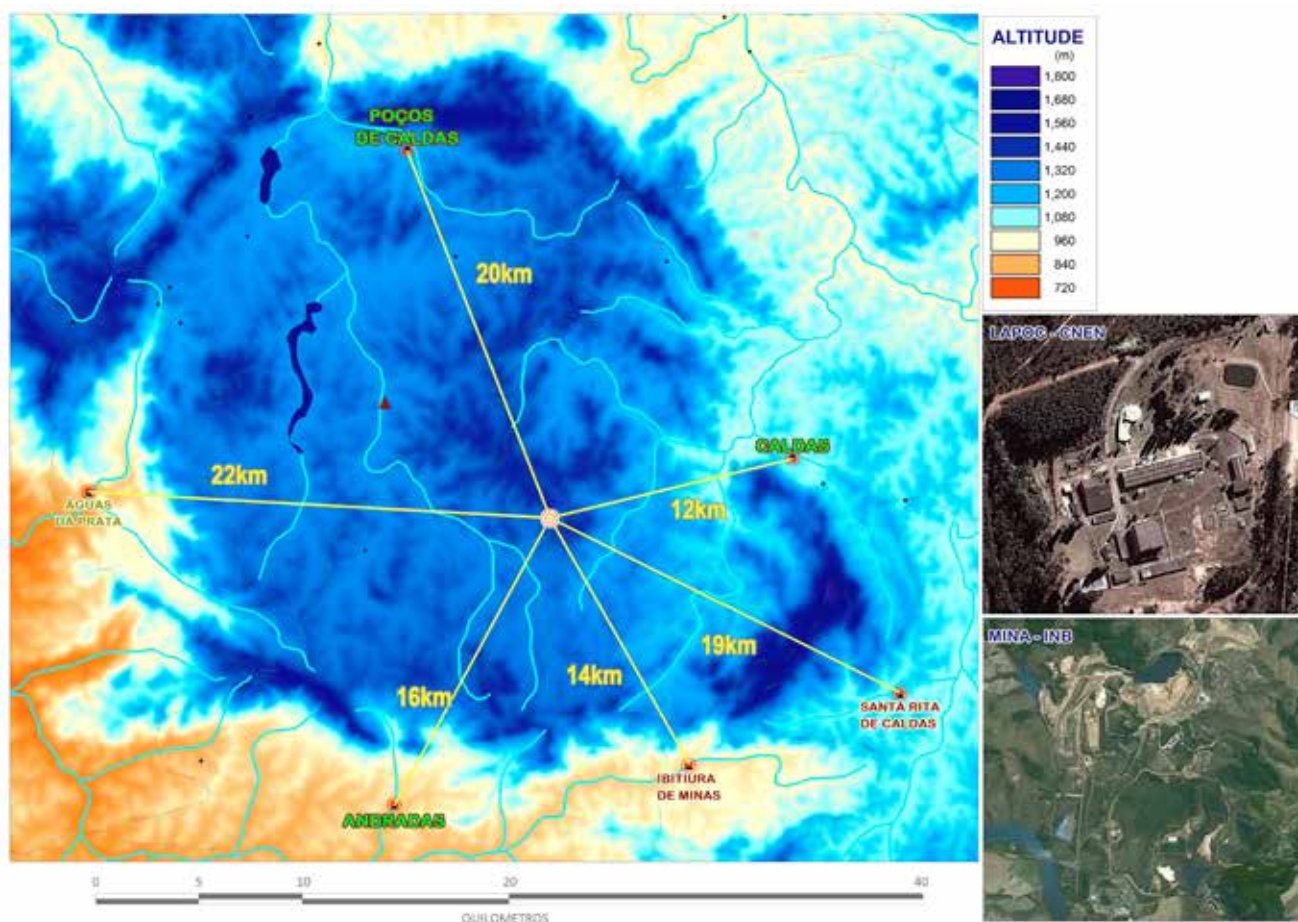


Figura 13 – Mapa da região do Planalto Poços de Caldas e municípios localizados em um raio aproximado de 20 km da mina de urânio situada na zona rural de Caldas.

Fonte: Modelo digital do SRTM-NASA, Fotos: Google Earth

Métodos de medição

Neste estudo foi aplicado um método semelhante àquele empregado pela Agência de Proteção a Saúde (HPA – Health Protection Agency) do Reino Unido que, desde 1988, já monitorou mais de meio milhão de residências possuindo, ao nível mundial, o maior banco de dados desse tipo de investigação (NRPB – R190, HPA-RPD-033). Ressalte-se que a equipe do Laboratório de Poços de Caldas participa de programas internacionais de intercomparação laboratorial de medição de radônio promovido pela HPA.

Plano amostral

As unidades de análise primária são os domicílios. Eventualmente o cálculo de concentrações populacionais será realizado por setores censitários. A área de abrangência compreende os municípios de Andradas, Caldas e Poços de Caldas, segundo as áreas urbana e rural.

Para o plano amostral foram consideradas as informações oriundas do Sistema de Referência Agregado por Setores Censitários da Contagem Populacional de 2007, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística cujo resumo é apresentado na Tabela 16.

Tabela 16 – Número de setores censitários, de domicílios e de habitantes por município de acordo com o sexo, em 2007.

Município	Setores Censitários	Nº de Domicílios	Nº de habitantes		
			Homens	Mulheres	Total
Andradas	41	10.424	15.861	16.012	31.693
Caldas	18	3.166	4.748	4.656	9.404
P. de Caldas	189	46.783	69.818	74.476	144.294

Fonte: Censo IBGE 2000. Contagem populacional de 2007.

A amostra foi feita a partir da divisão territorial por quadrículas de 100 x 100 m utilizada na primeira etapa do projeto, relativa à medição da radiação gama de solo. O sorteio da amostra foi realizado aleatoriamente sobre as quadrículas onde existiam medições para gama terrestre, admitindo que cada quadrícula da amostra fosse contribuir com o domicílio localizado em seu centro ou o mais próximo possível. Esse procedimento garantiu o espalhamento da amostra sobre a região de estudo.

Nos casos de quadrículas sorteadas sem residências foi adotado um procedimento de seleção da residência mais próxima nas quadrículas vizinhas. Foram excluídos os imóveis de uso ocasional (temporárias, férias, etc.) e não residencial. Para determinação do tamanho da amostra (n) levou-se em consideração um grau de confiabilidade de 95% e um poder estatístico de 80%. O desvio padrão da concentração de radônio de 64 Bq/m³, a média de 130 Bq/m³ e o erro esperado de 13 Bq/m³ foram escolhidos com base em Neman (2004). A taxa de não resposta de 20% provou-se adequada ao final da pesquisa. Foi utilizada a fórmula de Raggio (2000), na Tabela 17.

Tabela 17 – Componentes do cálculo da amostra de domicílios

Componentes	Andradas	Caldas	Poços de Caldas	Total
Número de domicílios	10424	3166	46783	60373
Z (alfa)	1.96	1.96	1.96	1.96
Z (beta)	0.53	0.53	0.525	0.53
Média	130	130	130	130
Desvio padrão	64	64	64	64
Erro	13	13	13	13
Perda	0.2	0.1	0.2	0.2
N calculado	149.67	149.67	149.67	449
Fator de correção população finita	0.99	0.95	1.00	
N ponderado pelo fator	148	143	149	439
N ponderado pelo tamanho da população	75.86	23.04	340.46	
Tamanho da amostra final (20% de perda)	177	157	340	674

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas, medições do radônio *indoor*, 2011

O valor adotado para o tamanho da amostra foi o maior entre o ponderado pelo fator de correção para população finita e o ponderado pelo tamanho da população.

Adicionalmente, no total da amostra foram incluídos três domicílios oferecidos voluntariamente por residentes de expressão política na região. A Tabela 18 mostra o tamanho da amostra para cada um dos três municípios.

Tabela 18 – Número de domicílios amostrados para as medições do radônio *indoor* segundo os municípios selecionados

Municípios	Nº de domicílios amostrados
Andradas	177
Caldas	158
Poços de Caldas	342
Total	677

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas, medições do radônio *indoor*, 2011

Embora a amostra tenha sido calculada com base na população estimada em 2007, os dados populacionais foram atualizados para 2010, sem prejuízo da cobertura amostral. A cobertura amostral pode ser avaliada por setor censitário, em termos de área, população e domicílios (Tabela 19).

Observa-se na Tabela 19 que 70% dos setores censitários têm residências pertencentes à amostra. Admitindo que os domicílios da amostra sejam representativos daqueles pertencentes aos setores censitários que ocupam, obtém-se que a relação entre domicílios dentro dos setores com amostras representam mais de 71% do total de domicílios. Essas e outras comparações atestam o comportamento adequado da amostra.

Tabela 19 – Cobertura do plano amostral

Município	Tipo	Setores censitários totais	Setores c/ resid da amostra	Área total (km ²)	Área nos setores c/ resid da amostra (km ²)	Domicílios totais	Domicílios nos setores c/resid da amostra	Pop. total	População nos setores c/ resid da amostra
ANDRADAS	Total	63	48	470.58	379.34	12.212	10.355	37.018	31.413
Andradas	Rural	23	14	455.78	365.21	2.904	2.176	9.234	7.080
Andradas	Urbano	40	34	14.80	14.13	9.308	8.179	27.784	24.333
CALDAS	Total	34	26	713.28	655.20	4.727	4.219	13.557	12.051
Caldas	Rural	16	14	706.46	649.32	1.972	1.814	5.882	5.368
Caldas	Urbano	18	12	6.81	5.88	2.755	2.405	7.675	6.683
POÇOS DE CALDAS	Total	237	152	548.70	422.69	50.482	32.431	151.896	98.078
Poços de Caldas	Rural	17	11	391.24	300.11	1.000	589	3.413	2.042
Poços de Caldas	Urbano	220	141	157.46	122.58	49.482	31.842	148.483	96.036
Total		334	226	1732.56	1457.23	67.421	47.005	202.471	141.542

Fonte: IBGE, 2010

Segue a Figura 14 mostrando os pontos das residências da amostra sobrepostos ao caminho coberto à época do levantamento gama de solo. As concentrações de pontos se dão justamente nas zonas urbanas dos três municípios,

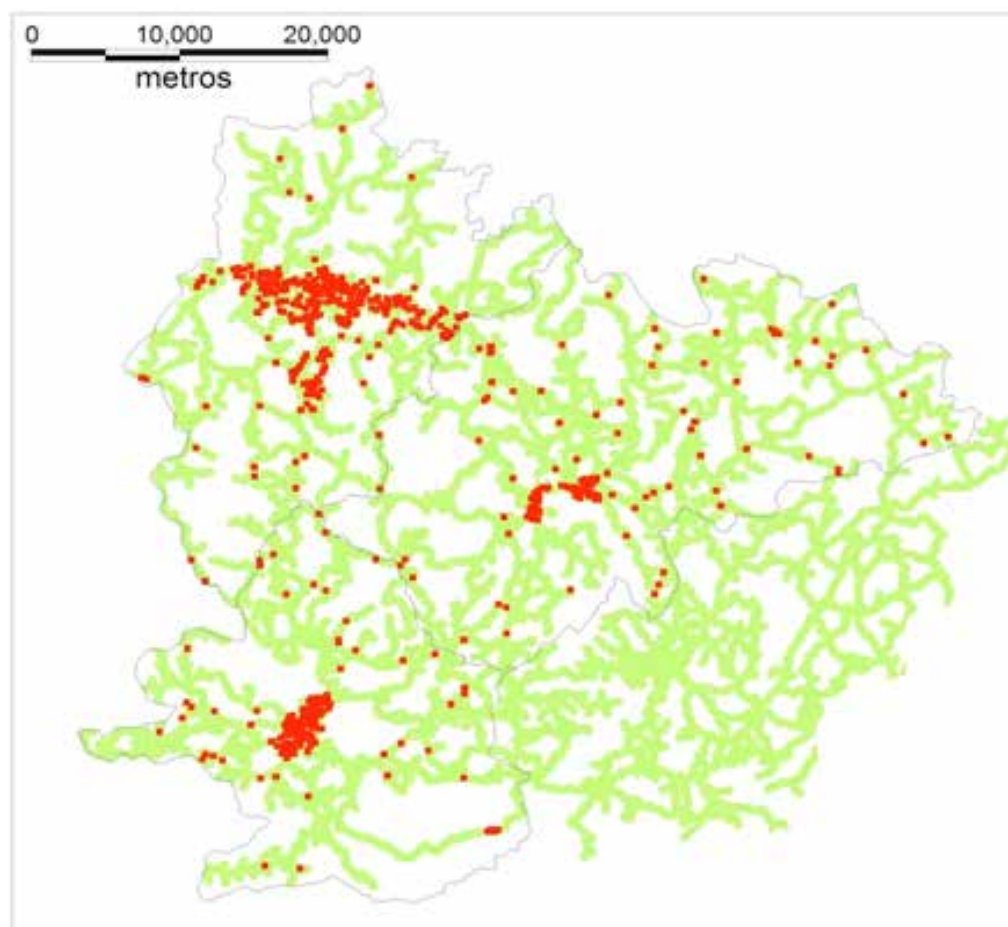


Figura 14 – Mapa trajeto das medições gama tendo sobrepostos os domicílios da amostra.

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas – domicílios do plano amostral das medições de radônio, 2011-2012.

Abordagem dos moradores

Considerando a necessidade de adentrar nos domicílios da amostra para a instalação dos dosímetros e aplicação dos questionários, foi solicitada a adesão ao projeto das Secretarias Municipais de Saúde no sentido de disponibilizar agentes comunitários. As Secretarias tiveram a liberdade de indicar o coordenador local e escolher suas equipes para o trabalho de campo.

Instrumentos de coleta de dados

Para coleta de dados relacionados à residência, na primeira campanha foi utilizado o questionário elaborado pela HPA - *Health Protection Agency*, antiga *NRPB - National Radiological Protection Board*. Esse instrumento foi traduzido do inglês para o português e testado quanto a sua confiabilidade, em teste piloto. O questionário inclui informações relacionadas à residência como pavimentos, revestimentos de piso e parede, ventilação e hábitos de uso do domicílio, e o projeto incluiu algumas questões para adequação à realidade local.

Já o questionário da segunda campanha teve o objetivo de coletar dados sobre a integridade dos dosímetros da primeira campanha e seu tempo de permanência. Esse questionário também foi reaplicado na retirada dos dosímetros da segunda campanha. Foram também elaborados um manual de campo para os agentes comunitários e um *folder* para entrega aos moradores dos domicílios participantes (Apêndice 1).

Capacitação do pessoal do trabalho de campo

As equipes municipais foram capacitadas quanto à forma de abordagem dos moradores, solicitação do termo de consentimento, aplicação do questionário, manuseio e instalação correta dos medidores nos domicílios. Foram treinados os coordenadores de cada municipalidade e agentes comunitários assim distribuídos: 5 de Poços de Caldas, 14 de Caldas e 16 de Andradas.

Os três municípios contaram com supervisão geral da Secretaria de Estado de Saúde para o alinhamento das ações e o INCA foi responsável pela capacitação das equipes.

Coleta de dados

Em cada residência selecionada foi realizada a leitura do termo de consentimento para a instalação dos medidores esclarecendo que não havia risco individual ou ao meio ambiente, e um responsável pelo domicílio (morador com idade igual ou superior a 18 anos) foi convidado a responder a um questionário semiestruturado com perguntas sobre o domicílio.

Instalação dos monitores nas residências.

A mesma equipe da coleta de dados foi a responsável pela instalação e retirada dos monitores de radônio e dose externa nos domicílios selecionados. Em cada residência foram fixados dois medidores, um na sala de estar e o outro em um quarto, por um período de seis meses. Após esse período os monitores foram trocados por outros para continuarem as medições por mais seis meses. Os dois períodos compreenderam as estações primavera-verão e outono-inverno devido à expectativa de apresentarem resultados distintos. Como uma ação de esclarecimento, no momento da instalação foi aberto um par de monitores para demonstrar que existe apenas um polímero no interior da câmara de difusão e um cristal de fluoreto de lítio no interior do dosímetro TLD. Durante a coleta os domicílios foram visitados uma vez a cada dois meses para o controle da qualidade.

No momento da troca dos dosímetros, na segunda campanha também após a coleta de informações sobre os medidores, foi entregue a cada morador das residências amostradas nos três municípios um *folder* intitulado “Saúde em primeiro lugar” com informações sobre o andamento da pesquisa e de agradecimento pela participação do morador.

Para a organização dos trabalhos um fluxograma foi idealizado para a distribuição das responsabilidades das instituições. As Secretarias Municipais são responsáveis pelos trabalhos nos domicílios e da entrega dos dosímetros ao Laboratório da CNEN em até 3 dias após a sua retirada, onde serão realizadas as análises laboratoriais. Também devem entregar os questionários à supervisão estadual que após conferência do preenchimento e controle de qualidade, os encaminha ao INCA para a digitação no banco de dados. (Figura 15)

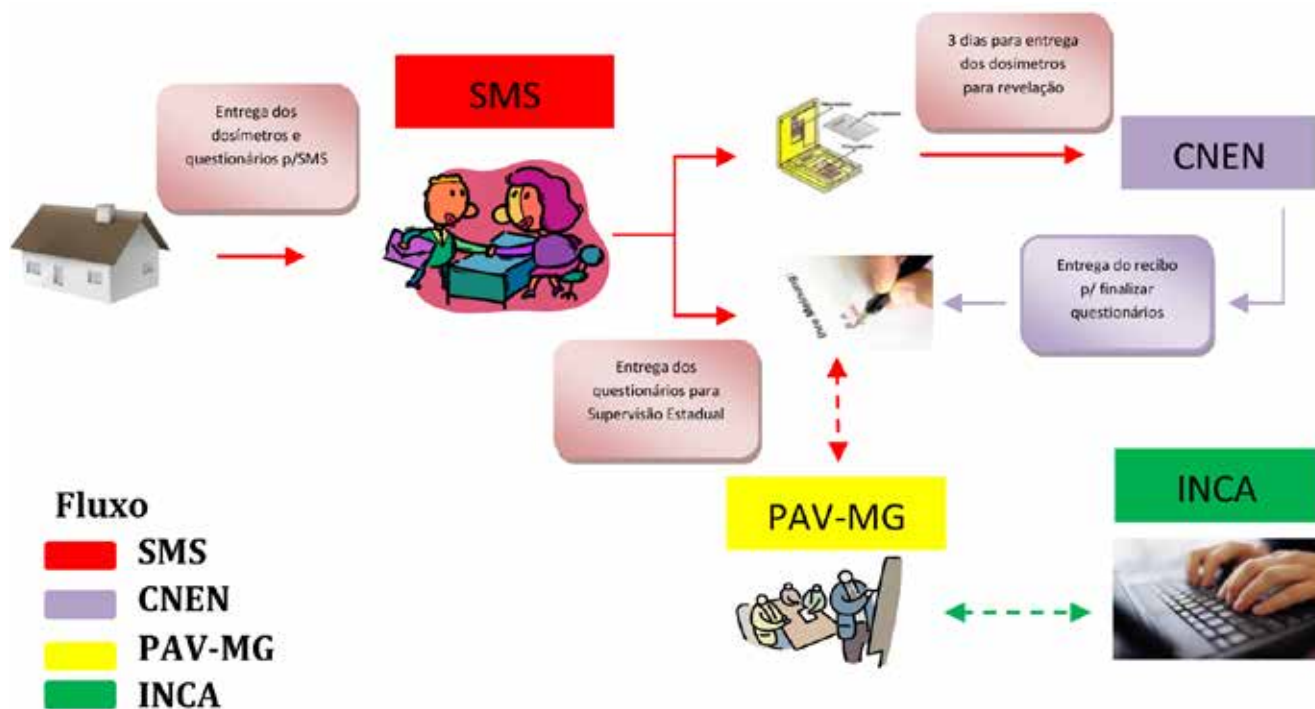


Figura 15 – Fluxograma do trabalho de campo do Projeto Planalto Poços de Caldas, 2011-2012.

Período das medições

Os dosímetros foram instalados em dois períodos climáticos distintos chamados campanhas. A primeira campanha de medições cobriu o período climático primavera-verão, e a segunda, outono-inverno. O LAPOC - Laboratório de Poços de Caldas – da CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear adquiriu um lote de mais de 3.000 dosímetros para instalação nas residências, por licitação internacional. Em março de 2012, os dosímetros da primeira campanha (primavera-verão) foram recolhidos para análise e os da segunda campanha (outono-inverno) foram instalados em substituição aos primeiros, sendo retirados para análise entre outubro e novembro de 2012. O trabalho de campo teve a duração total de um ano, englobando as duas campanhas.

Período das medições

1ª campanha: setembro de 2011 a março de 2012 (primavera-verão)

2ª campanha: março a novembro de 2012 (outono-inverno)

Determinação da concentração de Rn-222 no ar no interior das residências

Esta medição foi realizada com o auxílio de dosímetros passivos, ou seja, não emitem nenhuma energia ou matéria para o ambiente, compostos por detector de estado sólido de traços nucleares (SSNTD) envolto em cápsula seletiva para radônio. Trata-se de um polímero de nome comercial

CR-39, disposto em uma câmara de difusão de radônio, que quando é atingido por uma radiação alfa sofre um dano na sua microestrutura. Esse dano em escala atômica é amplificado por um ataque químico com KOH, permitindo a sua visualização em um microscópio ótico.

A concentração de radônio no ar é avaliada utilizando um fator de calibração do dosímetro e a densidade de traços obtidos no polímero. Detalhes sobre esse dosímetro podem ser obtidos em Neman (2004). Esse dosímetro de pequena dimensão tem formato semiesférico com volume da ordem de 7 cm^3 , e é fixado em móveis ou paredes no interior das residências. As medições foram realizadas na sala de estar e num dos quartos por considerar que são os ambientes onde as pessoas passam a maior parte de seu tempo. A Figura 16 ilustra o dosímetro, seu acondicionamento e instalação. E na Figura 17 vê-se a equipe das análises laboratoriais e equipamento de leitura dos detectores.

Todo o processo gerou um banco de dados organizado por residência e as medidas efetuadas em cada uma delas. A análise final tomou apenas as residências que produziram a 4 medidas válidas, ou seja, medidas para quarto e sala em 2 campanhas. As residências que cumpriram essa exigência são 577, produzindo 2.308 medidas de concentração.



Figura 16 - Medidor sólido de radônio

(À Esquerda)

Embalagem do dosímetro e seu acondicionamento interno.

(À Direita)

Instalação do medidor na parede a 1m do piso.

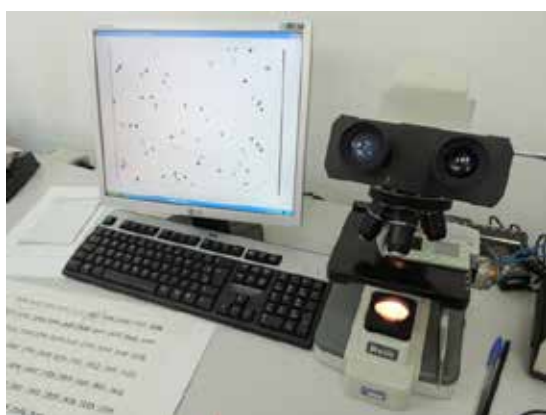


Figura 17 - Fotos da análise laboratorial - Acima, à esquerda, vê-se o equipamento de leitura de traços no detector e à direita a equipe do LAPOC/CNEN envolvida no processo de avaliação da concentração de radônio.

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas – medições de radônio, 2011-2012.

Cálculo da dose média populacional

O cálculo da concentração de radônio ponderada pela população foi realizado segundo o método da UNSCEAR (2000). A unidade populacional foi o setor censitário do IBGE segundo os dados e limites geográficos usados no censo de 2010. Apenas os setores censitários que têm pontos amostrais são tomados para o cálculo da concentração ponderada pela população. Cada setor censitário tem domicílios da amostra forneceu um valor para a população assim como um valor de concentração adotado para representar o setor censitário. Cálculos podem ser realizados para a concentração máxima de cada setor censitário ou para a média geométrica de todas as medidas do setor.

Os resultados foram agrupados por município e dentro de cada município por tipo – urbano e rural. A expressão matemática utilizada foi:

$$C_p = \frac{\sum_{i=1}^k c_i \times p_i}{\sum p_i}$$

Onde:

C_p é a concentração ponderada pela população em Bq/m³

c_i é a concentração adotada para cada setor censitário i

p_i é a população de cada setor censitário i

i é o índice do setor censitário

k é o número de setores censitários

A dose média ponderada pela população é obtida pela simples conversão de Bq/m³ para mSv/ano UNSCEAR (2000), dada pela relação:

$$D_p = \frac{C_p \times T \times f \times k}{1.000.000}$$

Onde:

D_p é a dose ponderada pela população em mSv/ano

C_p é a concentração ponderada pela população em Bq/m³

T é o número de horas por ano com um fator de ocupação do 80%

f é o fator de equilíbrio = 0,4

k é a constante de proporcionalidade para conversão nSv/h/Bq/m³

Determinação das coordenadas geográficas das residências.

Com objetivo de realizar o geoprocessamento das medições, foram levantadas as coordenadas geográficas de cada residência da amostra, através de GPS. A cobertura da pesquisa é mostrada na Figura 14 onde se representam os três municípios participantes, o trajeto completo da cobertura da medição de radiação gama do solo (primeira etapa do projeto) e as residências da amostra representadas por pontos. Observa-se a distribuição da amostra proporcional à concentração de residências, notadamente nas áreas urbanas.

Análise dos dados

Os dados de dose de radiação conjuntamente com os dados obtidos pelo questionário foram processados e analisados pela equipe coordenadora do projeto em base própria. Foram obtidas frequências simples das variáveis contidas no questionário domiciliar como etapa de análise descritiva.

Para análise espacial com os resultados das medições foram utilizados os programas Map-Info e do Terra-View.

O radônio *indoor* é medido por sua concentração expressa em Becquerel por m³, cuja abreviatura é Bq/m³, que traduz a quantidade de gás radônio presente no ar ambiente por unidade de volume. Para avaliação desses níveis utilizou-se dois pontos de corte: 200 Bq/m³ e 300 Bq/m³.

As medidas de cada residência foram feitas para quarto e sala em separado. Posteriormente foram analisados também na forma agregada por setor censitário, ou seja, a média dos maiores valores encontrados para quarto e sala. Foram também calculadas as concentrações de radônio por zona rural e urbana dos três municípios considerados, obtendo-se valores mínimos, máximos e por quartis. A avaliação georreferenciada foi também realizada por setores censitários.

Aspectos éticos

O projeto e o termo de consentimento foram aprovados pelo comitê de ética do INCA. Todos os resultados das medidas de radiação do domicílio serão devolvidos aos respectivos moradores com uma explicação sucinta dos valores observados. Esses resultados serão divulgados por meio de apresentações e impresso aos respectivos pares, gestores de saúde e gestores de ambiente.

IMAGENS DO TRABALHO DE CAMPO

A região pesquisada tem uma beleza natural singular. As fotos aqui mostradas foram obtidas durante o trabalho de campo dando uma ideia do cenário da região, das residências amostradas, da equipe envolvida, dos agentes comunitários de saúde, coordenadores dos municípios de Andradas, Caldas e Poços de Caldas, pesquisadores e colaboradores.

Um dos maiores desafios das equipes de campo foi a grande extensão territorial dessa região, especialmente das áreas rurais, para encontrar os domicílios amostrados. Em várias dessas residências os moradores desenvolviam trabalho familiar especialmente na área da agropecuária e da produção de queijos, vinhos e doces.

A supervisão estadual monitorou os municípios em todas as etapas de instalação e retirada dos medidores.

Agradecemos aos moradores participantes que gentilmente autorizaram essa documentação visual da pesquisa, e ao colega do LAPOC-CNEN, Elis de Oliveira Lima Filho, pela realização das fotos aqui apresentadas.

Cenas durante o trabalho de campo no município de Andradas (MG)



IMAGENS DURANTE O TRABALHO DE CAMPO EM ANDRADAS



Figura 18 – Fotos durante o trabalho de campo em Andradas

A colaboração dos moradores e habitantes com a equipe de campo propiciou 97% de cobertura da amostra domiciliar em Andradas, com 171 domicílios medidos. Desses, 90% (160 domicílios) completaram as 4 medições previstas das 2 campanhas (primavera-verão e outono-inverno)

Cenas durante o trabalho de campo no município de Caldas (MG)



IMAGENS DURANTE O TRABALHO DE CAMPO EM CALDAS



Figura 19 – Fotos durante o trabalho de campo em Caldas

A colaboração dos moradores e habitantes com a equipe de campo propiciou 91% de cobertura da amostra domiciliar em Caldas, com 143 domicílios medidos. Desses, 82% (130 domicílios) completaram as 4 medições previstas das 2 campanhas (primavera-verão e outono-inverno). Observa-se o trabalho familiar na produção de queijo e a colocação do dosímetro nesse domicílio.



IMAGENS DURANTE O TRABALHO DE CAMPO EM POÇOS DE CALDAS



Figura 20 – Fotos durante o trabalho de campo em Poços de Caldas.

A colaboração dos moradores e habitantes com a equipe de campo propiciou 93% de cobertura da amostra domiciliar em Poços de Caldas, com 318 domicílios medidos. Desses, 84% (287 domicílios) completaram as 4 medições previstas das 2 campanhas (primavera-verão e outono-inverno).

Cenas diversas do trabalho de campo na região pesquisada e da análise das medições



Os municípios foram percorridos em suas áreas urbanas e rurais para encontrar os domicílios da amostra estatística. Nas fotos a presença da supervisão estadual e local.



Seis meses após sua colocação os medidores foram retirados e encaminhados para o Laboratório de Poços de Caldas da CNEN para a leitura dos traços. Foram realizadas reuniões na CNEN com os coordenadores da pesquisa e colaboradores para discussão dos resultados.



Figura 21 – Fotos diversas do trabalho de campo e análise das medições.

O êxito da pesquisa foi possibilitado por mais de seiscentas pessoas, entre os moradores dos domicílios participantes, as equipes das Secretarias Municipais de Saúde de Andradas, Caldas e Poços de Caldas e vários pesquisadores e colaboradores que apoiaram a Secretaria Estadual de Saúde, o Instituto Nacional de Câncer e o LAPOC da Comissão Nacional de Energia Nuclear.

RESULTADOS

Perfil dos domicílios amostrados

PERFIL DOS DOMICÍLIOS AMOSTRADOS

De acordo com a Agência de Proteção à Saúde (HPA, 2009) fatores como a geologia do solo, materiais de construção e os métodos de aquecimento e ventilação utilizados pelos indivíduos podem contribuir na concentração de radônio no interior das residências. Essas concentrações variam entre regiões do próprio país e até mesmo entre casas vizinhas e aparentemente semelhantes. Considerando esse aspecto, nesse projeto, no momento da instalação dos dosímetros, o responsável pelo domicílio respondeu a algumas perguntas relacionadas à sua residência e à forma como a mantém ou não ventilada.

Resultados e discussão

As inovações tecnológicas e a busca por novas tendências e novidades chegaram também ao setor de construção civil. Constata-se um elevado número de insumos, materiais e componentes, que apresentam bastante diversificação em seus processos produtivos. Como descrito anteriormente, o tipo de material de construção utilizado nas residências, o tipo de solo ou a ventilação pode influenciar muito nos níveis de concentração de radônio nas residências. Fissuras a partir do solo, material utilizado no piso e revestimento como o granito pode aumentar essa concentração (HPA, 2008).

A identificação do período de iniciação da exposição ao radônio *indoor*, um agente reconhecidamente cancerígeno, é um fator importante se pensarmos na possibilidade de associação desse agente com câncer relacionado, uma vez que, para o surgimento de alguns tumores são necessários longos períodos de latência. Nesse estudo foi investigado o período em que a casa foi construída, bem como o tempo de permanência do morador em cada residência.

Pode-se observar, na Tabela 20 das características dos domicílios do tipo urbano nos três municípios avaliados, que cerca de 30% das residências foram construídas no período entre 1977-2000 e cerca de 20% em anos mais recentes, ou seja, na última década. Comparando a mesma variável nas residências do tipo rural, observa-se padrão diferente entre os municípios e nos períodos considerados. As construções parecem ser mais antigas do que as do tipo urbano, principalmente nos municípios de Andradas e Caldas. Deve-se ressaltar, no entanto, que nas residências do tipo rural, principalmente, há um percentual importante de indivíduos que não souberam definir o tempo em que a casa foi construída, tendo superado 20% nos três municípios do tipo urbano e chegou até em 69% em Poços de Caldas (rural), o que pode prejudicar a avaliação dessa variável. Deve-se considerar que o fato de a casa ser de construção antiga, não implica que o mesmo morador tenha permanecido nela por todos esses anos. Essa variável pode ser complementada com a variável “Tempo de moradia no domicílio”. Observa-se que há equilíbrio entre períodos mais recentes e os mais longos.

O Planalto de Poços de Caldas segue uma conformação topográfica de relevo ondulado e montanhoso, de configuração circular. Dessa forma, conta com a existência de ruas íngremes e muitas ladeiras. Pode-se observar *in loco* a existência de casas incrustadas em rochas e com pavimentos suspensos. Essa característica pode influenciar na concentração de radônio no interior das residências, uma vez que em regiões cujos solos sabidamente são ricos em material radioativo como o urânio, ocorre emissão de radônio a partir do solo, que pode variar, por exemplo, com o tipo de revestimento, o tipo de residência (térrea ou não) e do pavimento onde as pessoas ficam por mais tempo (sólido ou suspenso). Nesse estudo, os maiores percentuais de residências apoiadas diretamente ao solo são as do tipo rural, nos municípios de Andradas (93%) e Poços de Caldas (97%). Praticamente todas as residências do tipo rural são térreas. O maior percentual de salas (17%) e quartos (23%) suspensos foi observado no município de Caldas.

Nas residências do tipo urbano, os maiores percentuais também são de residências apoiadas ao solo, principalmente em Andradas (86%), mas há também um maior percentual de residências suspensas ou mistas entre os municípios. O maior percentual de casas térreas foi observado no município de Andradas (92%) e o de residências onde o chão do térreo é de apenas um nível no município de Poços de Caldas (83%), bem como o maior percentual de salas e quartos suspensos 23% e 29%, respectivamente.

A concentração de radônio em uma residência depende inclusive, da razão entre a emissão de radônio no ambiente e sua remoção através da circulação do ar obtida pela ventilação do ambiente. Com a pergunta: “Dorme com a janela do quarto aberta”, procurou-se conhecer o hábito de manter a casa ventilada, principalmente durante a noite, uma vez que é um período em que as pessoas permanecem por mais tempo no interior de suas residências, quando poderia ocorrer um maior acúmulo do gás radônio. Observou-se nas residências do tipo rural principalmente, percentuais acima de 70% de residências que permanecem com suas janelas fechadas durante a noite. Padrão semelhante também foi encontrado em residências do tipo urbano, embora com menor expressão.

Recomendação

De acordo o perfil apresentado pelos domicílios, medidas de prevenção dessa exposição perpassam por recomendações à população especialmente quanto à manutenção de casas arejadas, inclusive durante a noite.

Tabela 20 - Características relacionadas aos domicílios e ao hábito de vida dos residentes em municípios de Andradas, Caldas e Poços de Caldas - tipo urbano e rural.

Variáveis	Tipo: Urbano					
	Andradas	Caldas	Poços de Caldas	Andradas	Caldas	Poços de Caldas
Tempo em que a casa foi construída	N			%		
Antes de 1900	3	0	1	3%	0%	0%
Entre 1900-1976	13	12	35	11%	16%	12%
Entre 1977-2000	38	30	103	32%	39%	36%
Depois de 2000	31	16	65	26%	21%	23%
Desconhece a data	34	18	82	29%	24%	29%
Tempo de moradia no domicílio	N			%		
Até 5 anos	45	28	116	38%	37%	41%
6 a 10 anos	10	12	44	8%	16%	15%
11 anos ou mais	64	36	126	54%	47%	44%
Base da casa	N			%		
Apoiado ao solo	102	55	217	86%	73%	76%
Suspensão	3	6	34	3%	8%	12%
Sobre um porão	2	2	4	2%	3%	1%
Misto	11	12	30	9%	16%	11%
Casa térrea - sim	N			%		
	110	63	237	92%	83%	83%
Chão do terreno é de apenas um nível - sim	N			%		
	87	54	236	74%	71%	83%
Tipo de alicerce da casa (sala)	N			%		
Sólido	110	60	220	93%	88%	77%
Suspensão	8	8	64	7%	12%	23%
Como foi construído o alicerce da sua casa (quarto)	N			%		
Sólido	103	52	203	88%	76%	71%
Suspensão	14	16	83	12%	24%	29%
Dorme com a janela do quarto aberta	N			%		
Algumas vezes/Normalmente	41	15	68	34%	20%	24%
Nunca	65	54	190	55%	71%	66%
Sempre	13	7	28	11%	9%	10%

Tabela 20 - Características relacionadas aos domicílios e ao hábito de vida dos residentes em municípios de Andradas, Caldas e Poços de Caldas - tipo urbano e rural.

Variáveis	Tipo: Rural					
	Andradas	Caldas	Poços de Caldas	Andradas	Caldas	Poços de Caldas
Tempo em que a casa foi construída		N		%		
Antes de 1900	0	1	0	0%	2%	0%
Entre 1900-1976	18	28	6	39%	44%	21%
Entre 1977-2000	7	7	0	15%	11%	0%
Depois de 2000	5	12	3	11%	19%	10%
Desconhece a data	16	16	20	35%	25%	69%
Tempo de moradia no domicílio		N		%		
Até 5 anos	21	24	20	46%	69%	47%
6 a 10 anos	9	11	1	20%	3%	15%
11 anos ou mais	16	28	8	35%	28%	37%
Base da casa		N		%		
Apoiado ao solo	43	46	28	93%	72%	97%
Suspensão	0	0	0	0%	0%	0%
Sobre um porão	2	2	0	4%	3%	0%
Misto	1	16	1	2%	25%	3%
Casa térrea - sim		N		%		
	44	61	29	96%	95%	100%
Chão do térreo é de apenas um nível - sim		N		%		
	38	55	27	83%	86%	93%
Tipo de alicerce da casa (sala)		N		%		
Sólido	44	53	29	96%	83%	100%
Suspensão	2	11	0	4%	17%	0%
Como foi construído o alicerce da casa (quarto)		N		%		
Sólido	43	49	28	96%	77%	97%
Suspensão	2	15	1	4%	23%	3%
Dorme com a janela do quarto aberta		N		%		
Algumas vezes/Normalmente	8	12	5	17%	19%	17%
Nunca	37	48	24	80%	75%	83%
Sempre	1	4	0	2%	6%	0%

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas – questionários das medições de radônio, 2011.

RESULTADOS

Medições do radônio *indoor*

MEDIÇÕES DO RADÔNIO *INDOOR* – AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RADÔNIO NAS RESIDÊNCIAS

Para a amostra de 677 domicílios foram calculadas 2.708 medições. Das medidas com análises laboratoriais concluídas, a primeira campanha apresentou 1.228 medições (sala: 613 e quarto: 615) e a segunda, 1.191 medições (sala: 598 e quarto: 593). O total de 2.419 medições com análises laboratoriais representaram uma cobertura global de 89%.

Tendo sido planejadas quatro medidas de concentração de radônio em cada residência, a saber, duas campanhas medindo sala e quarto, as residências que falharam em apresentar todas as quatro medidas foram eliminadas das análises, embora permaneçam integrando as outras ações de Saúde Pública que decorrerão deste estudo. Restaram 577 residências apresentando 2.308 medidas de concentração e que representam 85% do total previsto.

A distribuição das concentrações de radônio pelas residências é apresentada na Figura 22 para concentrações máximas e na Figura 24 para concentrações médias aritméticas, ambas exibindo um padrão assemelhado ao *log-normal*. Em decorrência, as Figuras 23 (concentrações máximas) e 25 (concentrações médias) apresentam os gráficos de quartis usando divisões logarítmicas no eixo Y das concentrações.

Outra decorrência da distribuição *log-normal* é a utilização da média geométrica e do desvio padrão geométrico como estimadores mais adequados para algumas análises. De todo modo a UNSCEAR apresenta limites para ambas as formas de cálculo. Assim sendo, apresentam-se aqui os resultados tanto como média aritmética quanto geométrica.

As concentrações de radônio tomadas pelos **valores máximos** de cada residência, Figuras 22 e 23, variaram de 15,92 Bq/m³ a 1.645,34 Bq/m³, o que correspondeu à mínima urbana de Andradadas e à máxima rural de Caldas. Os intervalos de confiança – IC – e a média geométrica sobre as máximas foram:

- IC(95%)max: 145 ± 11 Bq/m³.
- IC(99%)max: 145 ± 14 Bq/m³.
- Média geométrica: 109,20 Bq/m³
- Desvio padrão geométrico: 2,11 Bq/m³.

As concentrações de radônio tomadas como as **médias aritméticas** de cada residência (Figuras 24 e 25), variaram de 13,42 Bq/m³ a 685,27 Bq/m³, o que correspondeu à mínima urbana de Andradadas e à máxima rural de Caldas. Os valores encontrados foram:

- IC(95%)med: 104 ± 7 Bq/m³.
- IC(99%)med: 104 ± 9 Bq/m³.
- Média geométrica: 81,01 Bq/m³
- Desvio padrão geométrico: 2,04 Bq/m³.

Distribuição das Concentrações Máximas nas Residências

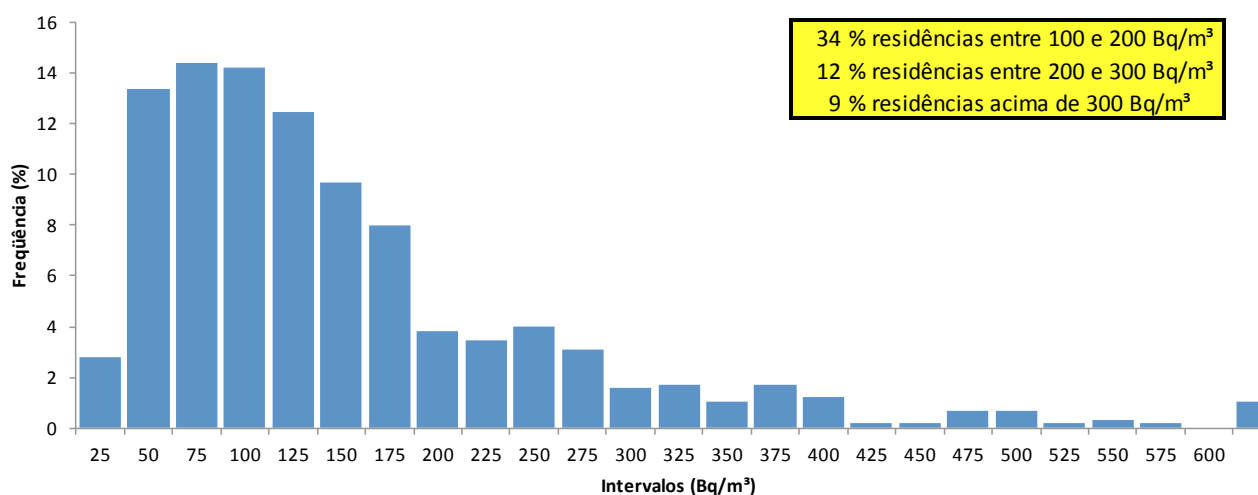
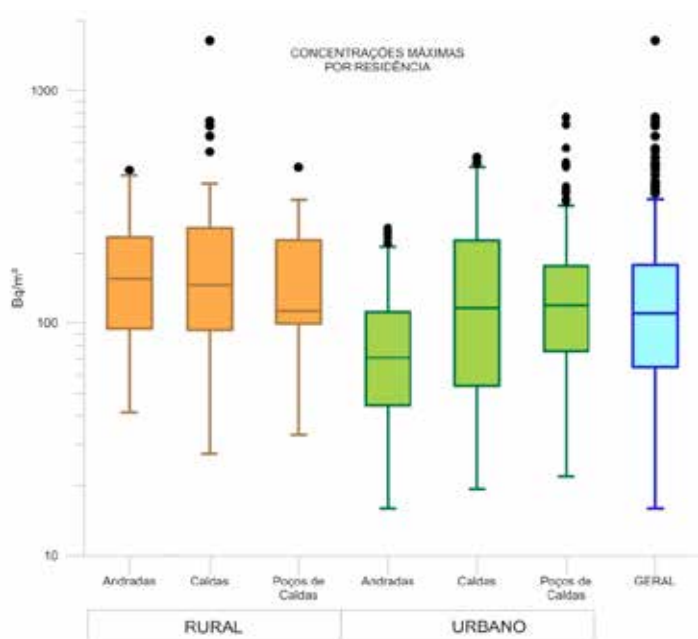


Figura 22 - Distribuição das concentrações máximas nas residências de Andradas, Caldas e Poços de Caldas.
 Fonte: Projeto Planalto de Poços de Caldas, dados das medições do radônio *indoor*, 2011-2012



Concentração Máxima por Residência	
Média	144.97
Erro padrão	5.42
Desvio padrão	130.19
Variância da amostra	16.948.50
Curtose	33.07
Assimetria	4.02
Intervalo	1.629.42
Mínimo	15.92
Máximo	1.645.34
Soma	83.646.88
Contagem	577
Nível de confiança (95,0%)	10.64
Nível de confiança (99,0%)	14.01
Quartil Inferior	64.67
Mediana	110.51
Quartil Superior	177.22

IC(95%): 145 ± 11 Bq/m³

IC(99%): 145 ± 14 Bq/m³

Média Geométrica: 109,20 Bq/m³
 Desv Padrão Geom: 2,11 Bq/m³

Figura 23 - Estatística descritiva da concentração de radônio máxima por residência em Bq/m³ por município e tipo. Média geométrica sobre as máximas das residências.

Fonte: Projeto Planalto de Poços de Caldas, dados das medições do radônio *indoor*, 2011-2012.

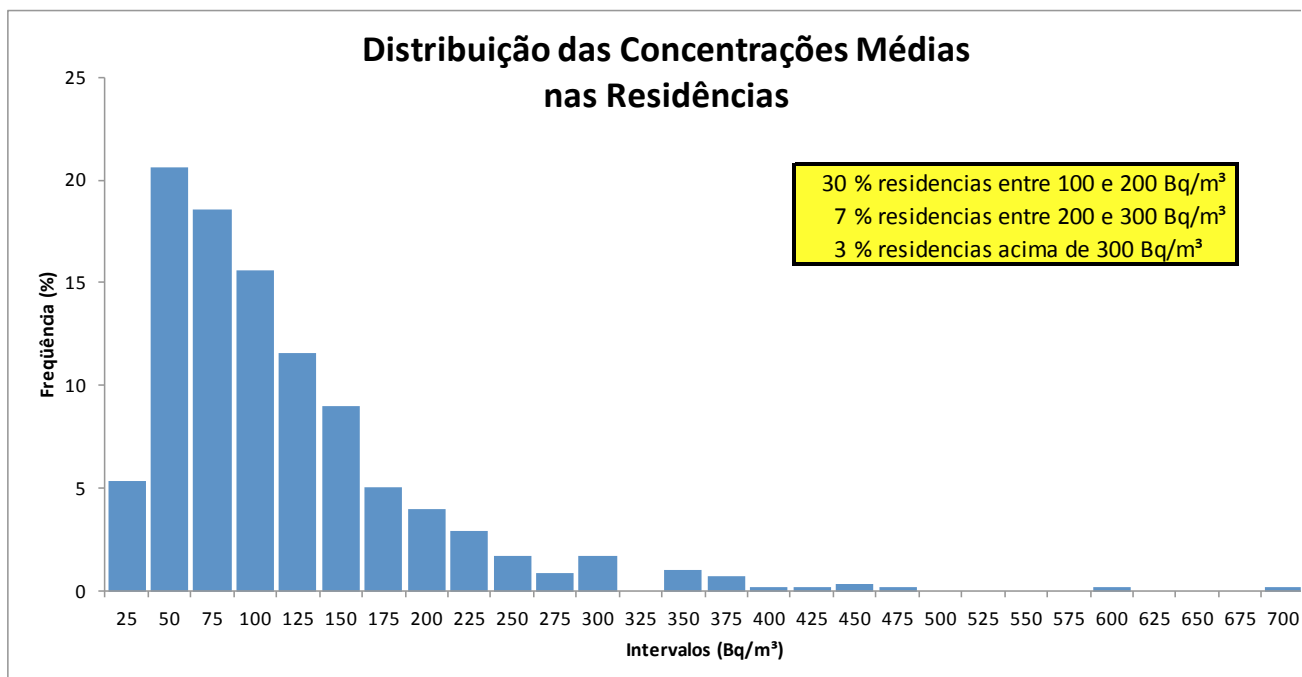
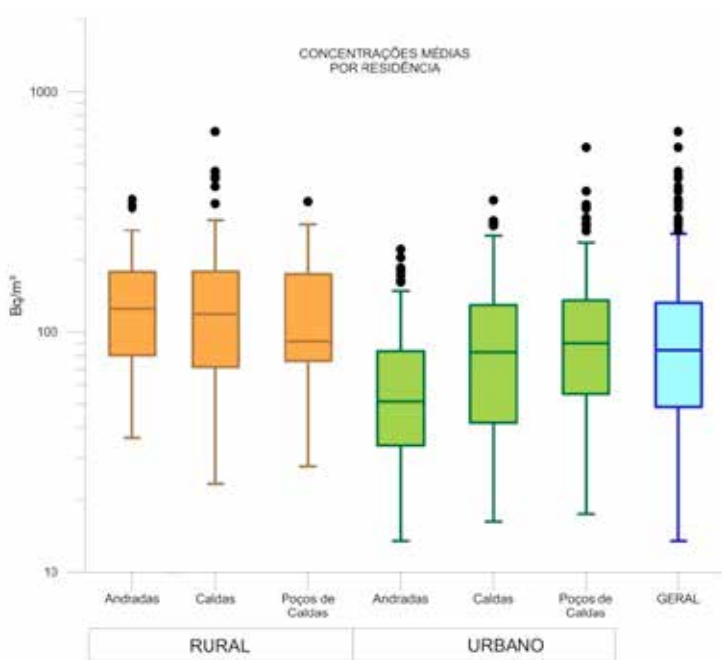


Figura 24 - Distribuição das concentrações médias nas residências de Andradas, Caldas e Poços de Caldas.

Fonte: Projeto Planalto de Poços de Caldas, dados das medições do radônio *indoor*, 2011-2012.



Concentração Média por Residência	
Média	104.22
Erro padrão	3.38
Desvio padrão	81.26
Variância da amostra	6.603.53
Curtose	8.49
Assimetria	2.28
Intervalo	671.85
Mínimo	13.42
Máximo	685.27
Soma	60.132.43
Contagem	577
Nível de confiança(95,0%)	6.64
Nível de confiança(99,0%)	8.74

Quartil Inferior	48.57
Mediana	84.10
Quartil Superior	132.18

IC(95%): 104 ± 7 Bq/m³

IC(95%): 104 ± 9 Bq/m³

Média Geométrica: 81,01 Bq/m³

Desv Padrão Geom: 2,04 Bq/m³

Figura 25 - Estatística descritiva da concentração de radônio média por residência em Bq/m³ por município e tipo. Média geométrica sobre as médias aritméticas das residências.

Fonte: Projeto Planalto de Poços de Caldas, dados das medições do radônio *indoor*, 2011-2012.

As concentrações por residência foram comparadas em relação às duas campanhas para avaliar o grau de correlação entre ambas. A correlação entre campanhas foi calculada separadamente para as concentrações no quarto mostrando correlação forte, e na sala mostrando correlação moderada (Figura 26).

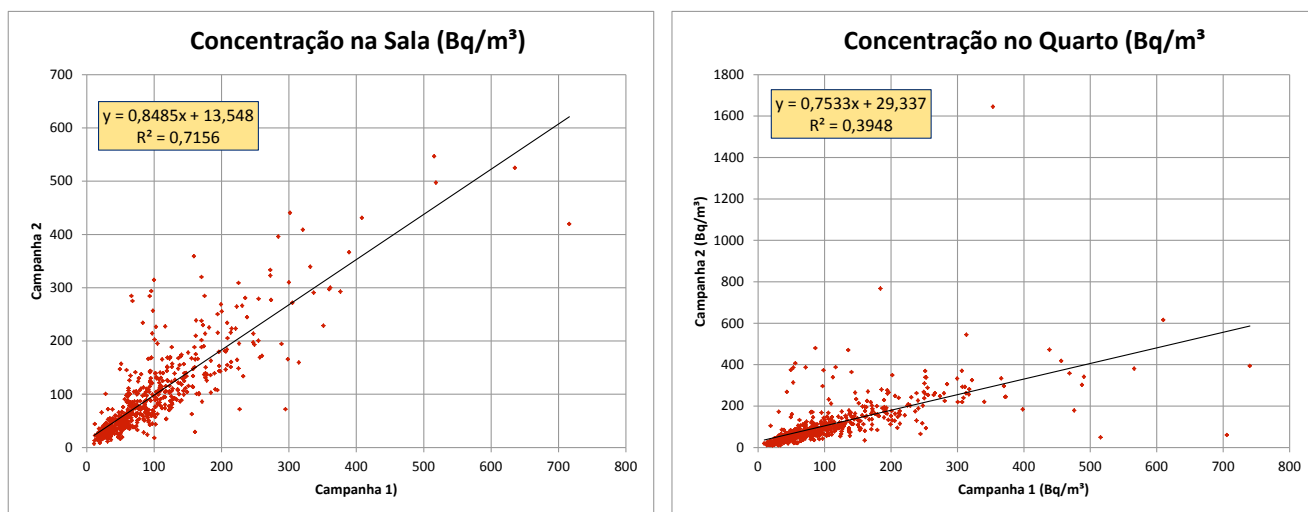


Figura 26 - Gráficos de correlação entre as campanhas para concentrações no quarto e na sala, residências de Andradas, Caldas e Poços de Caldas.

Fonte: Projeto Planalto de Poços de Caldas, dados das medições do radônio *indoor*, 2011-2012.

As concentrações por residência foram comparadas em relação aos cômodos para avaliar o grau de correlação entre ambas. A correlação entre cômodos foi calculada separadamente para as campanhas 1 e 2, mostrando correlação moderada (Figura 27).

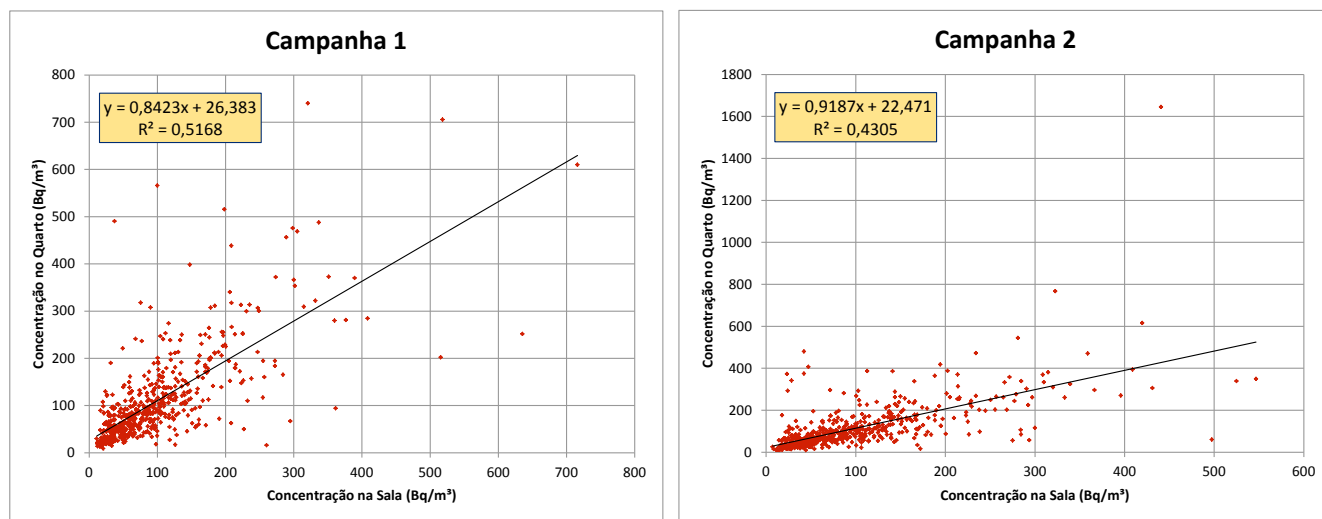


Figura 27 - Gráficos de correlação entre concentrações na sala e no quarto para as campanhas.

Fonte: Projeto Planalto de Poços de Caldas, dados das medições do radônio *indoor*, 2011-2012.

As concentrações obtidas podem ser transformadas em doses efetivas expressas em mSv/ano. A Tabela 21 mostra um resumo dos resultados por município e tipo.

Tabela 21 - Concentrações (Bq/m³) e doses equivalentes (mSv/ano) segundo valores mínimo, médio e máximo das residências da amostra, por município e área urbana ou rural.

Município	Tipo	Residências da amostra	Concentração (Bq/m ³)			Dose equivalente (mSv/ano)		
			Valor Mínimo	Valor Médio	Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor Médio	Valor Máximo
ANDRADAS	Total	160	8.42	82.55	456.26	0.21	2.08	11.51
Andradas	Rural	35	32.84	141.51	456.26	0.83	3.57	11.51
Andradas	Urbano	125	8.42	66.04	255.54	0.21	1.67	6.45
CALDAS	Total	130	7.25	123.90	1.645.34	0.18	3.13	41.51
Caldas	Rural	61	10.93	151.68	1.645.34	0.28	3.83	41.51
Caldas	Urbano	69	7.25	99.34	515.58	0.18	2.51	13.01
POÇOS DE CALDAS	Total	287	9.08	107.38	767.65	0.23	2.71	19.37
Poços de Caldas	Rural	23	21.54	119.87	468.71	0.54	3.02	11.82
Poços de Caldas	Urbano	264	9.08	106.29	767.65	0.23	2.68	19.37
Total		577	7.25	104.22	1.645.34	0.18	2.63	41.51

Fonte: Projeto Planalto de Poços de Caldas, dados das medições do radônio *indoor*, 2011-2012.

Avaliação da concentração de radônio ponderada pela população

Os setores censitários são a menor fração do território nacional com informações censitárias públicas para todo o Brasil sobre população, domicílios e outras. O censo de 2010 redefiniu os limites geográficos de alguns setores censitários e atualizou seus dados.

A geocodificação das residências da amostra cumpriu diferentes papéis no decorrer do projeto. Um deles foi precisar a pertinência ao setor censitário e, assim, definir univocamente parâmetros analíticos tais como município, tipo de residência urbana ou rural, número de domicílios, sobretudo a população do setor a que a residência pertence.

A cada setor foi atribuída uma concentração típica de radônio residencial, baseada nas medições obtidas nas residências da amostra a ele pertinentes. Esse valor típico foi multiplicado pela população do setor censitário, sendo este valor utilizado na fórmula de ponderação. Foram analisados diferentes valores típicos de concentração de radônio para representar o setor censitário, resultando em diferentes valores de concentração populacional.

Uma abordagem é eleger como concentração típica de radônio residencial para o setor censitário **a maior de todas as medidas obtidas**, independentemente do cômodo e da campanha. O resultado obtido para o valor da média aritmética geral foi:

- $196 \pm 21 \text{ Bq/m}^3$ - IC(95%)
- $196 \pm 28 \text{ Bq/m}^3$ - IC(99%)

Outra abordagem é eleger como concentração típica de radônio residencial para o setor censitário a **média aritmética** de todas as medidas efetuadas nos domicílios do setor censitário. O resultado obtido para o valor da média aritmética geral foi:

- IC(95%): $101 \pm 7 \text{ Bq/m}^3$
- IC(99%): $101 \pm 10 \text{ Bq/m}^3$

Esses valores podem ser comparados com aquele obtido no item anterior, ao se tomar as concentrações máximas de cada residência independentemente do setor censitário:

- IC(95%): máx.: $145 \pm 11 \text{ Bq/m}^3$ e méd.: $104 \pm 7 \text{ Bq/m}^3$.
- IC(99%): máx.: $145 \pm 14 \text{ Bq/m}^3$ e méd.: $104 \pm 9 \text{ Bq/m}^3$.

O cálculo da média geométrica geral foi realizado tomando todas as medidas feitas nas residências independentemente da campanha e do cômodo. O resultado geral é:

- Média geométrica: $76,66 \text{ Bq/m}^3$
- Desvio padrão geométrico: $1,85 \text{ Bq/m}^3$

O cálculo da concentração de radônio (Bq/m^3) em residências ponderado pela população foi realizado por município e tipo de área (urbana ou rural), com base tanto na média aritmética quanto na geométrica de cada setor, levando em conta todas as medidas das residências do setor. A Tabela 22 resume o cálculo e os resultados.

Tabela 22 – Concentração de radônio ponderada pela população.

Município	Tipo	Setores Censitários	Setores c/ resid da amostra	Domicílios nos setores c/resid da amostra	População nos setores c/ resid da amostra	Concentração Populacional MédAritm (Bq/m^3)	Concentração Populacional MédGeom (Bq/m^3)
ANDRADAS	Total	63	50	10.753	32.665	82.36	72.17
Andradas	Rural	23	13	2.010	6.563	139.61	124.65
Andradas	Urbano	40	37	8.743	26.102	67.97	58.97
CALDAS	Total	34	28	4.335	12.376	110.37	89.99
Caldas	Rural	16	14	1.814	5.368	149.22	121.26
Caldas	Urbano	18	14	2.521	7.008	80.62	66.04
POÇOS DE CALDAS	Total	237	154	33.079	100.105	105.83	95.44
Poços de Caldas	Rural	17	11	691	2.371	88.47	77.96
Poços de Caldas	Urbano	220	143	32.388	97.734	106.25	95.86
Total		334	232	48.167	145.146	100.94	89.74

Fonte: Projeto Planalto de Poços de Caldas, dados das medições do radônio *indoor*, 2011-2012.

Com base nesses resultados, foi possível converter a concentração de radônio ponderada pela população em dose efetiva anual, em mSv/ano. A Tabela 23 mostra os resultados.

Tabela 23 – Dose de radônio equivalente (em mSv/ano) ponderada pela população em residências de acordo a média aritmética e a média geométrica, por município e área urbana ou rural.

Município	Tipo	Dose equivalente (mSv/ano)	
		MédArit Pop	MédGeom Pop
ANDRADAS	Total	2.08	1.82
Andradas	Rural	3.52	3.14
Andradas	Urbano	1.71	1.49
CALDAS	Total	2.78	2.27
Caldas	Rural	3.76	3.06
Caldas	Urbano	2.03	1.67
POÇOS DE CALDAS	Total	2.67	2.41
Poços de Caldas	Rural	2.23	1.97
Poços de Caldas	Urbano	2.68	2.42
Total		2.55	2.26

Fonte: Projeto Planalto de Poços de Caldas, dados das medições do radônio *indoor*, 2011-2012.

Conforme a UNSCEAR a dose efetiva mundial com base populacional para a exposição interna por inalação do radônio é de 1,2 mSv/ano de acordo a Tabela 7.

Nesse estudo as concentrações de radônio segundo a média aritmética ponderada pela população são bastante superiores ao valor de referência da UNSCEAR (2000), variando entre 1,7 mSv/ano na área urbana de Andradas a 3,8 na área rural de Caldas (Tabela 23).

Os resultados aqui obtidos possibilitaram que o projeto calculasse a dose efetiva da radiação natural com base populacional da região pesquisada, na Parte III dessa publicação.

Mapeamento das residências

A distribuição espacial da concentração de radônio mínima mostra maior disposição de pontos em níveis ≤ 100 Bq/m³. Apenas 5 residências nos três municípios avaliados apresentaram valores mínimos ≥ 300 Bq/m³ (Figura 28).

RESIDÊNCIAS AVALIADAS

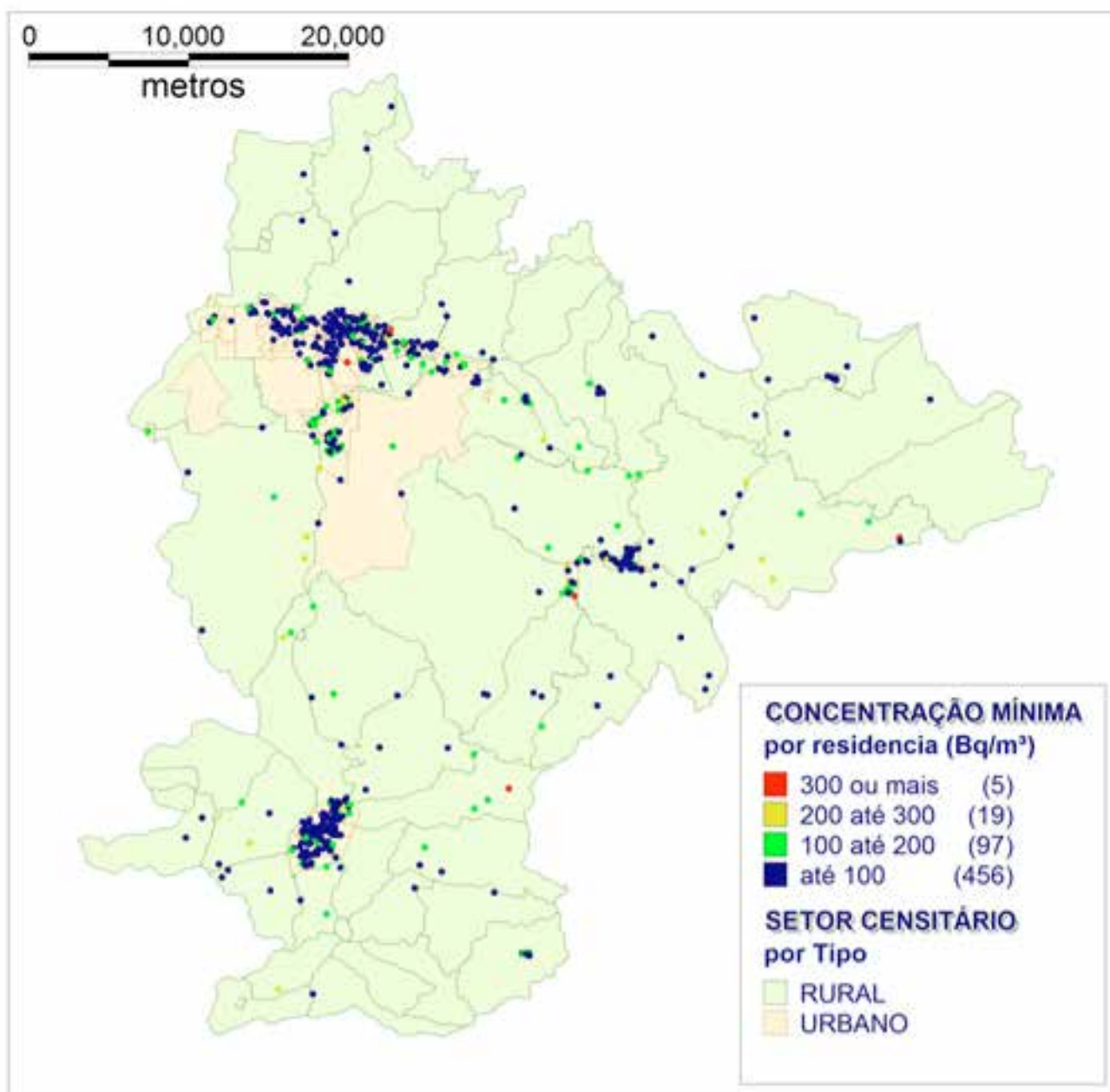


Figura 28 – Mapa da concentração de radônio: mínima das residências avaliadas, ilustrada por convenção de cores da concentração de radônio.

Fonte: Projeto Planalto de Poços de Caldas, dados das medições do radônio *indoor*, 2011-2012

Em relação às concentrações máximas das medidas do radônio nas residências, apenas 53 apresentaram valores superiores a 300 Bq/m³ (Figura 29).

PROJETO PLANALTO POÇOS DE CALDAS CONCENTRAÇÃO DE RADÔNIO EM RESIDÊNCIAS

Rev 16/05/2011

RESIDÊNCIAS AVALIADAS

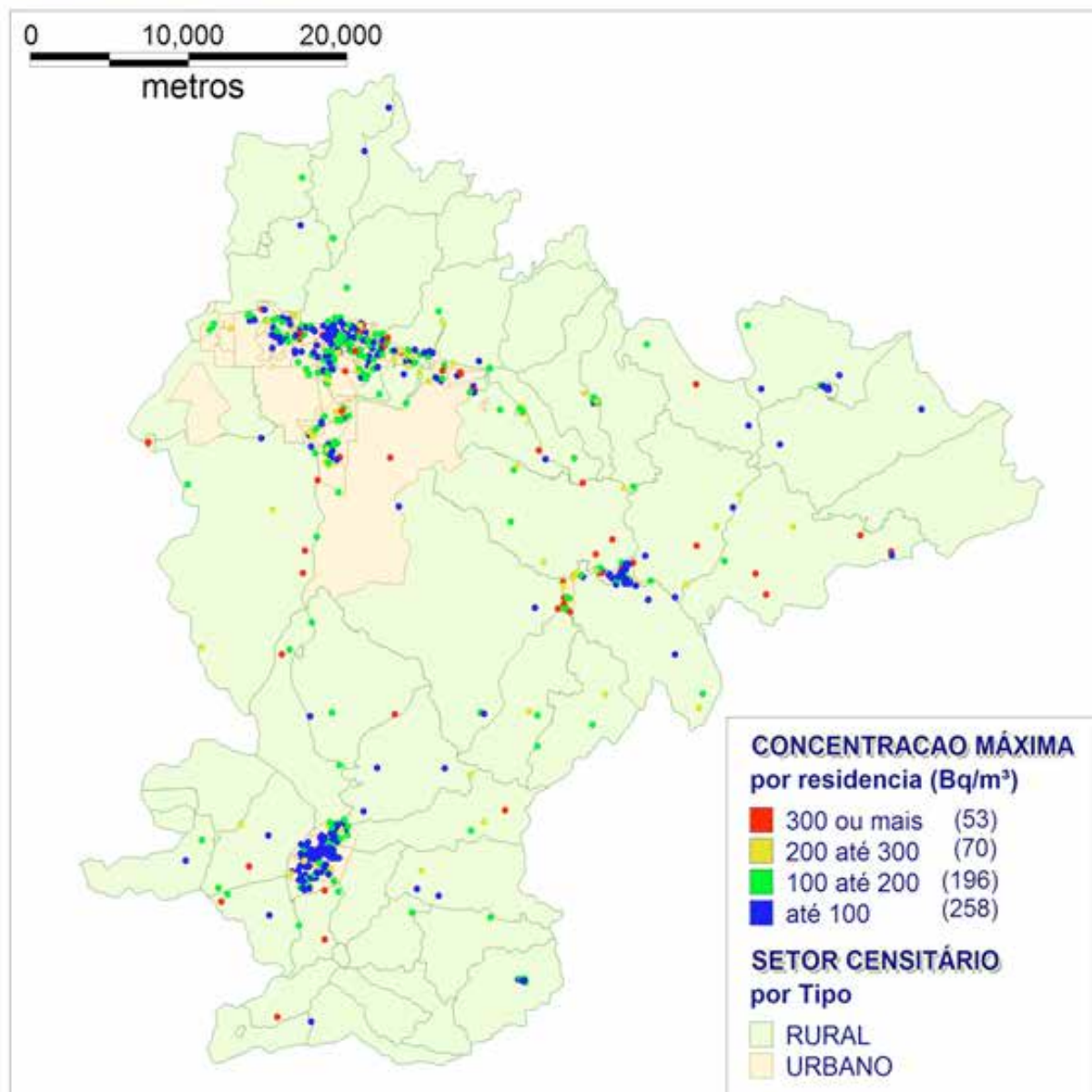


Figura 29 – Mapa da concentração de radônio: máxima das residências avaliadas dos municípios de Andradadas, Caldas e Poços de Caldas, ilustrada por convenção de cores da concentração de radônio em Bq/m³.

Fonte: Projeto Planalto de Poços de Caldas, dados das medições do radônio *indoor*, 2011-2012

Para facilitar o planejamento do acompanhamento das residências que apresentaram concentrações maiores que 200 Bq/m^3 , foram elaborados mapas como os que são mostrados a seguir.

Considerando um ponto de corte entre 200 Bq/m^3 e 300 Bq/m^3 , 70 residências estavam dentro desse parâmetro (Figura 30).

PROJETO PLANALTO POÇOS DE CALDAS CONCENTRAÇÃO DE RADÔNIO EM RESIDÊNCIAS

Rev 16/05/2013

RESIDÊNCIAS COM CONCENTRAÇÃO

ENTRE 200 Bq/m^3 E 300 Bq/m^3

70 residências

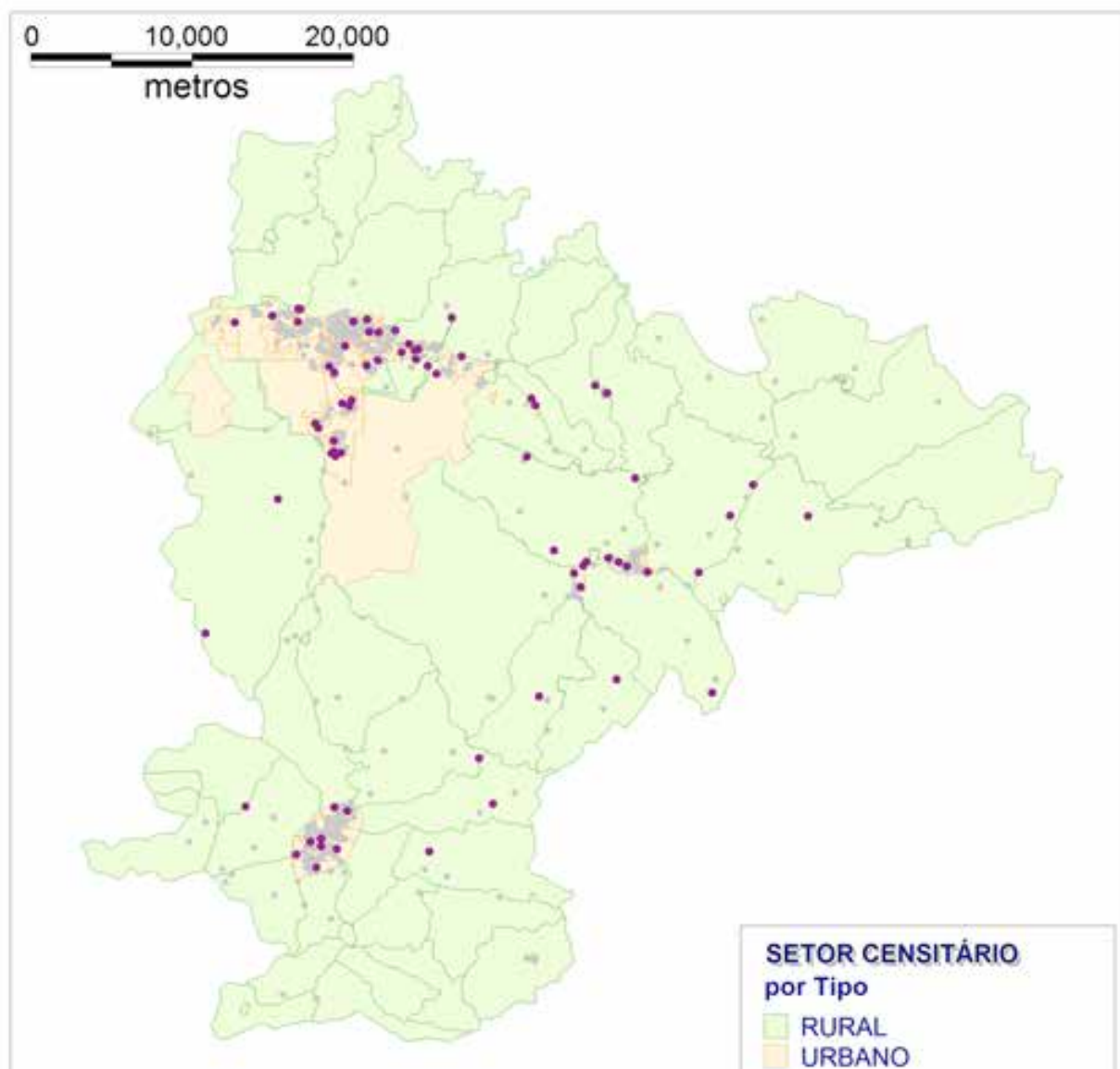


Figura 30 – Mapa da distribuição geográfica das residências que apresentaram níveis de radônio entre 200 Bq/m^3 e 300 Bq/m^3 , por área urbana ou rural dos municípios de Andradas, Caldas e Poços de Caldas.

Fonte: Projeto Planalto de Poços de Caldas, dados das medições do radônio *indoor*, 2011-2012.

Para um ponto de corte de 300 Bq/m³, 53 domicílios apresentaram concentrações maiores (Figura 31).

PROJETO PLANALTO POÇOS DE CALDAS CONCENTRAÇÃO DE RADÔNIO EM RESIDÊNCIAS

Rev 16/05/2013

RESIDÊNCIAS COM CONCENTRAÇÃO

COM MAIS DE 300 Bq/m³

53 residências

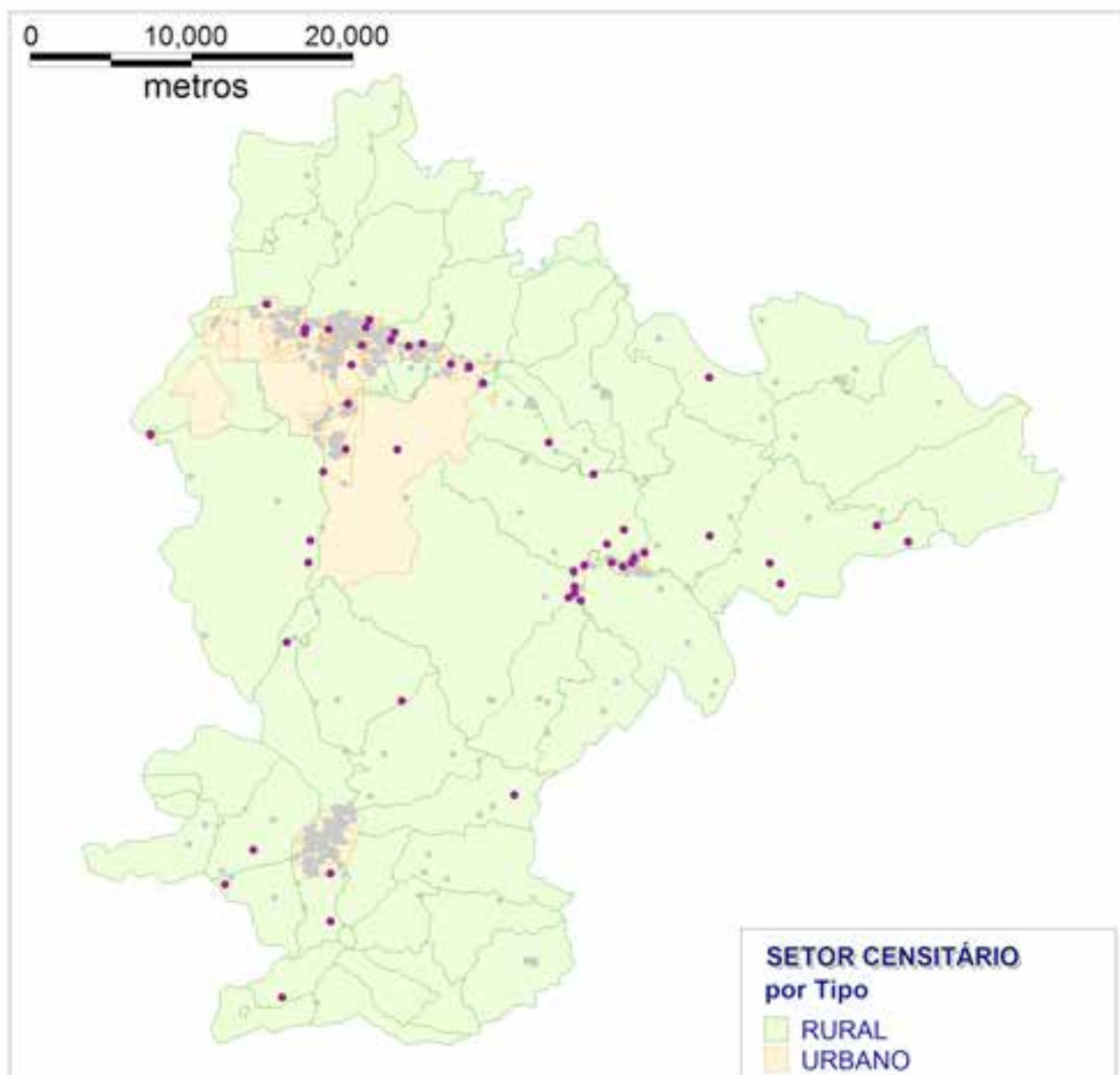


Figura 31 – Distribuição geográfica das residências que apresentaram níveis de radônio superior a 300 Bq/m³, por área urbana ou rural dos municípios de Andradas, Caldas e Poços de Caldas.

Fonte: Projeto Planalto de Poços de Caldas, dados das medições do radônio *indoor*, 2011-2012.

Médias aritméticas e valores máximos das concentrações de radônio *indoor* no Planalto Poços de Caldas em relação aos dados internacionais e nacionais

Esse tópico busca atender aos objetivos específicos das medições de radônio *indoor* do Projeto Planalto Poços de Caldas em relação aos valores internacionais e nacionais. Para tanto, são utilizados os dados da UNSCEAR (2006) constantes em uma lista de diversos países que também inclui o Brasil com a média aritmética de 82 Bq/m³ e o valor máximo de 310 Bq/m³ (Tabela 13, MA<100 ou VM >300).

Na Figura 11 o Brasil não consta no *ranking* dos países com médias aritméticas superiores a 100 Bq/m³ uma vez que a UNSCEAR (2006) refere o valor de 82 Bq/m³. Porém no presente estudo há sete áreas geográficas com médias aritméticas acima de 100 Bq/m³ (Tabela 21), em ordem decrescente dos valores das concentrações (em Bq/m³): Caldas rural (152), Andradas rural (141), Caldas urbana e rural (124), Poços de Caldas rural (120), Poços de Caldas urbana e rural (107), Poços de Caldas urbana (106) e Planalto Poços de Caldas (3 municípios), 104. Sendo assim, os valores dessas localidades passariam a compor o grupo daquele *ranking* (Figura 32).

Na Figura 12 o Brasil ocupa a penúltima posição do *ranking* dos países com valores máximos superiores a 300 Bq/m³, com 310 Bq/m³ (UNSCEAR, 2006). Já o presente estudo apresenta o valor máximo de 1645 Bq/m³ no Planalto Poços de Caldas conferindo uma posição de maior destaque dessa região nesse *ranking* (Figura 33). Note-se que essa região também apresenta a média aritmética acima de 100 Bq/m³, com 104 Bq/m³ de acordo a Tabela 21.

Em relação aos estudos brasileiros, alguns realizados na mesma região desse projeto (Tabela 15) observam-se médias aritméticas muito superiores às aqui encontradas, como Amaral (1992), 204 Bq/m³ e Veiga (2003), 220 Bq/m³, ambos na área rural de Poços de Caldas. Em valores mais baixos e mais próximos às concentrações aqui encontradas, Neman (2004) em Poços de Caldas, com 133 Bq/m³. Também os valores máximos apresentados por esses estudos são bastante elevados 1046 Bq/m³ (Amaral, 1992) e 1024 Bq/m³ (Veiga, 2003), ambos na área rural de Poços de Caldas e inferiores aos 1645 Bq/m³ encontrados no presente estudo, na área rural de Caldas.

Note-se a limitação das análises comparativas devido às diferenças metodológicas entre os estudos aqui comentados, sejam eles nacionais ou não. Porém, independentemente dos métodos adotados, os valores apresentados por esses estudos não deixam de ser preocupantes para a vigilância em saúde.

Sendo assim, é possível dizer que há evidências sobre a necessidade de ações preventivas e reguladoras como já acontece em vários países do mundo.

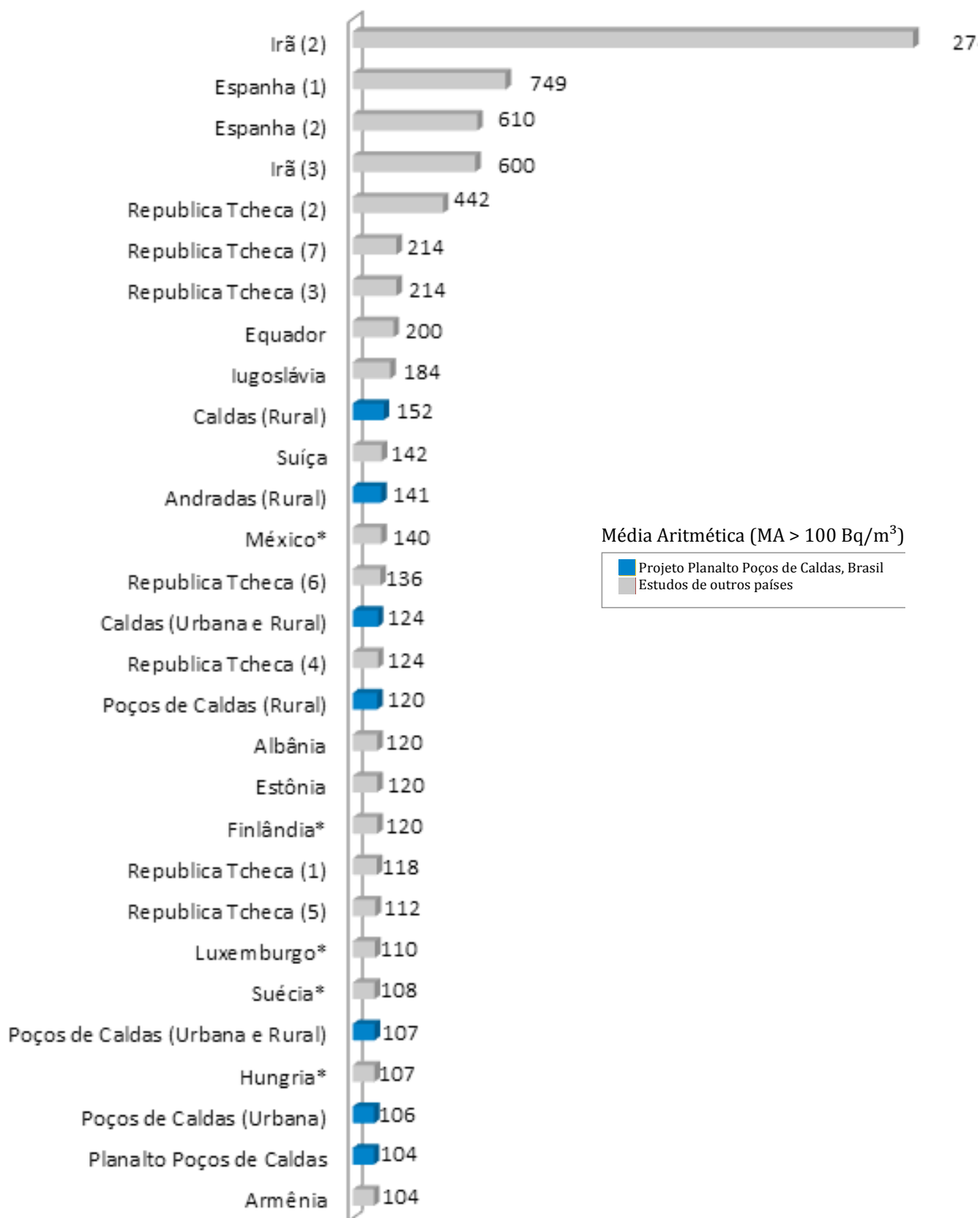


Figura 32 – *Ranking* dos países com média aritmética acima de 100 Bq/m³ (UNSCEAR, 2006) adaptado com as áreas geográficas do Planalto Poços de Caldas que tiveram as médias aritméticas superiores a esse limite.

Fonte: UNSCEAR, 2006 (alguns países com mais de uma referência conforme a fonte consultada) e Projeto Planalto Poços de Caldas – medições de radônio, 2011-2012.

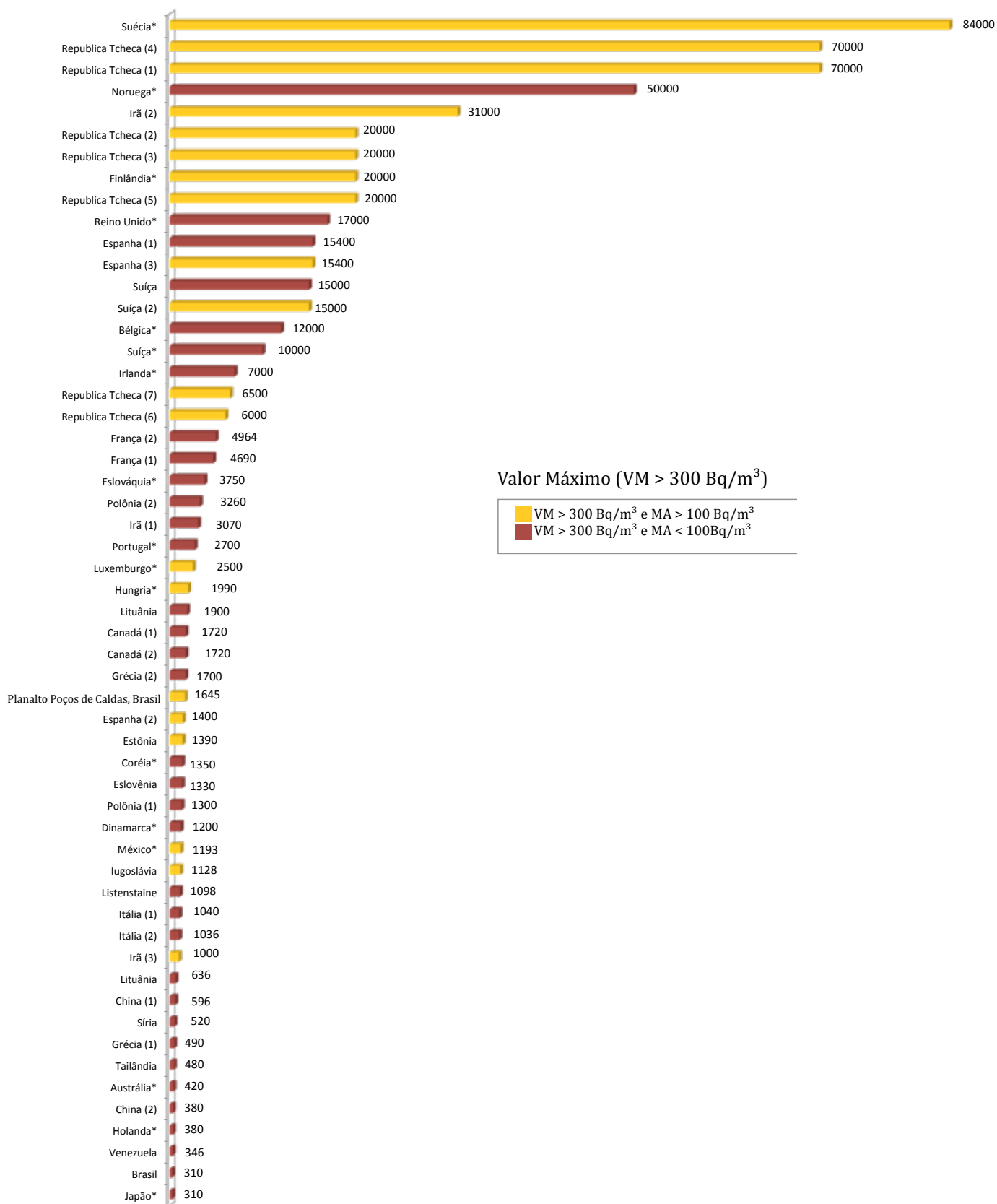


Figura 33 – Ranking dos países com valor máximo acima de 300 Bq/m³ (UNSCEAR, 2006). Adaptado com o resultado do Planalto Poços de Caldas.

Fonte: UNSCEAR, 2006 (alguns países com mais de uma referência conforme a fonte consultada) e Projeto Planalto Poços de Caldas – medições de radônio, 2011-2012.

Discussão dos resultados

Ressalte-se o caráter pioneiro desse estudo no que se refere aos aspectos: (1) trabalho intersetorial envolvendo dois Ministérios – Saúde e Ciência e Tecnologia, e no setor saúde envolvendo as três esferas de governo; (2) quantidade de medições compreendendo 2.492 dosímetros instalados em residências para avaliação dos níveis de radônio; e (3) envolvimento essencial do SUS local atuando com competência e determinação.

Os fatores determinantes da concentração de radônio no interior das residências incluem: geologia do solo onde está edificada a casa, material utilizado na construção e métodos utilizados para aquecimento e ventilação, rachaduras em pisos sólidos ou paredes, juntas de construção, cavidades dentro das paredes, entre outros (EPA, 2013). Dessa forma, os níveis de radônio podem variar muito mesmo entre casas adjacentes e aparentemente similares (HPA, 2009). Consciente disso, este estudo aplicou um questionário cujas informações possibilitam identificar o perfil dos domicílios medidos. Além disso, apresenta no tópico seguinte, as características predominantes das residências com pelo menos uma das medições acima de 200 Bq/m³.

É oportuno ressaltar que foram encontradas residências cujos moradores mantêm a casa fechada durante a noite, dificultando a circulação de ar no ambiente interno e a conseqüente saída do gás radônio. Outro aspecto que reforçaria esse comportamento de risco é que o ambiente frio pode influenciar a manutenção das casas fechadas durante a noite e até mesmo durante o dia (HPA, 2009). A região pesquisada apresenta temperaturas baixas no inverno, em torno dos 10^o C, e esperava-se que nesse período (outono-inverno) ocorressem as concentrações mais elevadas. Porém, ao contrário do esperado, as concentrações mais elevadas são observadas nos meses de temperaturas mais elevadas (1^a campanha, primavera-verão). Esses resultados são coerentes com Neman (2000), que considera que as características residenciais (ventilação, tipos de materiais) influenciam de forma mais expressiva do que as estações do ano.

No Brasil não existe ainda a prática de avaliar os níveis de radônio em construções novas (prevenção) ou preexistentes (mitigação ou remediação) como há rotineiramente em vários países. Observa-se nos resultados das medições de radônio desse estudo que, pelo menos em municípios do Planalto de Poços de Caldas, em termos de saúde pública, essa prática pode ser importante. De acordo com a Organização Mundial de Saúde, medidas preventivas em novas construções são justificáveis em termos de custo-efetividade em áreas com mais de 5% das residências novas com concentrações de radônio acima de 200 Bq/m³. São encontrados percentuais maiores do que esse no presente estudo. As estratégias de prevenção e de mitigação se concentram nas vias de entrada de radônio e de vedação, bem como em reverter as diferenças de pressão atmosférica entre o espaço interno ocupado e o ambiente externo, através de diferentes técnicas de despressurização. Uma análise de custo-efetividade dessas medidas deve ser avaliada (WHO, 2009).

Existem padrões de referência adotados pelos países para atender a vigilância em saúde. Para fins de análise foram utilizados neste estudo dois pontos de corte distintos. Ao utilizar o ponto de corte de 200 Bq/m³ observou-se que há um número expressivo de residências 21%, nos três municípios avaliados, com valores iguais ou superiores a esse.

Quando se utiliza o ponto de corte de 300 Bq/m³, o número de residências diminui (6%), mas em termos de Saúde Pública é preocupante, porque o radônio é hoje considerado a segunda causa

de câncer de pulmão em seres humanos, perdendo apenas para o tabagismo. Ressalte-se que é a primeira causa de câncer de pulmão entre pessoas que nunca fumaram (WHO, 2009).

Os dados das Tabelas 12, 13 e 14 mostram considerável variabilidade entre os países e mesmo dentro de um mesmo país com, por exemplo, relatos dos níveis médios geométricos nominais variando de $<10 \text{ Bq/m}^3$ no Egito e em Cuba, para mais de 100 Bq/m^3 em um grande número de países europeus, e acima de 600 Bq/m^3 em partes da República Islâmica do Irã. O presente estudo também constatou uma variabilidade dos dados na região, entre os municípios e nos mesmos municípios.

Também a UNSCEAR 2000 apresenta os valores de média aritmética no mundo de 46 Bq/m^3 (não ponderado) e de 30 Bq/m^3 (ponderado pela população). A média geométrica com valores de 37 Bq/m^3 (não ponderado) e 30 Bq/m^3 (ponderado pela população) com correspondente desvio padrão geométrico de 2,2 (não ponderado) e 2,3 (ponderado pela população) também são apresentados nessa publicação.

Em relação às concentrações de radônio *indoor* obtidas neste estudo, observa-se que os pontos de corte (200 e 300 Bq/m^3) considerados aqui são utilizados como referência em 17 países como Áustria, Dinamarca, Finlândia, Alemanha, Irlanda, Holanda, Suécia e Reino Unido para novas residências e em 7 países para construções antigas. Valores entre $\geq 300 \leq 600 \text{ Bq/m}^3$ são utilizados como referência em outros países tais como Bélgica, Eslovênia, Suíça e Canadá para construções novas ou antigas.

No entanto, o padrão de segurança outrora estabelecido pela *International Atomic Energy Agency - IAEA*, pela *World Health Organization - WHO*, pela *International Commission on Radiological Protection - ICRP* e outros era de $200\text{-}600 \text{ Bq/m}^3$ (Autumn 1995). Nos Estados Unidos o nível de concentração de 200 Bq/m^3 é denominado nível de ação (necessária para reduzir a exposição). A concentração média de radônio nas residências é de 20 Bq/m^3 (DEFRA, 2003).

No que tange à área da saúde, em 2009, a Organização Mundial de Saúde propôs um novo nível de referência de 100 Bq/m^3 com o objetivo de minimizar os efeitos à saúde devido à exposição ao radônio *indoor*. Recomenda ainda que, se esse nível não pode ser alcançado pelos países, a escolha do nível de referência não deverá exceder a 300 Bq/m^3 , que representa pouco mais de 7 mSv/ano de acordo com recentes cálculos da Comissão Internacional de Proteção Radiológica (WHO, 2009). De acordo com a OMS, as residências com níveis acima desses valores requerem ações de remediação.

A proporção de todos os tipos de câncer associados ao radônio é estimada entre 3% e 14%, dependendo da média de concentração do radônio no país e o método de cálculo. Mesmo em baixas concentrações, a exposição ao radônio pode resultar em pequeno aumento no risco de câncer de pulmão (WHO, 2009). De acordo com estudo europeu (Darby *et al.*, 2005), o risco de câncer de pulmão aumenta 16% (5% a 31%), IC 95%, a cada incremento de 100 Bq/m^3 de exposição ao radônio a longo prazo. Destaque-se que o presente estudo identifica 21% dos domicílios com medições acima de 200 Bq/m^3 e seus moradores tornam-se um importante grupo de risco. Pressupõe-se também que, por se tratar de uma amostra estatística, esse mesmo percentual se estenda a todos os domicílios desses municípios ampliando, assim, o número de moradores expostos ao risco aumentado.

A Organização Mundial de Saúde também recomenda a aplicação de estratégias especiais de comunicação do risco. Essa comunicação necessita ser focada na informação do risco da exposição

ao radônio em diferentes fóruns objetivando a redução dessa exposição. As mensagens devem ser tão simples quanto possível e em termos que possam ser claramente entendidos pela população geral (WHO, 2009). O presente projeto mostra desde a sua concepção a preocupação do uso da linguagem apropriada de comunicação de risco aos diversos públicos agregando também a produção de materiais informativos (Apêndice 1).

O estabelecimento de um nível de referência para radônio representa o máximo de concentração aceitável desse gás natural nas residências de cada país. Essa é a condição primeira para a estruturação das medidas preventivas e reguladoras desse componente em um programa nacional de saúde pública.

Deve-se lembrar que o radônio *indoor* é reconhecido como sendo de origem natural, e as normas estabelecidas não são reguladoras da natureza. No entanto, ao se perceber valores acima dos limites, ações mitigatórias podem ser tomadas para diminuir a quantidade de radônio *indoor*, entre elas, pode-se citar a ventilação dos ambientes e procurar reduzir a emanção proveniente do solo através de rachaduras e outras aberturas da fundação, ou seja, selar aberturas das rachaduras do assoalho ou junções entre o assoalho e a parede.

**PERFIL DOS DOMICÍLIOS COM PELO
MENOS UMA MEDIÇÃO ACIMA DE 200 BQ/M³**

Perfil dos domicílios que tiveram concentrações de radônio acima de 200 Bq/m³

Do total de 577 domicílios analisados, 123 (21%) apresentaram pelo menos uma das quatro medições acima de 200 Bq/m³ na seguinte distribuição: Andradas (20), Caldas (43) e Poços de Caldas (60), na Tabela 24.

É interessante notar que no plano amostral o número de domicílios das áreas urbanas é mais elevado em relação às rurais. Porém, em Andradas e Caldas as áreas rurais é que apresentaram o maior número de domicílios com medições acima de 200 Bq/m³.

Tabela 24 - Distribuição dos domicílios com pelo menos uma medição de concentração de radônio acima de 200 Bq/m³, segundo área de residência (urbana e rural) dos municípios de Andradas, Caldas e Poços de Caldas

Município	Rural	%	Urbana	%	Total	%
Andradas	12	26.67	8	10.26	20	16.26
Caldas	25	55.56	18	23.08	43	34.96
Poços de Caldas	8	17.78	52	66.67	60	48.78
Total	45	100	78	100	123	100

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas, dados dos questionários domiciliares e das medições de radônio, 2011-2012.

Em Andradas e Caldas (ambas as áreas) e Poços de Caldas rural, do total informado, as concentrações mais elevadas de radônio predominaram nas construções mais antigas antes de 1976 (Tabela 25).

Tabela 25 - Distribuição dos domicílios que apresentaram pelo menos uma medição de concentração de radônio acima de 200 Bq/m³ segundo a variável "Tempo de construção do domicílio", por área de residência nos municípios de Andradas, Caldas e Poços de Caldas.

Tempo de construção do domicílio	Andradas	%	Caldas	%	Poços de Caldas	%	Total	%
Urbana								
Antes de 1976	3	37.5	6	33.3	8	15.4	17	21.8
1977-2000	1	12.5	3	16.7	18	34.6	22	28.2
depois de 2000	0	0	4	22.2	10	19.2	14	17.9
desconhece a data	4	50	5	27.8	16	30.8	25	32.1
<i>Subtotal</i>	8	100	18	100	52	100	78	100
Rural								
Antes de 1976	4	33.3	10	40	3	37.5	17	37.8
1977-2000	2	16.7	7	28	2	25	11	24.4
depois de 2000	0	0	4	16	0	0	4	8.9
desconhece a data	6	50	4	16	3	37.5	13	28.9
<i>Subtotal</i>	12	100	25	100	8	100	45	100
Total	20	16.3	43	35	60	48.8	123	100

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas, dados dos questionários domiciliares e das medições de radônio, 2011-2012

Do total de domicílios com medições de concentração alteradas predomina o tempo de moradia de 11 anos ou mais nas áreas urbanas dos três municípios e rural de Caldas evidenciando um amplo espaço de tempo em que seus moradores podem ter sido expostos a concentrações mais elevadas de radônio (Tabela 26).

Tabela 26- Distribuição dos domicílios com pelo menos uma medição de concentração de radônio acima de 200 Bq/m³, segundo a variável “Tempo de moradia no domicílio”, por área de residência nos municípios de Andradas, Caldas e Poços de Caldas.

Tempo de moradia no domicílio	Andradas	%	Caldas	%	Poços de Caldas	%	Total	%
Urbana								
Até 5 anos	3	37.5	4	22.2	17	32.7	24	30.8
6 a 10 anos	1	12.5	6	33.3	12	23.1	19	24.4
11 anos ou mais	4	50	8	44.4	23	44.2	35	44.9
Subtotal	8	100	18	100	52	100	78	100
Rural								
Até 5 anos	6	50	9	36	6	75	21	46.7
6 a 10 anos	1	8.3	4	16	0	0	5	11.1
11 anos ou mais	5	41.7	12	48	2	25	19	42.2
Subtotal	12	100	25	100	8	100	45	100
Total	20	16.3	43	35	60	48.8	123	100

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas, dados dos questionários domiciliares e das medições de radônio, 2011-2012

Do total de domicílios com medições alteradas, predominam em todas as áreas residenciais aqueles que apresentam a base da casa apoiada ao solo. (Tabela 27)

Tabela 27 - Distribuição dos domicílios com pelo menos uma medição de concentração de radônio acima de 200 Bq/m³, segundo a variável “Base do domicílio” por área de residência nos municípios de Andradas, Caldas e Poços de Caldas.

Base do domicílio	Andradas	%	Caldas	%	Poços de Caldas	%	Total	%
Urbana								
Apoiado ao solo	7	87.5	14	77.8	43	82.7	64	82.1
Misto	1	12.5	4	22.2	4	7.7	9	11.5
Sobre um porão	0	0	0	0	1	1.9	1	1.3
Suspensão	0	0	0	0	4	7.7	4	5.1
Subtotal	8	100	18	100	52	100	78	100
Rural								
Apoiado ao solo	11	91.7	17	68	7	87.5	35	77.8
Misto	0	0	5	20	1	12.5	6	13.3
Sobre um porão	1	8.3	2	8	0	0	3	6.7
Suspensão	0	0	1	4	0	0	1	2.2
Subtotal	12	100	25	100	8	100	45	100
Total	20	16.3	43	35	60	48.8	123	100

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas, dados dos questionários domiciliares e das medições de radônio, 2011-2012

Nota-se a forte predominância em dormir com as janelas fechadas especialmente nas áreas rurais. Esse comportamento dos moradores pode estar contribuindo com as elevadas medições de concentração de radônio observadas em suas residências. (Tabela 28)

Tabela 28 - Distribuição dos domicílios com pelo menos uma medição de concentração de radônio acima de 200 Bq/m³, segundo a variável “Dormir com a janela do quarto aberta”, por área de residência nos municípios de Andradadas, Caldas e Poços de Caldas.

Dormir com a janela do quarto aberta	Andradadas	%	Caldas	%	Poços de Caldas	%	Total	%
Rural								
Algumas vezes	1	12.5	2	11.1	9	17.3	12	15.4
Normalmente	1	12.5	0	0	1	1.9	2	2.6
Nunca	6	75	15	83.3	40	76.9	61	78.2
Sempre	0	0	1	5.6	2	3.8	3	3.8
<i>Subtotal</i>	<i>8</i>	<i>100</i>	<i>18</i>	<i>100</i>	<i>52</i>	<i>100</i>	<i>78</i>	<i>100</i>
Rural								
Algumas vezes	1	8.3	2	8	1	12.5	4	8.9
Normalmente	0	0	1	4	0	0	1	2.2
Nunca	11	91.7	21	84	7	87.5	39	86.7
Sempre	0	0	1	4	0	0	1	2.2
<i>Subtotal</i>	<i>12</i>	<i>100</i>	<i>25</i>	<i>100</i>	<i>8</i>	<i>100</i>	<i>45</i>	<i>100</i>
Total	12	26.7	25	55.6	8	17.8	45	100

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas, dados dos questionários domiciliares e das medições de radônio, 2011-2012.

Do total de domicílios que apresentam concentrações de radônio acima de 200 Bq/m³ observa-se a predominância da base da casa apoiada ao solo e o hábito de dormir com janela fechada, nas áreas urbanas ou rurais.

Na região pesquisada abrangendo os três municípios e de acordo os valores predominantes das variáveis analisadas (Tabelas 24 a 28), pode-se dizer que as principais características dos domicílios com pelo menos uma concentração acima de 200 Bq/m³ são:

- localização na área rural em Andradadas e Caldas e urbana de Poços de Caldas;
- construções antigas (antes de 1976);
- base da casa apoiada ao solo em ambas as áreas;
- mais de 11 anos de moradia no domicílio na área urbana;
- hábito de dormir com a janela fechada com maior evidência na área rural.

Perfil predominante dos domicílios com concentrações acima de 200 Bq/m³ - Andradas:

- residência na área rural;
- construções antigas (antes de 1976) em ambas as áreas;
- base da casa apoiada ao solo em ambas as áreas;
- mais de 11 anos de moradia na área urbana;
- hábito de dormir com a janela fechada com maior evidência na área rural.

Perfil predominante dos domicílios com concentrações acima de 200 Bq/m³ - Caldas:

- residência na área rural;
- construções antigas (antes de 1976) em ambas as áreas;
- base da casa apoiada ao solo, em ambas as áreas;
- mais de 11 anos de moradia, em ambas as áreas;
- hábito de dormir com a janela fechada com maior evidência na área rural.

Perfil predominante dos domicílios com concentrações acima de 200 Bq/m³ - Poços de Caldas:

- residência na área urbana;
- construções antigas (antes de 1976) na área rural;
- base da casa apoiada ao solo, em ambas as áreas;
- mais de 11 anos de moradia na área urbana
- hábito de dormir com a janela fechada com maior evidência na área rural.

Na área rural de Caldas observa-se a predominância de todas as opções de risco das variáveis analisadas: construções antigas (antes de 1976), base da casa apoiada ao solo, tempo de moradia mais de 11 anos, hábito de dormir com as janelas fechadas.

Ressalte-se que, por se tratar de uma análise descritiva, não é possível associar esses fatores às elevadas concentrações; por isso, é recomendável para essa finalidade a realização de estudos de desdobramento.

Para tanto foi realizada uma análise estatística complementar que pode ser consultada no Apêndice 2 deste relatório. Os cálculos mostram quais as variáveis e seus respectivos níveis de risco estão correlacionados com as medições acima de 200 Bq/m³, considerados os 577 domicílios com medições efetivadas.

Considerações

O presente estudo, ao identificar que 21% dos domicílios pesquisados apresentaram mais de uma concentração de radônio acima de 200 Bq/m³ e as suas principais características, possibilita que as condições de maior vulnerabilidade sejam conhecidas. A partir dessa orientação a vigilância em saúde poderá priorizar ações de prevenção e controle para os grupos de maior risco a esse tipo de exposição. De outro modo, é oportuno ressaltar que o real número de domicílios expostos às concentrações mais elevadas de radônio seja maior, visto que a amostra estatística permite expandir os resultados ao total de residências desses municípios.

O perfil dos domicílios expostos a concentrações elevadas está coerente com a literatura especialmente quanto ao expressivo número de ambientes fechados enquanto os moradores dormem e pelo predomínio da base da casa apoiada ao solo. Segundo a UNSCEAR (2000) entre os fatores de influência nas concentrações desse gás em ambientes fechados estão a taxa de ventilação e a concentração de radônio no solo. Outro agravante é o destaque das construções antigas nos resultados, fato que aumenta as chances de rachaduras e frestas que favorecem a emanção do radônio do solo. A combinação desses fatores pode potencializar o risco a esse tipo de exposição.

Destaque-se que as evidências encontradas na análise descritiva são confirmadas pelos cálculos estatísticos apresentados no Apêndice 2 (Estatística Complementar).

Os resultados encontrados evidenciam a importância das iniciativas que visem minimizar as elevadas concentrações observadas nos domicílios. Segundo Colgan *et al* (2008) uma campanha de mitigação deve alcançar dois objetivos: reduzir e limitar doses altas (risco individual) e reduzir doses médias (risco coletivo).

Este estudo faz parte de um conjunto de investigações e ações de um projeto maior de vigilância em saúde (vigilância do câncer e da exposição a radiação natural) na região do Planalto de Poços de Caldas. Com essa avaliação complementar, será possível informar a população sobre as principais condições de risco, monitorar os locais de maior vulnerabilidade, possibilitar hipóteses de estudos epidemiológicos de associação entre causa e efeito, elaborar estratégias de comunicação de risco, subsidiar a equipe de vigilância em saúde das Secretarias Municipais de Saúde sobre as ações prioritárias.

Pretende-se ainda replicar as etapas desse projeto em áreas semelhantes a essas no território brasileiro e construir, no decorrer dos trabalhos, a base de um programa nacional, focado no estabelecimento do nível de referência nacional.

A expectativa é que a divulgação desses resultados ao público promova um novo olhar sobre a necessária mudança de hábitos para a conquista de comportamentos saudáveis. Essas atitudes tão prioritárias na saúde humana quanto o respeito, o cuidado e a convivência com a natureza.

Recomendações

O documento *A Citizen's Guide Radon* (EPA, 1992; 2009) recomenda a repetição de medida acima de 370 Bq/m^3 para confirmar se os níveis de radônio são altos o bastante para justificar ações remediadoras. A coordenação do Projeto Poços de Caldas, atendendo ao Princípio da Precaução, realizará novas medições nos domicílios com pelo menos uma concentração acima de 200 Bq/m^3 .

De acordo o perfil apresentado pelos domicílios, medidas de prevenção dessa exposição perpassam por recomendações à população especialmente quanto à manutenção de casas arejadas, inclusive durante a noite. Essa recomendação pode reduzir o risco individual de exposição ao radônio, de acordo com vários autores, inclusive de estudos brasileiros, como Neman (2000), Neves *et al.* (2004), Da Silva (2005) e Corrêa (2008).

Torna-se também importante adotar medidas de redução do risco coletivo. Colgan *et al.* (2008) destacam ser possível reduzir a concentração média de radônio introduzindo práticas preventivas em novas construções. Com o tempo tais mudanças reduzem a dose média do radônio e diminuem o impacto à saúde das pessoas.

Essas medidas não esgotam todas as recomendações citadas pela literatura, mas é importante destacar a possibilidade dessa realização em curto prazo.

PARTE III – DOSE EFETIVA DA EXPOSIÇÃO POPULACIONAL À RADIAÇÃO NATURAL

CÁLCULO DA DOSE EFETIVA DA RADIAÇÃO NATURAL
NO PLANALTO POÇOS DE CALDAS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

REFERÊNCIAS

Esta parte do relatório é dedicada a integrar os resultados da radiação natural *indoor* e os da etapa anterior, que tratou da radiação natural gama do solo (ao ar livre) calculando a dose total típica recebida por um cidadão residente na região do Planalto Poços de Caldas e as considerações finais do projeto.

Os valores anteriormente adotados para a radiação cósmica quanto aos valores calculados para a radiação gama do solo necessitaram de ajustes com base em estudos recentemente trazidos à luz.

Exposição à radiação natural

A exposição de seres vivos à radioatividade ou à radiação ionizante a partir de fontes radioativas naturais é uma condição inexorável da existência da vida na terra. Existem dois contribuintes principais na exposição humana a essas fontes de radiação: (1) raios cósmicos provenientes do espaço sideral e (2) elementos radioativos naturais originados nos primórdios da formação do planeta Terra. Este último grupo é também chamado de isótopos radioativos naturais e fazem parte das séries radioativas naturais do potássio (K-40), urânio (U-238), tório (Th-232) e o actínio (U-235) presentes em solos, rochas, atmosfera, água e nos organismos dos seres vivos (UNSCEAR, 2000).

Radiação cósmica

Nosso planeta é bombardeado constantemente por partículas de alta energia com elevado poder de penetração, que se originam fora do Planeta Terra, uma parte no Sol e outra parte muito significativa fora do sistema solar. Esse fenômeno é denominado radiação cósmica ou raios cósmicos. Esses raios interagem com os núcleos dos elementos constituintes de nossa atmosfera gerando produtos secundários de reação, que também contribuem com a exposição dos seres vivos. Além disso, as interações com os elementos presentes na atmosfera produzem compostos radioativos conhecidos como radionuclídeos cosmogênicos, e os mais conhecidos são o H-3 e o C-14.

Segundo a UNSCEAR (2000), no nível do mar, os múons são a componente dominante dos raios cósmicos. Embora se observe um efeito da latitude (da ordem de 10%) a Comissão da ONU recomenda que seja considerada a dose anual de 270 $\mu\text{Sv}/\text{ano}$. Essa componente da radiação cósmica deve ser corrigida pela altitude, utilizando-se a equação proposta por Bouville and Lowder (1988):

$$\dot{E}_I(z) = \dot{E}_I(0)(0.21e^{-1.649z} + 0.79e^{0.4528z})$$

Onde:

$\dot{E}_I(0)$ é a taxa de dose ao nível do mar da componente I dos raios cósmicos (270 $\mu\text{Sv}/\text{a}$) e z é altitude em quilômetros.

A componente de nêutrons dos raios cósmicos contribui com uma taxa de dose de 80 $\mu\text{Sv}/\text{ano}$ ao nível do mar. O efeito de altitude é ainda mais elevado para essa componente dos raios cósmicos. As investigações indicam que a taxa de dose aumentaria por um fator de 2,1 entre o nível do mar e 900 m de altitude.

Na Tabela 29 são apresentados os níveis de exposição à radiação cósmica dos moradores de Andradas, Caldas e Poços de Caldas, calculados considerando suas altitudes de 900, 1100 e 1200 metros, respectivamente. Os valores oscilaram entre 0,53 mSv/ano em Andradas e 0,55 mSv/ano em Poços de Caldas.

Comparando com os valores apresentados pela UNSCEAR, pode-se verificar que os valores calculados para os municípios do Planalto Poços de Caldas são ligeiramente superiores à média

populacional mundial de 0,40 mSv/ano (UNSCEAR 2008). Essa diferença pode ser atribuída ao fato de que a maioria da população mundial reside em altitudes próximas ao nível do mar (UNEP 2013).

Radiação terrestre

No ambiente de convivência natural de seres vivos com a radioatividade, o corpo humano pode ser atingido pela radiação (oriunda dos elementos radioativos naturais) de duas maneiras: internamente, através da ingestão, da inalação ou da absorção pela pele e externamente, em decorrência da radiação recebida do meio ambiente, porque vivemos em um planeta naturalmente radioativo.

Assim, a dose é chamada de interna ou externa de acordo com o local em que se encontra a fonte da radioatividade – dentro ou fora do corpo. Devido ao baixo poder de penetração das radiações alfa e beta, pode-se afirmar que a dose externa causada por elas é desprezível.

Porém, a radioatividade gama tem alto poder de penetração e, ao incidir sobre um ser vivo, pode transferir para ele sua energia através de um fenômeno físico denominado ionização – daí o termo radiação ionizante. Destaca-se que as radiações alfa e beta também são denominadas ionizantes (UNSCEAR, 2000).

Exposição externa à radiação terrestre

A exposição externa ocorre devido à presença de radionuclídeos terrestres (das famílias do urânio, tório, actínio e potássio) presentes, em níveis de traços, principalmente no solo e em material de construção.

A primeira etapa desta pesquisa consistiu em mapear os níveis de exposição nos municípios de Andradas, Caldas, Poços de Caldas, Santa Rita de Caldas e Ibitiúra de Minas. O resultado dessa etapa da pesquisa foi divulgado em uma publicação intitulada:

Projeto Poços de Caldas - Pesquisa Câncer e Radiação Natural, que pode ser acessada na internet nos sites

<http://www.cnen.gov.br/lapoc/Projeto_pocos_de_caldas.pdf> ou

<http://www1.inca.gov.br/inca/Arquivos/Projeto_pocos_de_caldas.pdf>.

O equipamento de medição utilizado para avaliação da radiação gama do solo foi o FHT 1376, da marca Eberline, que utiliza um detector do tipo cintilador plástico de 5 litros. Embora tenha sido fabricado para fins de levantamentos radiométricos, não tem o objetivo de medir doses. Os resultados obtidos por Cavalcante (2012) mostram que as leituras do FHT 1376 no modo “Taxa de Dose” não avaliam a grandeza dosimétrica adequada, mas apenas realizam uma conversão entre unidades de medida. Portanto, é necessário aplicar o fator de conversão de dose absorvida no ar em Gy para dose efetiva em Sv. O valor desse fator para indivíduos adultos, adotado pela UNSCEAR (2008) é de 0,7 Sv/Gy. Com base nessas considerações as doses calculadas na primeira etapa do projeto, relativas à avaliação da radiação gama do solo, foram corrigidas por esse fator e são apresentadas na Tabela 29.

Pode-se notar que os valores de taxa de dose são da mesma ordem de grandeza do valor mundial de 0,50 mSv/ano, destacando-se o município de Poços de Caldas cujo valor foi de 0,69 mSv/ano.

Exposição interna decorrente da inalação de radônio e seus filhos

O radônio e seus filhos contribuem com a dose interna recebida pela população, realizada na segunda etapa deste projeto. Os resultados desta fase são apresentados na Tabela 29. As doses médias geométricas nos municípios oscilaram entre 1,49 mSv/ano a 3,14 mSv/ano e apresentaram o valor médio na região com peso populacional de 2,26 mSv/ano. Este último valor é superior ao valor médio mundial, que também foi calculado com peso populacional pela UNSCEAR em 1,20 mSv/ano (Tabela 7).

Dessa forma, observa-se que a dose interna decorrente da inalação do radônio é a principal componente da exposição da população do Planalto Poços de Caldas, além de ser o principal elemento que diferencia a dose encontrada nessa região daquela observada em outros países.

Embora o valor médio da região expressa na Tabela 21 (104 Bq/m³) seja similar ao nível de referência recomendado pela WHO 2009 (100 Bq/m³), identificaram-se algumas residências com concentrações mais elevadas, indicando a necessidade de políticas públicas para minimizar a exposição ao radônio e, conseqüentemente, seus efeitos à saúde. Destaca-se que essa recomendação é preconizada no *Basic Safety Standard* da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA, 2011).

Exposição interna decorrente da ingestão

Os elementos radiativos naturais podem estar presentes nos alimentos e na água, e a sua ingestão leva a uma dose interna. Essa componente da dose ainda não foi avaliada neste projeto de pesquisa. Assim, optou-se por apresentar o valor calculado pela UNSCEAR para a população mundial.

Tabela 29 – Componentes da dose efetiva com base populacional por município pesquisado no Planalto Poços de Caldas e o valor da dose efetiva mundial segundo UNSCEAR (2008)

			Dose efetiva (mSv/ano)										Mundial **
			Andradas			Caldas			Poços de Caldas			Todos	
			Geral	Urbano	Rural	Geral	Urbano	Rural	Geral	Urbano	Rural		
Fontes Naturais	Exposição Externa	Raios Cósmicos	0.53	-	-	0.54	-	-	0.55	-	-	0.54	0.40
		Gama terrestre *	0.38	0.38	0.37	0.46	0.50	0.41	0.69	0.69	0.60	0.50	0.50
	Exposição Interna	Inalação	1.82	3.14	1.49	2.27	3.06	1.67	2.41	1.97	2.42	2.26	1.20
		Ingestão	0.30	-	-	0.30	-	-	0.30	-	-	0.30	0.30
	Total Fontes Naturais		3.03			3.57			3.94			3.60	2.40

(*) Corrigido pelo fator 0,7

(**) UNSCEAR 2008

Fontes: Projeto Planalto Poços de Caldas, medições da radiação natural etapa 1, medições da radiação gama terrestre e etapa 2, medições da radiação *indoor*, 2004-2012; UNSCEAR 2008

Pode-se concluir desta pesquisa que a exposição da população da região investigada (3,60 mSv/ano) é superior ao valor apresentado pela UNSCEAR (2008) em nível mundial (2,40 mSv/ano), com destaque para o município de Poços de Caldas cujo valor é de 3,94 mSv/ano. É importante destacar que nos estudos desta Comissão diversos países também apresentam valores acima da média mundial.

Uma vez que a exposição decorrente da inalação de radônio é a principal componente da dose efetiva, recomenda-se que esforços sejam realizados visando minimizar as concentrações desse gás natural nos ambientes de convívio humano, aplicando as ações corretivas e preventivas preconizadas pela WHO 2009.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Projeto Planalto Poços de Caldas chega ao final com uma série de fases concluídas que permitem uma avaliação dos resultados alcançados.

Os estudos epidemiológicos motivaram a instalação de um Registro de Câncer de Base Populacional para monitoramento sistemático e permanente da incidência de câncer na população residente em Poços de Caldas fortalecendo a vigilância em saúde. A série histórica de cinco anos de acompanhamento (2007 a 2011) mostra a coerência das taxas de incidência com várias localidades de referência não estando entre as mais elevadas do País.

Os estudos da radiação natural compreendendo duas etapas sequenciais de medições, da radiação gama terrestre e das medições *indoor*, realizadas ao longo dos últimos dez anos propiciaram a construção de uma extensa base de dados e o cálculo da dose efetiva ponderada pela população. Os valores encontrados foram comparados com valores de outros países e com os valores recomendados pela Organização Mundial da Saúde e do Comitê Científico das Nações Unidas sobre os efeitos da Radiação Atômica. Os resultados evidenciam a necessidade de políticas públicas voltadas para ações preventivas e reguladoras do radônio porque é o principal componente da dose efetiva populacional na área estudada.

A comunicação com o público tem sido uma constante em todas as etapas vencidas seja em publicações científicas, materiais informativos, seja em eventos e reuniões. A participação da sociedade civil tem sido indispensável desde a concepção desse projeto como no apoio dado às ações nas várias etapas de sua execução especialmente verificada pela forte adesão dos moradores às medições em seus domicílios, um belo exemplo de cidadania e compromisso com a saúde pública. Ressalte-se que a motivação primária do projeto foi oferecer uma resposta às preocupações da população local a respeito dos casos de câncer na região, sua tendência e sua relação com a radioatividade natural.

Um dos fatores que garantiram o sucesso deste projeto foi a intersetorialidade. Estiveram envolvidos diretamente instituições de dois Ministérios: de Ciência e Tecnologia e da Saúde, e na área da Saúde, nos três entes federados, devidamente respeitadas as atribuições de cada nível de gestão do Sistema Único de Saúde (SUS), buscando garantir a participação de todos os atores sociais envolvidos na tomada de decisões para o gerenciamento das necessidades e futuramente dos riscos identificados.

A partir destes resultados é possível planejar e executar ações de vigilância em saúde relacionada ao câncer, monitorando seus fatores de risco devidos à radiação natural, bem como abrir caminho para a investigação de outros fatores.

COORDENAÇÃO GERAL DO PROJETO PLANALTO POÇOS DE CALDAS



Figura 34 – Equipe coordenadora do Projeto Planalto Poços de Caldas (da esquerda para direita), o físico Nivaldo Carlos da Silva (LAPOC/CNEN, 2009-2013), a epidemiologista Berenice Navarro Antoniazzi (PAV/SES-MG, 2004-2013), o físico Tarcísio Neves da Cunha (M. Saúde, 2005-2008 e consultor voluntário, 2009-2013), a epidemiologista Ubirani Barros Otero (INCA/M. Saúde, 2004-2013).



Figura 35 – (*in memoriam*) o engenheiro químico Moacir Cipriani foi membro da Comissão coordenadora do Projeto Planalto Poços de Caldas, como representante do LAPOC-CNEN, entre 2005-2008.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS¹

1. AMARAL, Eliana Corrêa da Silva. *Modificação da exposição à radiação natural devido a atividades agrícolas e industriais numa área de radioatividade natural elevada no Brasil*. Rio de Janeiro, 1992. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1992.
2. BILLON, S. *et al.* French population exposure to radon, terrestrial gamma and cosmic rays. *Radiation Protection Dosimetry*, v. 113, n. 3, pp. 314-320, 2005.
3. BOCHICCHIO, F. *et al.* Epidemiologic studies on lung cancer and residential exposure to radon in Italy and other countries. *Radiation Protection Dosimetry*. v. 78, pp. 33-38, 1998.
4. BOUVILLE, A.; LOWDER, W. M. Human-population exposure to cosmic-radiation. *Radiation Protection Dosimetry*, v. 24, n. 1-4, pp. 293-299, 1988.
5. BRAUNNER, E. V., RASMUSSEN, T. V, GUNNARSEN, L. Variation in residential radon levels in new Danish homes. *Indoor Air*, v. 23, n. 4, pp. 311-317, 2013.
6. BROWNE, E.; FIRESTONE, R.B. *Table of Radioactive Isotopes*. New York: Ed. Wiley, 1986.
7. BURKE, A.K. *et al.* Study of radon emanation from polymer-modified cementitious materials. *Building and Environment*. v. 38, pp. 1291-1295, 2003.
8. CAVALCANTE, Fernanda. *Avaliação das doses efetivas e efetivas coletivas da radiação natural na Região de Ribeirão Preto (SP)*. Ribeirão Preto, SP: 2012. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, 2012.
9. CLOUVAS, A. *et al.* Follow-up study of indoor radon in Greek buildings. *Radiation Protection Dosimetry*, 2013. doi: 10.1093/rpd/nct 133. Disponível em: <<http://www.ncbi.nih.gov/pubmed/23704362>>. Acesso em: 21 out. 2013.
10. CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear. Ministério da Ciência e Tecnologia. *NE 3.01. Diretrizes básicas de radioproteção (1998)*. Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas.asp>> . Acesso em: outubro de 2013.
11. COLGAN, P. A.; MCGARRY, A. T. Radon monitoring and control of radon exposure, *Ann. 12th International Congress of the International Radiation Protection Association*, Refresher Course 15, Buenos Aires, Argentina, 2008.
12. COLGAN, P. A; BOAL, T; CZARWINSKI R. Requirements relating to radon in the International Basic Safety Standards: Information Measurements and National Strategies. *Journal of Radiological Protection*. v. 43, pp. 41-50, 2013.
13. COHEN, BL & COLDITZ, GA. Test of the linear-no threshold theory for lung cancer induced by exposure to radon. *Environ Res*. v. 64, pp. 65-89, 1994.

¹ De acordo com o estilo APA - American Psychological Association.

14. COHEN BL. Test of the linear-no threshold theory of radiation carcinogenesis for inhaled radon decay products. *Health Phys.* v. 68, pp. 157–174, 1995.
15. CORRÊA, J. N. *Avaliação da concentração de gás radônio em ambientes de convívio humano na região metropolitana de Curitiba*. Curitiba, 2006. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2006.
16. CORRÊA, J. N. *Avaliação dos níveis de concentração de radônio em ambientes e águas de poços no estado do Paraná*. Paraná, 2011. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2011.
17. DARBY S *et al.* Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *British Medical Journal*. v. 330, n. 7485, pp. 223-227.
18. DA SILVA, Almy Anacleto Rodrigues. *Radônio e filhos em residências da cidade de São Paulo*. São Paulo, 2005. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2005.
19. DEPARTMENT FOR ENVIRONMENTAL FOOD AND RURAL AFFAIRS. Randon and your health. *National Radiological Protection Board*, United Kingdom, 2003.
20. DUARTE, Karina Cavalcante (IC); CYMROT, Raquel (Orientadora). *Análise de Fidelização de clientes utilizando Regressão Logística*. Universidade Presbiteriana Mackenzie, VII Jornada de Iniciação Científica, 2011. Disponível em: <http://www.mackenzie.com.br/fileadmin/Pesquisa/.../karina_cavalcante.pdf>.
21. EISENBUD M & GESSEL, T. *Environmental radioactivity from natural, industrial and military sources*. ed. 4. California, USA: Academic Press, 1997.
22. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Indoor radon and radon decay product measurements device protocols*. v. 402, p. R-92-004, 1992.
23. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Protocols for radon and radon decay product measurements in home*. v. 40. p. R-92-003, 1993.
24. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *National primary drinking water regulations; radionuclides*. Final rule. Washington, D.C; v. 65, n. 236, 2000.
25. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *A Citizens Guide Radon. 2009. The guide to protection yourself and your family from radon*. Disponível em: <<http://www.epa.gov/radon/pubs/citguide.html>>. Acesso em: 15 mar. 2013.
26. Google Earth 7.1.1.1888. Google Inc. 2013.
27. FIELD, RW. A review of residential radon case-control epidemiologic studies performed in the United States. *Reviews on Environmental Health*. v. 16, n. 3, pp . 151–167, 2001.

28. FIOR, L. *Análise da concentração de radônio proveniente de materiais de construção*. Curitiba, 2008. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Curitiba, 2008.
29. HEALTH PROTECTION AGENCY. Radon and Public Health. *Report of the independent Advisory Group on Ionizing Radiation*, 2009.
30. HENSHAW, DL, EABUGH, JP, RICHARDSON, RB. 1990. Radon as a causative factor in induction of nyleoid leukaemia and other cancer. *The Lancet*, v. 335, pp. 1008-1012.
31. HULQVIST, B. Studies on Naturally Occurring Ionizing Radiations, Kungl. *Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar*, Ser4, Band 6, Nr 3, Stockholm, Sweden, 1956.
32. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico, 2000 e 2010; malha digital. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2000. Disponível em <www.ibge.gov.br>
33. INCA. Instituto Nacional do Câncer José Alencar Gomes da Silva, SisBasepop web. Disponível em: <<http://www.inca.gov.br>>.
34. INCA, Instituto Nacional de Câncer, *Câncer no Brasil – dados dos Registros de Base Populacional*, Brasil, v. IV, 2010.
35. INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. *Man-made mineral fibers and radon*. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. v. 43, pp. 39-171, 1988.
36. INTERNACIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Radiation protection and safety of radiation sources*. International Basic Safety Standards: general safety requirements, 2011.
37. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION PROTECTION. Radionuclide Transformations. Energy and Intensity of Emissions. *Ann. ICRP*. New York, ICRP Publication 38, v. 11-13, 1983.
38. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION PROTECTION. Protection against radon-222 at home and at work. *Ann. ICRP*. ICRP Publication 65, v. 23. n. 2, 1993.
39. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION PROTECTION. Low-dose extrapolation of radiation related cancer risk. *Ann. ICRP*. v. 35, n. 4, 2005.
40. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION PROTECTION. Radiation dose to patients from radio pharmaceuticals. *Ann. ICRP*. ICRP Publication 106, v. 38, n. 1-2, 2008.
41. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION PROTECTION. Lung cancer risk from radon and progeny and statement on radon. ICRP Publication 115. *Ann. ICRP*. New York, 2010.
42. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION PROTECTION. Application of the commission's recommendations for the protection of people in emergency exposure situations. *Ann. ICRP*. ICRP Publication 109, v. 39, n. 1, 2009.

43. MAGNANI, R. R. A lógica da determinação do tamanho da amostra em investigações epidemiológicas. *Cadernos Saúde Coletiva*, v. 8, n. 2, pp. 9-28, 2000.
44. MapInfo Professional. Software para análise espacial. Disponível em: <www.MapInfo.com>.
45. MELO, V. P. *Avaliação da concentração de radônio em residências do município de Monte Alegre-PA*. Rio de Janeiro, 1999. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1999.
46. MENZLER, S. *et al.* Population attributable fraction for lung cancer due to residential radon in Switzerland and Germany. *Health Phys*, v. 95, n. 2, p. 179-189, 2008.
47. MILES J. C. H. *et al.* *Indicative atlas of radon in England and Wales*. Ed. HPA-RPD. Chilton, Didcot, Oxfordshire, UK, 2007. 29 pp.
48. NATIONAL CANCER INSTITUTE. Radon and Cancer. *Facts Sheet, 2011*. Disponível em: <<http://www.cancer.gov/cancertopics/factsheet/Risk/radon>>. Acesso em: 19 out. 2013.
49. NATIONAL RADIOLOGICAL PROTECTION BOARD. Disponível em: <www.nrp.org>.
50. NEMAN, R. S. *Medida separada de radônio-222 e de seus filhos no ar: monitoração na cidade de Poços de Caldas - MG e comparação de atividades envolvendo 2 outras técnicas de medida de Rn-222 no ar Campinas*. Campinas, SP: 2000. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, 2000.
51. NEVES, L. F.; PEREIRA, A. C. Radioatividade natural e ordenamento do território: o contributo das Ciências da Terra. *Geonovas*. n. 18, pp.103-114, 2004.
52. OMS, Organização Mundial da Saúde. CID-10, Classificação Nacional das Doenças, 10ª revisão, v. 3, 2004.
53. PLANINIÉ, J. *et al.* Indoor radon dose assessment for Osijek. *Journal of Environmental Radioactivity*. v. 44, pp. 97-106, 1999.
54. PERSHAGEN G; AKERBLOM G, AXELSON O, *et al.*, 1994. Residential radon exposure and lung cancer in Sweden. *N Engl J Méd.*, v. 330, n. 3, pp. 159-164, 1994.
55. Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva – Universidade Federal do Maranhão. Apostila de Regressão Logística. Disponível em: <<http://www.pgsc.ufma.br/arquivos/apostilaregressaologica.pdf>>.
56. QUEVEDO-SILVA, Filipe; LIMA-FILHO, Dario de Oliveira; SAUER, Leandro; REINERT, José Nilson. Fatores discriminantes no grau de satisfação de estudantes de Administração. *Revista de Economia e Administração*, v. 11, n. 1, p. 28-45, jan./mar. 2012. Disponível em: <<http://www.spell.org.br/documentos/download/7336>>.
57. RAGGIO, RL & MAGNANNI MMF. A lógica da determinação do tamanho da amostra em investigações epidemiológicas. *Cadernos Saúde Coletiva*, v. 8, n. 2, p. 9-28.

58. RCBP. Registro de Câncer de Base Populacional de Poços de Caldas. Disponível em <<http://www.inca.gov.br>>
59. RIO DOCE, A. P. C. *Determinação da taxa de exalação de ^{222}Rn em materiais de construção*. Rio de Janeiro, 1997. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1997.
60. SACHET, I. *Caracterização da radiação gama ambiental em áreas urbanas utilizando uma unidade móvel de rastreamento*. Rio de Janeiro, 2002. Apresentada originalmente como tese de doutorado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2002.
61. SANTOS, T. O. *Distribuição da concentração de radônio em residências e outras construções da Região Metropolitana de Belo Horizonte*. Belo Horizonte, 2010. Apresentada originalmente como dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 2010.
62. SECRETARIA DE ESTADO DE SAÚDE DE MINAS GERAIS. *Projeto Planalto Poços de Caldas: Pesquisa câncer e radiação natural – Minas Gerais, Brasil 2004-2009*. v. 1. ed. Minas Gerais, 2009.
63. SECRETARIA DE ESTADO DE SAÚDE DE MINAS GERAIS. *Situação do Câncer em Minas Gerais e suas Macrorregiões de Saúde*. v. 1, 2013.
64. SRTM. Shuttle Radar Topography Mission. Jet Propulsion Laboratory. Pasadena California, 2007. Disponível em: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>>.
65. TerraView. São José dos Campos, SP: INPE, 2010. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/terraview>.
66. THE ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. *Environmental performance reviews: Finland, 2009*, 231 pp.
67. TOMASEK, L. *et al.* Czech study on lung cancer and residential radon. *Epidemiology*, v. 12, n. S73, 2001.
68. UNEP 2013. United Nations Environmental Program. Cities and Coastal Areas. UNEP, 2013. Disponível em: <www.unep.org/urban_environment/issues/coastal_zones.asp>.
69. UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION. *Sources and effects of ionizing radiation, report to the general assembly with scientific annexes*. Austria, Vienna, 1988.
70. UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION. *Sources and effects of ionizing radiation*. Anexo A. UNSCEAR Report to the United Nations General Assembly. Austria, Vienna, 1993.
71. UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION. *Sources and effects of ionizing radiation, report to the general assembly with scientific annexes*. Vienna, Austria, 2000.

72. UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION. *Effects of Ionizing Radiation*. Anexo E. UNSCEAR Report to the United Nations General Assembly. Vienna, Austria, 2006.
73. UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION. *Sources and effects of ionizing radiation, report to the general assembly with scientific annexes*. Vienna, Austria, 2008.
74. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. NATIONAL CANCER INSTITUTE. Reducing Environmental Cancer Risk – What We Can Do Now. *2008-2009 Annual Report*. Presidente Cancer Panel. 2010, 240 pp.
75. VEIGA, L. H. S. *et al.* Preliminary indoor radon risk assessment at the Poços de Caldas Plateau, MG – Brazil. *Journal of Environmental Radioactivity*, v. 70, pp. 161-176, 2003.
76. VILLALOBOS, A. P. O. *Medidas do coeficiente de difusão do rn-222 através de tintas usadas na construção civil*. Campinas, 1991. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 1991.
77. WALTER, Silvana Anita; GOMES, Liliane; FREGA, José Roberto; TONTINI, Gérson; SILVA, Wesley Vieira da. Lealdade de estudantes: Um modelo de regressão logística. *R. Adm. FACES Journal*, Belo Horizonte, v. 10, n. 4, p. 129-151, set./dez. 2010. ISSN 1984-6975 (online) / ISSN 1517-8900 (Impressa). Disponível em: <<http://www.fumec.br/revistas/index.php/facesp/article/download/194/191>>.
78. WORLD HEALTH ORGANIZATION. *World Cancer Report*. IARC Press, Lyon, 2003.
79. WORLD HEALTH ORGANIZATION. *International Radon Project: Survey on Radon Guidelines, Programmes and Activities*. Final Report. Geneva, 2007.
80. WORLD HEALTH ORGANIZATION. *WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Prospective*. France, 2009.

APÊNDICE 1 – MATERIAIS PRODUZIDOS

QUESTIONÁRIOS (1ª e 2ª Campanhas)

MANUAL DE CAMPO

TERMO DE CONSENTIMENTO

CARTAS AO MORADOR (MODELOS A, B, C)

FOLDER E CARTILHA

QUESTIONÁRIOS

Questionário da 1ª campanha

Questionário da 2ª campanha

MINISTÉRIO DA SAÚDE
INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA
COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR
SECRETARIA DE ESTADO DE SAÚDE DE MINAS GERAIS
SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE DE ANDRADAS
SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE DE CALDAS
SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE DE POÇOS DE CALDAS



QUESTIONÁRIO 1ª CAMPANHA

“Avaliação dos níveis de radiação no interior de residências de três municípios do Planalto de Poços de Caldas – Minas Gerais”

2011

QUESTIONÁRIO 1ª CAMPANHA (Continuação)

1. Há quanto tempo o senhor (a) mora neste domicílio?

|_|_| anos ____ meses 99. I_I NS/NR 88. |_| desde que nasceu

2. Quantas pessoas moram neste domicílio?

|_|_| Moradores 99. I_I NS/NR

3. Quantos cômodos tem este domicílio?

(ATENÇÃO: Não considerar a varanda ou corredor como sendo um cômodo e incluir banheiro como cômodo)

|_|_| Cômodos 99. I_I NS/NR

4. Atualmente, quantos cômodos estão servindo permanentemente para dormir?

|_|_| Cômodos 99. I_I NS/NR

5. Atualmente, quantos banheiros de uso exclusivo existem dentro de seu domicílio?

|_|_| Banheiros 99. I_I NS/NR

6. O (a) sr(a) possui estes itens em seu domicílio?

LEIA AS ALTERNATIVAS. ATENÇÃO! NÃO DEIXE ALTERNATIVAS EM BRANCO

6.1. RÁDIO?	0. I_I SIM	1. I_I NÃO	9.I_I NS/NR
6.2. TELEVISÃO?	0. I_I SIM	1. I_I NÃO	9.I_I NS/NR
6.3. MÁQUINA DE LAVAR ROUPA?	0. I_I SIM	1. I_I NÃO	9.I_I NS/NR
6.4. GELADEIRA?	0. I_I SIM	1. I_I NÃO	9.I_I NS/NR
6.5. TELEFONE CELULAR?	0. I_I SIM	1. I_I NÃO	9.I_I NS/NR
6.6. TELEFONE FIXO?	0. I_I SIM	1. I_I NÃO	9.I_I NS/NR
6.7. MICROCOMPUTADOR?	0. I_I SIM	1. I_I NÃO	9.I_I NS/NR
6.8. ACESSO À INTERNET?	0. I_I SIM	1. I_I NÃO	9.I_I NS/NR
6.9. MOTOCICLETA PARA USO PARTICULAR?	0. I_I SIM	1. I_I NÃO	9.I_I NS/NR
6.10. AUTOMÓVEL PARA USO PARTICULAR?	0. I_I SIM	1. I_I NÃO	9.I_I NS/NR

7. Que tipo de parede tem seu domicílio?

LEIA AS ALTERNATIVAS. ATENÇÃO! MARQUE APENAS UMA ALTERNATIVA.

1. |_| Alvenaria com revestimento

2. |_| Alvenaria sem revestimento

3. |_| Madeira apropriada para construção

4. |_| Taipa revestida

5. |_| Taipa não revestida

6. |_| Outro: _____ |_|_| (CODIFICAÇÃO POSTERIOR)

9. |_| NS/NR

QUESTIONÁRIO 1ª CAMPANHA (Continuação)

8. Que tipo de revestimento do piso tem dentro de seu domicílio?

LEIA AS ALTERNATIVAS. ATENÇÃO! MARQUE APENAS UMA ALTERNATIVA.

1. I__I Piso revestido (cerâmica, concreto/cimento, madeira, lajota, tijolo, azulejo)

2. I__I Piso de terra batida

3. I__I Ambos os tipos de piso

4. |__| Outro: _____ I__I_I (CODIFICAÇÃO POSTERIOR)

9. I__I NS/NR

9. Para onde vai o lixo de seu domicílio?

LEIA AS ALTERNATIVAS. ATENÇÃO! NÃO DEIXE ALTERNATIVAS EM BRANCO

1 É RECOLHIDO PELO LIXEIRO	0. I__I SIM	1. I__I NÃO	9.I__I NSNR
2 É COLOCADO NA CAÇAMBA	0. I__I SIM	1. I__I NÃO	9.I__I NS/NR
3 É ENTERRADO/QUEIMADO	0. I__I SIM	1. I__I NÃO	9.I__I NS/NR
4 É JOGADO A CÉU ABERTO	0. I__I SIM	1. I__I NÃO	9.I__I NS/NR
5 O LIXO ORGÂNICO É DADO PARA OS ANIMAIS E/ OU VIRA ADUBO PARA AS PLANTAS	0. I__I SIM	1. I__I NÃO	9.I__I NS/NR

10. Como é o abastecimento de água em seu domicílio?

LEIA AS ALTERNATIVAS. ATENÇÃO! MARQUE APENAS UMA ALTERNATIVA.

1. I__I Água encanada dentro de casa (rede geral de abastecimento)

2. I__I Água encanada fora de casa (rede geral de abastecimento)

3. I__I Poço ou nascente na propriedade

4. I__I Poço ou nascente fora da propriedade

5. I__I Água da chuva armazenada em cisterna

6. |__| Água da chuva armazenada de outra forma

7. |__| Carro-pipa

8. I__I Outro: _____ I__I_I (CODIFICAÇÃO POSTERIOR)

9. I__I NS/NR

QUESTIONÁRIO 1ª CAMPANHA (Continuação)

11. Como é a rede de esgoto em seu domicílio?

LEIA AS ALTERNATIVAS. ATENÇÃO! MARQUE APENAS UMA ALTERNATIVA.

1. Rede geral de esgoto ou pluvial
2. Fossa rudimentar (não tratada ou poço negro)
3. Fossa séptica (tratada)
4. Vai para o rio, lago ou córrego
5. Céu aberto/vala
6. Outro: _____ I_I_I (CODIFICAÇÃO POSTERIOR)
9. NS/NR

12. O seu domicílio é?

1. Não geminado
2. Geminado (possui duas paredes em comum com outras casas)
3. Semigeminado
4. Apartamento
9. NS/NR

13. Como é a base de seu domicílio?

1. Apoiada ao solo
2. Suspensa
3. Mista
4. Sobre um porão
9. NS/NR

14. O(a) senhor(a) dorme com a janela do seu quarto aberta?

1. Sempre
2. Normalmente
3. Algumas vezes
4. Nunca
9. NS/NR

15. O seu domicílio é térreo?

1. Sim
2. Não
9. NS/NR

QUESTIONÁRIO 1ª CAMPANHA (Continuação)

16. O seu domicílio é?

1. Próprio
2. Alugado
3. Cedido
4. Outro: _____
- 9 NS/NR

17. Quando ele foi construído?

1. Antes de 1900
2. 1900-1919
3. 1920-1944
4. 1945-1964
5. 1965-1976
6. 1977-1992
7. 1993-2000
8. Depois de 2000
9. Desconhece a data

18. O pavimento térreo de seu domicílio é de apenas um nível?

1. Sim 2. Não 9 NS/NR

AMBIENTES ONDE FORAM INSTALADOS OS DETECTORES

19. Como foi construído o alicerce de seu domicílio?

Área de estar

1. Sólido
2. Suspenso
- 9 NS/NR

Dormitório

1. Sólido
2. Suspenso
- 9 NS/NR

20. Em qual pavimento está localizado o detector?

Área de estar

1. Porão
2. Térreo
3. 1º andar
4. 2º andar
5. 3º andar (ou acima)
- 9 NS/NR

Dormitório

1. Porão
2. Térreo
3. 1º Andar
4. 2º Andar
5. 3º Andar (ou acima)
- 9 NS/NR

QUESTIONÁRIO DA 2ª CAMPANHA

AValiação DOS NÍVEIS DE RADIAÇÃO NO INTERIOR DE RESIDÊNCIAS DE 3 MUNICÍPIOS DO PLANALTO DE POÇOS DE CALDAS

DADOS DA 1ª CAMPANHA

MUNICÍPIO: _____	QUADRÍCULA: _____	ZONA: _____
ENDEREÇO: _____		
NOME MORADOR: _____		
TELEFONE FIXO: _____	CELULAR: (____) _____-_____	
DATA DA INSTALAÇÃO DOS DOSÍMETROS DA 1ª CAMPANHA: _____		
LOTE: _____	IDENTIFICAÇÃO SALA Nº: _____	IDENTIFICAÇÃO QUARTO Nº: _____
NOME DO ENTREVISTADOR DA 1ª CAMPANHA: _____		

ESPAÇO ADMINISTRATIVO – 2ª CAMPANHA

Espaço do agente de campo

Caro agente, ao entregar o questionário e os dosímetros desse domicílio na SMS, solicitamos providenciar o preenchimento abaixo

NOME DO AGENTE: _____ CELULAR: _____

NOME LEGÍVEL DA PESSOA DA SMS QUE RECEBEU DO AGENTE, O QUESTIONÁRIO E OS DOSÍMETROS DESSE DOMICÍLIO

NOME: _____ DATA: ____/____/2012

Espaço do coordenador municipal

Caro coordenador municipal, favor preencher

Data da sua conferência do material de campo (questionário e dosímetros) entregue pelo agente na SMS ____/____/2012

Identificação da pessoa da CNEN que recebeu os dosímetros da SMS

NOME LEGÍVEL: _____ FUNÇÃO: _____

DATA: ____/____/2012

Serviço feito a contento (assinatura do coordenador municipal do inquérito e data)

_____, em ____/____/2012

SENHOR COORDENADOR MUNICIPAL, FAVOR ENVIAR ESTE QUESTIONÁRIO À SUPERVISÃO ESTADUAL SOMENTE APÓS O PREENCHIMENTO DE TODOS OS CAMPOS, INCLUSIVE ESPAÇO ADMINISTRATIVO



MANUAL DE CAMPO

MANUAL DE CAMPO

AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RADIAÇÃO NO INTERIOR DE RESIDÊNCIAS DE 3 MUNICÍPIOS DO PLANALTO DE POÇOS DE CALDAS - MANUAL DA 2ª CAMPANHA

ASPECTOS PRELIMINARES

O que é a 2ª campanha

É a etapa planejada para a troca dos dosímetros (ou detectores/medidores) dos domicílios participantes do projeto e atualização dos dados.

Por que os dosímetros serão trocados

Conforme já informado no treinamento inicial, os dosímetros instalados em cada campanha permanecerão nos domicílios durante 2 estações. Na 1ª campanha as medições registradas são referentes a primavera/verão e a 2ª campanha a outono/inverno.

Observação: *O tempo máximo entre a data de retirada dos dosímetros e a respectiva chegada na CNEN é de 3 dias. Portanto, é preciso que a coordenação local esteja organizada para o envio urgente desse material ao seu destino.*

Justificativa: *Os dosímetros retirados continuarão a registrar medições onde estiverem, e esse processo somente será interrompido após o tratamento químico (ou revelação) na CNEN.*

Fatores facilitadores da 2ª campanha

- Os números da 1ª campanha já são conhecidos e, assim, é possível planejar melhor e otimizar o trabalho de campo da segunda etapa.
- Os domicílios participantes foram definidos na 1ª campanha pela adesão dos moradores (termo de consentimento), e todos têm questionários realizados e dosímetros instalados.

Cálculo global da 2ª campanha (3 municípios)

Serão realizadas **623 visitas domiciliares** (de acordo a cobertura domiciliar alcançada na 1ª campanha).

Dessa forma, na 2ª campanha **estarão em trâmite 2.492 dosímetros*** (1.246 que serão recolhidos e 1.246 novos que serão instalados)

**Cálculo: 4 dosímetros por residência (2 por campanha)*

Por município os números são os seguintes:

Andradas

167 domicílios e 668 dosímetros (334 p/ recolher e 334 novos p/ instalar)

Caldas

141 domicílios e 564 dosímetros (282 p/ recolher e 282 novos p/ instalar)

Poços de Caldas

315 domicílios e 1.260 dosímetros (630 p/ recolher e 315 novos p/ instalar)

Material de campo

COORDENADOR MUNICIPAL

Uma Planilha Controle dos Dosímetros

10 recibos para controle da entrega dos dosímetros na CNEN (se em quantidade não suficiente, poderá ser reproduzido na SMS)

Duas (2) caixas para depósito dos envelopes com os dosímetros recolhidos e transporte ao CNEN

AGENTE DE CAMPO

Uma *Listagem do Agente de Campo* (por agente da 1ª campanha)

Uma *Cartilha Passo a Passo da 2ª campanha* (Manual)

Por domicílio

Um questionário personalizado (do domicílio)

Dois (2) novos dosímetros (lacrados e numerados pela CNEN) p/ substituição dos anteriores

Um envelope etiquetado com dados do domicílio para a guarda dos 2 dosímetros da 1ª campanha que serão recolhidos no domicílio

Preparação do campo pela coordenação municipal

Caberá ao coordenador municipal realizar o planejamento e organizar o trabalho de campo no município. Inicialmente, sugerimos checar os seguintes itens:

1- Material de campo:

a) responsabilidade da supervisão estadual: questionários personalizados (e alguns extras em branco) e respectivos envelopes etiquetados, planilha do coordenador (todos os domicílios participantes) e planilhas individuais (por agente de campo);

(b) da CNEN os novos dosímetros numerados e lacrados; (c) entregar o material de campo aos entrevistadores.

2- Definir a equipe e distribuir os agentes preferencialmente nos mesmos domicílios da 1ª campanha (objetivo: facilitar o contato no domicílio e agilizar o campo).

3- Consultar a planilha de controle dos dosímetros para:

(a) organizar o trabalho de campo (*vide ordenação das quadrículas em ordem crescente*) e

(b) acompanhar o desempenho dos agentes de campo

(c) acompanhar o fluxo dos medidores do campo a CNEN (*atenção ao prazo máximo de 3 dias entre a retirada dos dosímetros e a respectiva chegada na CNEN*).

4- Realizar a indicação prévia das pessoas da SMS que serão responsáveis por:

(a) no período da manhã, em receber dos agentes o material do campo realizado no dia anterior (questionários e os dosímetros), conferir e guardar em local apropriado (definido pelo coordenador).

(b) no período da tarde do mesmo dia, para transportar os dosímetros ao CNEN e anotar na planilha controle dos dosímetros os dados da pessoa receptora na CNEN, função e data da entrega.

(d) responder pelo coordenador municipal, em sua ausência, pela:

- conferência e preenchimento do questionário no espaço reservado para o coordenador municipal, assinando e dando providências do envio do mesmo à supervisão estadual

- atualização dos dados da planilha de controle dos dosímetros desse município.

5- Definir junto à supervisão estadual a data do início do campo (o primeiro dia para treinamento da equipe e o campo deverá iniciar no dia seguinte).

AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RADIAÇÃO NO INTERIOR DE RESIDÊNCIAS DE 3 MUNICÍPIOS DO PLANALTO DE POÇOS DE CALDAS - MANUAL

CARTILHA PASSO A PASSO DA 2ª CAMPANHA

Após a preparação do campo e distribuição dos instrumentos de pesquisa (questionários, novos dosímetros, planilhas, etc.) propõe-se o seguinte passo a passo a partir da visita domiciliar e conforme o fluxograma apresentado a seguir.

**O município poderá alterar o passo a passo proposto, de acordo a sua rotina, desde que atenda os prazos e o controle de qualidade. O objetivo é promover a dinâmica de interação dos diversos atores e ações institucionais.*

a) Agente de Campo

- **na mesma visita domiciliar-**

1 - preencher os dados do questionário personalizado* do domicílio

2 - recolher os 2 dosímetros instalados na 1ª campanha e guardá-los no envelope com a etiqueta do domicílio.

3 - no mesmo local dos anteriores, instalar os 2 novos dosímetros

4 - conferir a concordância dos números dos dosímetros recolhidos com os números de identificação no questionário, na etiqueta do envelope e na planilha do agente. Se discordante, acertar de acordo o número do medidor.

5 - dar a baixa da visita realizada na planilha do agente, preenchendo a data da retirada dos dosímetros da 1ª campanha

- **no dia seguinte (pela manhã) -**

6 - o agente de campo entrega na SMS (ao responsável indicado pelo coordenador) os questionários realizados e os envelopes com os dosímetros retirados no dia anterior.

7 - no ato da entrega o agente realiza a última anotação no questionário - **SEMPRE** preencher o campo denominado Espaço administrativo do agente, o nome da pessoa da SMS que recebeu o material de campo e datar

8 - pedir o visto do receptor da SMS no espaço administrativo do agente, após o nome legível

9 - verificar se o responsável da SMS guardou os envelopes dos dosímetros recolhidos na caixa específica para guarda e transporte ao CNEN e os questionários no local apropriado para essa finalidade

b) do Coordenador Municipal (ou substituto)

10 - conferir o material entregue na SMS (questionários e dosímetros) e anotar na planilha do coordenador a data da retirada do dosímetro (vide nº de identificação) e o agente responsável

11 - preencher o recibo de entrega na CNEN com os seguintes dados: município, total de dosímetros entregues pela SMS, data da entrega na CNEN, nome legível do receptor na CNEN (e função, telefone)

12 - liberar a caixa com os dosímetros para ser enviada ao CNEN e orientar a pessoa responsável por esse transporte para pedir o preenchimento e visto da CNEN no recibo.

13 - receber o recibo com visto da CNEN e preencher o campo espaço do coordenador municipal do questionário (identificação da CNEN)

14 - realizar a conferência final do questionário, assinar o campo de serviço a contento e providenciar o respectivo envio à supervisão estadual

15 - efetivar a baixa da visita da 2ª campanha na planilha do coordenador municipal de controle dos dosímetros, completando os campos de data de entrega ao CNEN, receptor CNEN e função.

c) da Supervisão estadual

16 - conferir os questionários e realizar o controle de qualidade

17 - realizar as orientações à coordenação municipal nas dificuldades detectadas

18 - dar suporte à coordenação local nas revisitas necessárias

19 - encaminhar o questionário para digitação no INCA

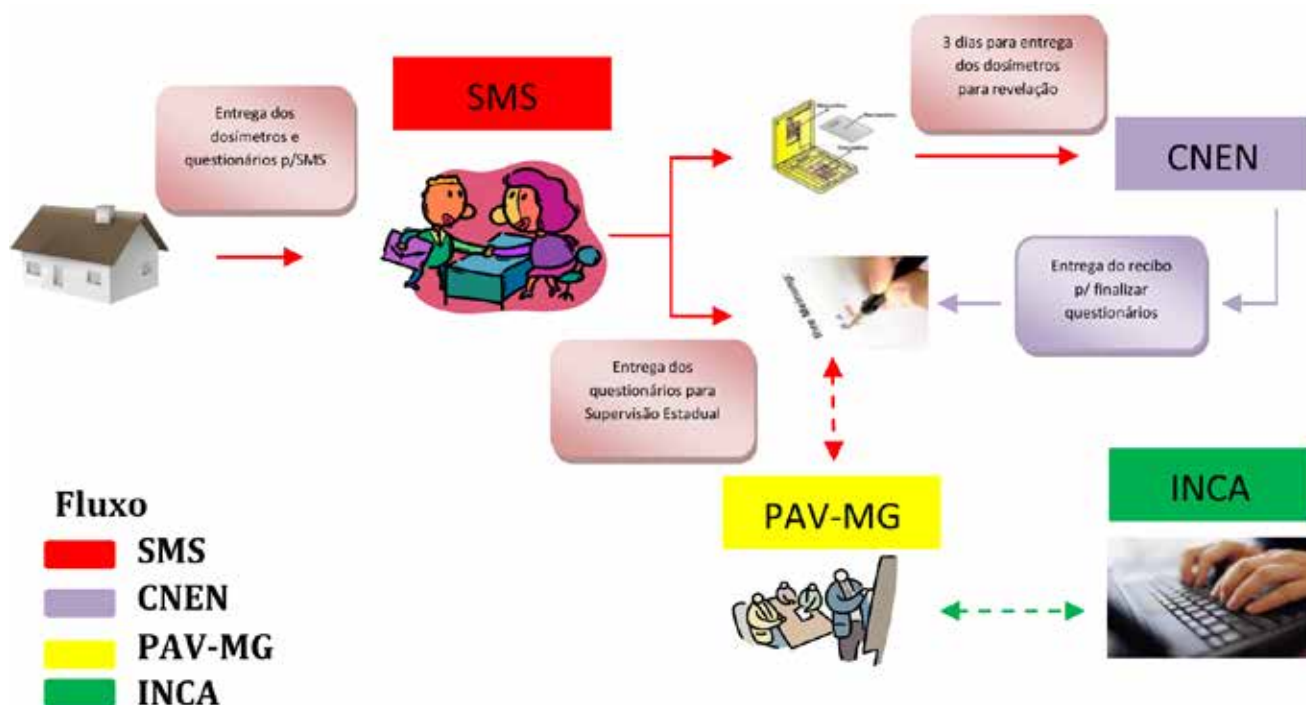
20 - realizar relatórios parciais, se preciso

21 - realizar relatório da etapa

22 - realizar controle de qualidade dos dados digitados no INCA

23 - intervir com as instituições parceiras para facilitar o processo, discussão/solução dos problemas e agilizar prazos.

FLUXOGRAMA DO TRABALHO DE CAMPO – 2ª CAMPANHA



ANEXO 1 - SUGESTÃO DE MODELO DO RECIBO

*AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RADIAÇÃO NO INTERIOR DE RESIDÊNCIAS DE
3 MUNICÍPIOS DO PLANALTO POÇOS DE CALDAS*

RECIBO DE CONFERÊNCIA DOS DOSÍMETROS ENTREGUES NA CNEN PELA SMS

MUNICÍPIO: _____

NOME LEGÍVEL DO (A) RECEPTOR (A) DA CNEN:

FUNÇÃO NA CNEN _____

Nº TOTAL DE DOSÍMETROS ENTREGUES (por extenso): _____

(Observação: são 2 dosímetros por envelope)

DATA DE ENTREGA NA CNEN: __/__/201__

NOME LEGÍVEL DO (A) RESPONSÁVEL DA SMS PELO TRANSPORTE DOS DOSÍMETROS AO CNEN

FUNÇÃO _____

TERMO DE CONSENTIMENTO

AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RADIAÇÃO NO INTERIOR DE RESIDÊNCIAS DE TRÊS MUNICÍPIOS DO PLANALTO DE POÇOS DE CALDAS – MINAS GERAIS

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Senhor morador,

Em continuidade ao projeto do Planalto Poços de Caldas, a Secretaria de Saúde do seu município, em conjunto com o Instituto Nacional do Câncer – INCA, a Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais – PAV/SES e a Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, através de seu Laboratório de Poços de Caldas – LAPOC está desenvolvendo um trabalho de medida e avaliação dos níveis de radiação domiciliar na região do Planalto de Poços de Caldas.

Este projeto está sendo realizado em três municípios do Planalto de Poços de Caldas: Andradadas, Caldas e Poços de Caldas.

Sua residência foi selecionada no sorteio, dessa forma contamos com a gentileza em participar deste projeto. A sua participação é importante, pois permitirá conhecer os reais níveis de radiação natural a que a população de seu município está exposta; aliás, a radiação está presente em todos os ambientes, dentro ou fora das residências.

No entanto, para que você possa decidir se quer participar ou não, precisa conhecer algumas informações.

Objetivos:

Avaliar a concentração de radônio-222 e seus filhos e a taxa de dose de radiação externa ao corpo humano no interior de residências localizadas nos municípios de Andradadas, Caldas e Poços de Caldas, localizados no Planalto de Poços de Caldas.

Definição de termos:

Radônio e seus filhos: O radônio-222 é um gás nobre, emissor de partículas de radiação e permanece nesse formato no meio ambiente por aproximadamente 4 dias. Em cada emissão o radônio se transforma em outro componente radioativo. Essa transformação chamada de decaimento produz uma série de outros produtos igualmente radioativos, chamados de filhos do radônio.

Taxa de dose de radiação externa: O corpo humano pode ser atingido pela radiação de duas maneiras: internamente, através da ingestão, da inalação ou da absorção pela pele, e externamente, em decorrência da radiação recebida do meio ambiente, porque vivemos em um planeta naturalmente radioativo. A dose é a quantidade de radiação recebida (interna ou externa) de acordo com o local – dentro ou fora do corpo. Taxa de dose é a maneira como essa dose é distribuída ao longo do tempo.

Procedimentos do estudo

Será necessário que você autorize a colocação de dois conjuntos de medidores, um na sala e outro num dos quartos, que devem permanecer no mesmo lugar por um período de 6 meses, durante as estações outono-inverno e depois serão recolocados pelo mesmo período durante as estações primavera-verão. Após cada período, os medidores serão recolhidos e enviados ao laboratório para serem analisados.

A necessidade de recolocação desses aparelhos deve-se à diferença dos níveis de radiação de acordo com as estações, considerando que nos meses mais frios as pessoas permanecem mais tempo em casa com as portas e janelas fechadas.

Na instalação do primeiro medidor você responderá a um questionário sobre o seu domicílio (Ex: pavimentos, revestimentos de piso e parede, ventilação e hábitos de uso do domicílio).

Métodos alternativos

Não haverá outros métodos alternativos para avaliação dos níveis de radiação.

Riscos

Os medidores não causam nenhum risco para os moradores, podendo ser manuseados sem nenhum problema. Eles apenas acumulam dados sobre a radiação já existente no ambiente e será analisado posteriormente em laboratório.

Benefícios

Os resultados das medidas em cada residência serão enviados posteriormente para cada morador participante, garantindo o acesso à informação. Acreditamos que toda a comunidade será beneficiada, pois a partir do conhecimento dos níveis de radiação natural a que está exposta, as instituições governamentais e não governamentais poderão, caso seja necessário, atuar na promoção da saúde e prevenção de doenças.

Acompanhamento, assistência e responsáveis

O Projeto Planalto de Poços de Caldas fortalece as ações da vigilância em saúde. Todas as etapas serão acompanhadas pela equipe coordenadora. Caso os níveis de radiação ultrapassem os valores máximos estabelecidos pelas normas vigentes, serão relatados para as autoridades competentes.

Caráter confidencial dos registros

Os resultados da pesquisa terão caráter confidencial e não serão divulgados de forma que possam identificar individualmente os participantes.

Tratamento médico em caso de danos

A sua participação neste estudo não implica danos a sua saúde nem a de seus familiares. Os monitores não emitem nenhuma forma de energia nem exalam nenhuma substância.

Custos

A sua participação neste estudo, caso aceite, será voluntária. Não haverá qualquer forma de remuneração e nem custo pela sua participação.

Bases da participação

É importante que você saiba que tem como opção não participar deste estudo. Você pode também se retirar do estudo em qualquer momento, mesmo após ter concordado em contribuir. Nesse caso, pede-se encarecidamente que entre em contato com a equipe através dos telefones listados neste documento.

GARANTIA DE ESCLARECIMENTOS

Qualquer dúvida ou para maiores esclarecimentos, entrar em contato com:

- Vigilância Epidemiológica em Saúde/ Secretaria Municipal de Saúde de Poços de Caldas.

Se você tiver perguntas com relação a seus direitos como participante da pesquisa, também pode contar com outra pessoa, imparcial, do Comitê de Ética do Instituto Nacional do Câncer.

DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO E ASSINATURA

Li as informações acima e entendi o propósito deste estudo assim como os benefícios e riscos potenciais da participação no mesmo. Tive a oportunidade de fazer perguntas e todas foram respondidas. Eu, por intermédio deste, dou livremente meu consentimento para participar neste estudo.

Entendo que não receberei compensação monetária por minha participação.

Eu recebi uma cópia assinada deste formulário de consentimento.

_____ ___ / ___ / ___
(Assinatura do morador) dia mês ano

(Nome do morador - letra de forma)

_____ ___ / ___ / ___
(Assinatura de Testemunha, se necessário) dia mês ano

Eu, abaixo assinado, expliquei completamente os detalhes relevantes deste estudo ao morador indicado acima e/ou pessoa autorizada para consentir pelo morador.

_____ ___ / ___ / ___
(Assinatura da pessoa que obteve o consentimento) dia mês ano

(Nome da pessoa que obteve o consentimento - letra de fôrma)

CARTAS AO MORADOR (MODELOS A, B, C)

Resultados do domicílio

Prezado(a) Senhor(a):

Este documento é para comunicar a conclusão dos trabalhos das medições das concentrações de radônio em residências na região do Planalto de Poços de Caldas-MG. A sua colaboração foi de muita importância para o conhecimento dos níveis de radônio nas residências e sua distribuição territorial no município.

Diversas organizações internacionais, como a Organização Mundial da Saúde - OMS e o Comitê Científico das Nações Unidas - UNSCEAR, fazem recomendações acerca dos níveis de referência de radônio no interior das residências, e destacamos o consenso entre elas de que as concentrações devem ser as mais baixas possíveis.

Ao todo foram instalados 2.419 dosímetros em 615 residências, entre os meses de setembro de 2011 e outubro de 2012. Os valores obtidos na sua residência foram:

Identificação da Residência	Concentração de Radônio	
	SALA	QUARTO
1ª Campanha (Primavera - Verão) 2011 - 2012	Bq/m ³	Bq/m ³
2ª Campanha (Outono - Inverno) 2012	Bq/m ³	Bq/m ³

A OMS recomenda que esforços devam ser feitos para que a concentração não ultrapasse 100 Bq/m³. A sua residência está abaixo desse nível. Recomendamos o hábito diário de manter a residência o maior período possível com janelas e portas abertas para que ocorra a ventilação e troca de ar com o exterior. Na oportunidade encaminhamos uma cartilha com informações sobre o gás natural radônio e destacamos a importância de sua leitura.

A Secretaria de Saúde de Minas Gerais, o Instituto Nacional de Câncer do Ministério da Saúde, o Laboratório de Poços de Caldas da Comissão Nacional de Energia Nuclear e as Secretarias Municipais de Saúde de Andradas, Caldas e de Poços de Caldas, agradecem a sua valiosa participação e colocam à disposição o e-mail <radoniopocos@gmail.com> para qualquer dúvida.

Atenciosamente

Coordenação do Projeto Planalto Poços de Caldas

Prezado(a) Senhor(a):

Este documento é para comunicar a conclusão dos trabalhos das medições das concentrações de radônio em residências na região do Planalto de Poços de Caldas-MG. A sua colaboração foi de muita importância para o conhecimento dos níveis de radônio nas residências, e sua distribuição territorial no município.

Diversas organizações internacionais, como a Organização Mundial da Saúde - OMS e Comitê Científico das Nações Unidas - UNSCEAR, fazem recomendações acerca dos níveis de referência de radônio no interior das residências e destacamos o consenso entre elas de que as concentrações devem ser as mais baixas possíveis.

Ao todo foram instalados 2419 dosímetros para monitorar 615 residências, entre os meses de setembro de 2011 e outubro de 2012. Os valores obtidos na sua residência foram:

Identificação da Residência	Concentração de Radônio	
	SALA	QUARTO
1ª Campanha (Primavera - Verão) 2011 - 2012	Bq/m ³	Bq/m ³
2ª Campanha (Outono - Inverno) 2012	Bq/m ³	Bq/m ³

A OMS recomenda que esforços devam ser feitos para que a concentração não ultrapasse 100 Bq/m³. Uma vez que sua residência está acima desse nível, recomendamos o hábito diário de manter a residência o maior período possível com janelas e portas abertas para que ocorra a ventilação e troca de ar com o exterior. Na oportunidade encaminhamos uma cartilha com informações sobre o gás natural radônio e destacamos a importância de sua leitura.

A Coordenação do projeto disponibilizará novas medições para fins de Vigilância em Saúde. Destacamos que essa nova medição é voluntária e sem custo. Caso tenha interesse, entre em contato, assim que possível pelo e-mail <radoniopocos@gmail.com>, mencionando “Medição de Radônio”.

A Secretaria de Saúde de Minas Gerais, o Instituto Nacional de Câncer do Ministério da Saúde, o Laboratório de Poços de Caldas da Comissão Nacional de Energia Nuclear e as Secretarias Municipais de Saúde de Andradas, Caldas e de Poços de Caldas agradecem a sua participação.

Atenciosamente

Coordenação do Projeto Planalto Poços de Caldas

Prezado(a) Senhor(a):

Este documento é para comunicar a conclusão dos trabalhos das medições das concentrações de radônio em residências na região do Planalto de Poços de Caldas-MG. A sua colaboração foi de muita importância para o conhecimento dos níveis de radônio nas residências e sua distribuição territorial no município.

Diversas organizações internacionais, como a Organização Mundial da Saúde - OMS e o Comitê Científico das Nações Unidas - UNSCEAR, fazem recomendações acerca dos níveis de referência de radônio no interior das residências, e destacamos o consenso entre elas que as concentrações devem ser as mais baixas possíveis.

Ao todo foram instalados 2419 dosímetros para monitorar 615 residências, entre os meses de setembro de 2011 a outubro de 2012. Os valores obtidos na sua residência foram:

Identificação da Residência	Concentração de Radônio	
	SALA	QUARTO
1ª Campanha (Primavera - Verão) 2011 - 2012	Bq/m ³	Bq/m ³
2ª Campanha (Outono - Inverno) 2012	Bq/m ³	Bq/m ³

A OMS recomenda que esforços devam ser feitos para que a concentração não ultrapasse 100 Bq/m³. Uma vez que sua residência está acima desse nível, recomendamos o hábito diário de manter a residência o maior período possível com janelas e portas abertas para que ocorra a ventilação e troca de ar com o exterior.

Neste momento a Coordenação do projeto solicita que novos medidores sejam instalados em sua residência para fins de Vigilância em Saúde.

Encaminhamos uma cartilha com informações sobre o gás natural radônio e destacamos a importância de sua leitura. Para maiores informações poderá ser contatada a Secretaria do LAPOC pelo e-mail <radoniopocos@gmail.com>, mencionando “Medição de Radônio”.

A Secretaria de Saúde de Minas Gerais, o Instituto Nacional de Câncer do Ministério da Saúde, o Laboratório de Poços de Caldas da Comissão Nacional de Energia Nuclear e as Secretarias Municipais de Saúde de Andradas, Caldas e de Poços de Caldas agradecem a sua participação.

Atenciosamente

Coordenação do Projeto Planalto Poços de Caldas

Modelo C - nível acima de 200 Bq/m³

FOLDER E CARTILHA

PROJETO PLANALTO DE POÇOS DE CALDAS



Saúde em primeiro lugar

www.pav.se@saude.mg.gov.br

2012

Agradecimentos

Caro morador,

Agradecemos a sua participação neste trabalho.

No momento, estamos retirando os medidores instalados em sua residência e informamos que os resultados serão comunicados aos moradores após a análise das medições, que tem data prevista para setembro de 2013.

A participação da população foi muito importante para o sucesso desta etapa e contribuirá para que ações da Saúde sejam ampliadas e aprimoradas.

Reafirmamos que os dados são de caráter confidencial e não serão divulgados de forma que possam identificar individualmente os participantes.

Lembre-se de, sempre que possível, manter todos os ambientes com boa ventilação.





Saúde em 1º Lugar



CEN/IAPOC - ed. Planalto Poços - 1011

PROJETO PLANALTO DE POÇOS DE CALDAS



O GÁS **RADÔNIO** NA NATUREZA



A relação entre o ser humano e a natureza faz parte do equilíbrio natural da vida.

O sol aquece nosso planeta, permitindo a vida na Terra; a chuva fornece o elemento essencial a nossa sobrevivência - a água - enriquecendo o solo e permitindo que dali retiremos nosso alimento.

Mas o mesmo sol que nos permite a luz pode também trazer a seca, impedindo o plantio, assim como a chuva pode causar enchentes e inundações, destruindo nossas casas e cidades.

Portanto, os benefícios do mundo natural não podem existir sem alguns riscos.



A presença de altos níveis de radônio não deve eliminar a possibilidade de vivermos em nossas casas e somente um estudo adequado pode indicar a existência de níveis elevados deste gás.

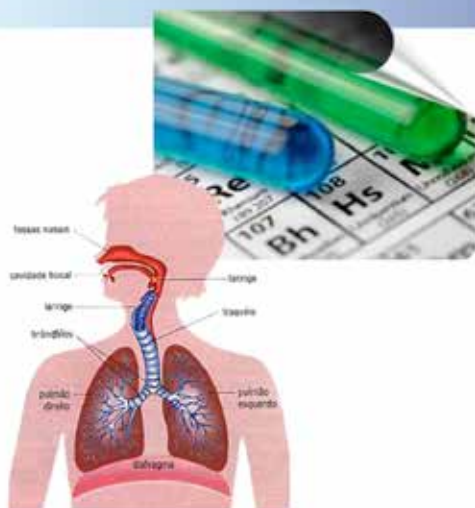


A maioria dos fatores de risco à saúde pode ser prevenida com a adoção de medidas simples como não fumar, se alimentar adequadamente, evitar excesso de exposição solar, entre outros.

No caso do radônio, o simples hábito de permitir a melhor circulação do ar nas residências pode ser suficiente na diminuição deste gás em nossos lares.

A participação da população é muito importante na realização deste tipo de trabalho. A forte adesão dos domicílios selecionados na pesquisa demonstra a elevada consciência de cidadania dos moradores, resultando no sucesso deste projeto.

Apesar de o radônio ser utilizado em diversos estudos científicos e até mesmo na área da medicina, quando inalado em exagero pelo ser humano, pode se depositar nos pulmões, causando diversos danos à saúde.



Com o objetivo de determinar a quantidade de radônio que circula em ambientes fechados e avaliar os riscos que ele pode causar à saúde da população, a Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais (PAV-SVAST), o Instituto Nacional do Câncer (INCA) e a Comissão Nacional de Energia Nuclear / Laboratório de Poços de Caldas (CENEN-LAPOC), juntamente com o apoio das Secretarias de Saúde locais, (Prefeituras de Poços de Caldas, Caldas e Andradas), uniram esforços em um estudo de medição da concentração de radônio em residências, englobando os municípios de Poços de Caldas, Caldas e Andradas, que estão inseridos em uma região conhecida por sua alta radioatividade natural.



Neste projeto, agentes locais de saúde visitaram 633 residências sorteadas entre os três municípios e instalaram dois pequenos detectores de radônio nos cômodos onde há maior convivência entre os moradores. Além disso, foram aplicados questionários aos moradores para que informações sobre a

construção/residência ajudassem os pesquisadores a compreender o comportamento do gás no ambiente de cada residência.

Após seis meses, os agentes locais retornaram às casas e retiraram os detectores para que fossem enviados ao laboratório e analisados por especialistas.

Este processo foi realizado durante duas estações distintas do ano, considerando os fatores que podem influenciar na concentração do gás no interior das residências, uma vez que no verão as casas são mais arejadas enquanto no inverno mantemos nossos lares fechados contra o frio.



Um dos elementos naturais com os quais convivemos é o radônio, um gás radioativo natural que não apresenta cheiro ou coloração, mas que se faz presente no convívio de todos.

Descoberto por um pesquisador em 1900, este gás se origina a partir de outros elementos naturais presentes no solo, podendo assim penetrar em qualquer tipo de construção através de rachaduras no piso, juntas e rachaduras nas paredes, espaços vazios entre o alicerce e a casa e janelas.

Portanto, a pergunta que devemos fazer não é "Existe radônio aqui?", mas sim, "Quanto de radônio existe nesse ambiente?"



APÊNDICE 2 – ESTATÍSTICA COMPLEMENTAR

REGRESSÃO LOGÍSTICA

Uma análise estatística foi realizada para avaliar os fatores de risco para o aumento da concentração de radônio nas 577 residências com as 4 medições efetivadas. A resposta utilizada foi a concentração máxima de radônio e o ponto de corte foi 200 Bq/m³. Ou seja, a resposta é dicotômica: residências com concentração máxima menor que 200 Bq/m³ e residências com valor máximo maior que 200 Bq/m³. Para esta análise foi utilizado o software Minitab versão 14.1.

Neste banco de dados os valores máximos das concentrações de radônio variaram entre 15,9 Bq/m³ e 1.645,3 Bq/m³ que corresponderam a 454 residências com os valores máximos abaixo ou igual a 200 Bq/m³ e 123 residências com o valor máximo acima do nível de referência (> 200 Bq/m³).

Algumas variáveis medidas pelo questionário domiciliar foram selecionadas como possíveis candidatas a fatores de risco para o aumento da concentração de radônio (Tabela 30). Note-se que uma análise preliminar foi realizada para cada uma dessas variáveis separadamente (Tabela 20) sendo também apresentada uma estatística descritiva das características relacionadas aos domicílios e ao hábito de vida dos residentes nos três municípios em estudo.

Tabela 30 – Variáveis candidatas a fatores de risco para o aumento da concentração de radônio

Variável Explicativa	Número de Níveis	Descrição dos Níveis	Total de residências
Município de Residência	3	Andradas	160
		Caldas	130
		Poços de Caldas	287
Tipo de Área	2	Rural	119
		Urbano	458
Tempo da Construção	3	Antes de 1976	91
		De 1977 a 2000	196
		Após 2000	131
		NS/NR	159
Base da Casa	4	Apoiada ao solo	454
		Suspensa	42
		Sobre um porão	12
		Mista	66
		NS/NR	3
Alicerce da Sala	2	Sólido	481
		Suspensa	88
		NS/NR	8
Alicerce do Quarto	2	Sólido	442
		Suspensa	126
		NS/NR	9
Dormir com janela do quarto aberta	2	Sim	379
		Nunca	198

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas – questionários das medições de radônio, 2011.

O segundo passo foi verificar a existência de associação (dependência) entre cada uma das variáveis consideradas e a variável resposta (concentração máxima de radônio). Para tanto foi utilizado o teste qui-quadrado, para encontrar um valor da dispersão de duas variáveis. Nos casos em que a frequência em um dos níveis da variável foi pequena (menor que 5) este teste não é recomendável, sendo substituído pelo Teste Exato de Fisher. A partir da análise dos resultados, verificou-se que 5 variáveis - *Município* (0.000), *Tipo de área* (0.000), *Tempo de construção* (0.000), *Alicerce do quarto*

(0.000) e *Dormir com a janela do quarto aberta* (0.000) apresentaram associação (valor-p <0,05) com a resposta, enquanto duas variáveis não - *Base da casa* (0.053) e *Alicerce da sala* (0.065). Foi possível identificar também, qual o nível de risco em cada variável, para o aumento da concentração de radônio nas residências (Tabela 31).

Tabela 31 – Variáveis incluídas no estudo de fatores de risco para o aumento da concentração de radônio nas residências

Variável Explicativa	Número de Níveis	Nível de Risco	Valor-p
Município	3	Caldas	0.000
Tipo de Área	2	Rural	0.000
Tempo da Construção	3	Antes de 1976	0.000
Base da Casa	4	-	0.053
Alicerce da Sala	2	-	0.065
Alicerce do Quarto	2	Suspensão	0.000
Dormir com janela do quarto aberta	2	Nunca	0.000

* Significativo: valor - p < 0,05

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas – questionários das medições de radônio, 2011.

O terceiro passo foi ajustar um modelo de regressão logístico, tendo como variáveis explicativas aquelas que foram significativas (valor-p <0,05) no teste qui-quadrado (Tabela 31) e a variável concentração máxima de radônio foi considerada como a variável resposta. Ao se realizar o teste de significância (IC 95%), verificou-se que as cinco variáveis: *Município* (0.001), *Tipo de área* (0.000), *Tempo de construção* (0.000), *Alicerce do quarto* (0.001) e *Dormir com a janela do quarto aberta* (0.002) são correlacionadas com a concentração máxima do radônio acima de 200 Bq/m³ e capazes de discriminá-la. Os valores acima de 1, para a razão de chance, indicam maior associação entre a ocorrência do fator e a ocorrência da variável resposta. Sendo assim, a variável *Tipo de área* (razão de chance = 4,11) é a de maior peso no modelo. A partir dos resultados da coluna de *valor-p*, verifica-se que as cinco variáveis são importantes (valor-p <0,05) para explicar a concentração máxima de radônio acima de 200 Bq/m³. Um resumo deste ajuste encontra-se na Tabela 32.

Tabela 32 – Ajuste do modelo de regressão logística para as variáveis significativas na análise preliminar

Variável Explicativa	Coeficiente	Desvio Padrão	Teste Z	Valor-p	Razão de Chance	IC 95%	
						Mín	Máx
Município	0.685904	0.198624	3.45	0.001	1.99	1.35	2.93
Tipo de Área	1.41251	0.327471	4.31	0.000	4.11	2.16	7.80
Tempo da Construção	-0.660919	0.187649	-3.52	0.000	0.52	0.36	0.75
Alicerce do Quarto	-1.34464	0.419627	-3.20	0.001	0.26	0.11	0.59
Dormir com janela do quarto aberta	-1.04197	0.332035	-3.14	0.002	0.35	0.18	0.68

* Significativo: valor - p < 0,05

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas – questionários das medições de radônio, 2011.

Também foi ajustado um modelo de regressão com os níveis de cada variável explicativa. Foram então identificados quais os níveis de risco e os de referência (risco = 1). Entre os níveis da mesma variável, considerou-se como de referência, aquele que apresentou a menor razão de chance. (Tabela 33)

Tabela 33 – Ajuste do modelo final de regressão logística com as variáveis significativas e as categorias de risco para cada variável

Variável Explicativa	Coefficiente	Desvio Padrão	Teste Z	Valor-p	Razão de Chance	IC 95% Mín	Máx
Município <i>Andradas (categoria de referência)</i>					1		
Caldas	1.07848	0.326093	3.31	0.001	2.94	1.55	5.57
Poços de Caldas	0.897783	0.299967	2.99	0.003	2.45	1.36	4.42
Tipo de Área <i>Urbano (categoria de referência)</i>					1		
Rural	0.817118	0.263239	3.10	0.002	2.26	1.35	3.79
Tempo da Construção <i>Após 2000 (categoria de referência)</i>					1		
Antes de 1976	0.852504	0.280262	3.04	0.002	2.35	1.35	4.06
De 1977 a 2000	-0.0301809	0.254982	-0.12	0.906	0.97	0.59	1.60
Alicerce do Quarto <i>Suspenso (categoria de referência)</i>					1		
Sólido	0.945430	0.313123	3.02	0.003	2.57	1.39	4.75
Dormir com janela do quarto aberta <i>Sim (categoria de referência)</i>					1		
Nunca	0.781277	0.262918	2.97	0.003	2.18	1.30	3.66

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas – questionários das medições de radônio, 2011.

Nota: * Significativo: valor - p < 0,05

De acordo com a Tabela 33, as seguintes interpretações podem ser obtidas:

1- Quanto ao Município da residência

Residências localizadas nos municípios de Caldas e Poços de Caldas têm, respectivamente, 3 vezes e 2,5 vezes mais chance de ter um valor máximo de concentração de radônio >200 Bq/m³ em relação às do município de Andradas.

2- Quanto ao Tipo de área

Residências localizadas na área rural têm 2,3 vezes mais chance de apresentar um valor máximo de concentração de radônio >200 Bq/m³ em relação às localizadas na área urbana.

3- Quanto ao Tempo de Construção da residência

Uma residência construída antes de 1976 tem 2,6 vezes mais chance de apresentar um valor máximo de concentração de radônio $>200 \text{ Bq/m}^3$ em relação àquelas construídas após o ano de 2000.

As residências construídas no período de 1977 a 2000, tiveram a razão de chance 1 (0,97), o que significa que não há diferença em relação as construídas após o ano de 2000, no que se refere a chance de apresentar um valor máximo de concentração de radônio maior que 200 Bq/m^3 .

4- Quanto ao Alicerce do Quarto

Uma residência cuja base é apoiada ao solo tem 2,6 vezes mais chance de ter um valor máximo de concentração de radônio $>200 \text{ Bq/m}^3$ em relação aquelas suspensas.

5- Quanto a Dormir com a janela do quarto aberta

Uma residência onde NÃO possuem o hábito de dormir com a janela do quarto aberta tem 2,2 vezes mais chance de apresentar um valor máximo de concentração de radônio $>200 \text{ Bq/m}^3$ em relação àquelas em que os moradores dormem com a janela do quarto aberta.

APÊNDICE 3 - LISTAGEM DAS CONCENTRAÇÕES DE DOSE DE RADÔNIO POR DOMICÍLIO

ANDRADAS

CALDAS

POÇOS DE CALDAS

Tabela 30 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Andradas (MG)

Andradas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C55L431	RURAL	46	37,4	47,2	39,7
C76L415	RURAL	61	110,3	95,5	121,6
C83L449	RURAL	75,6	317,9	86,7	281,3
C85L446	RURAL	59,8	161,5	62,5	146,2
C90L447	RURAL	80,4	82,5	75,1	100
C91L418	RURAL	161,7	205,5	175,1	128,8
C115L427	RURAL	222,7	313,1	264,7	261,6
C119L418	RURAL	33,9	47	38,5	49
C121L462	RURAL	38,7	51,7	39,8	54
C122L320	RURAL	408,2	284,4	431,1	305,6
C123L519	RURAL	389,3	370,1	366,5	295,8
C128L438	URBANO	36,1	36,4	50	24,3
C129L438	URBANO	232,2	110	133,9	211,7
C131L316	RURAL	136,1	121	167,6	110,6
C131L461	RURAL	101	192	96	168,6
C134L436	URBANO	19,5	42	22,2	34,1
C135L446	URBANO	146,5	128,9	111,2	101,8
C136L442	URBANO	23,4	33,5	37,5	27,1
C137L427	URBANO	15,9	13	14,3	10,4
C137L434	URBANO	90,3	82	66	58,9
C137L439	URBANO	72,4	89,6	73,5	97,6
C138L429	URBANO	17,4	27,6	15,8	29,7
C138L446	URBANO	45,8	84,9	25,2	93,3
C139L342	RURAL	83	94,8	74,4	87

Tabela 30 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Andradas (MG)

Andradas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C139L425	URBANO	26,3	28,6	21	33,4
C139L431	URBANO	161,8	206,1	209,7	163,1
C139L439	URBANO	75,2	35,6	33	85,1
C139L440	URBANO	144	127,9	99,3	106,6
C139L442	URBANO	50,2	83,8	51,1	60
C139L447	URBANO	61,2	48,4	37,5	30,8
C140L422	URBANO	45,5	52,5	34,5	36,7
C140L424	URBANO	137,1	154,2	100	127,9
C140L428	URBANO	66,1	62,4	56	62,9
C140L429	URBANO	87	94,9	64,6	76,3
C140L434	URBANO	15,1	24,8	16,2	16,8
C141L423	URBANO	32,2	30,6	52,1	54,8
C141L430	URBANO	20,5	22,9	23,2	17,1
C141L431	URBANO	29,5	18,3	23,6	29
C141L434	URBANO	30,8	44,2	19,1	35,1
C141L441	URBANO	34,8	47	45,5	46,8
C142L421	URBANO	19,8	25,4	12,5	17,5
C142L424	URBANO	15,4	22,8	15,3	14
C142L426	URBANO	44	87,1	44,3	72,1
C142L427	URBANO	26,4	48,1	34,4	69,6
C142L434	URBANO	11,7	19,1	12,8	11,4
C142L440	URBANO	81,9	88,7	61	111,8
C142L446	URBANO	92,4	83,9	63,1	63,9
C143L427	URBANO	63,2	55,1	67,4	62,4

Tabela 30 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Andradas (MG)

Andradas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C143L428	URBANO	16,8	20	17,4	18,1
C143L440	URBANO	29,6	59,9	42,8	66,9
C143L445	URBANO	144,8	79	139,5	71,1
C143L446	URBANO	108,4	240,6	112,7	226,9
C144L426	URBANO	37,6	24,8	25,8	26,4
C144L429	URBANO	48	48,9	45,1	45,6
C145L425	URBANO	57,7	40,3	39,3	31
C145L427	URBANO	38,1	54,4	49,8	42,6
C145L438	URBANO	26,3	122,2	21,8	95,9
C146L427	URBANO	31,8	57,7	22,3	54,5
C146L428	URBANO	28,5	65,9	28,4	71
C146L429	URBANO	49,2	220,9	146,9	155
C146L433	URBANO	189,8	213,3	139,3	176,2
C146L521	RURAL	50,6	62,6	60	57,8
C147L425	URBANO	41,8	25,4	38	18,8
C147L428	URBANO	38,1	29,9	40,9	30,9
C147L435	URBANO	54,2	79,5	47,1	59,9
C147L436	URBANO	45,2	46,9	47,4	39,8
C147L441	URBANO	86	55,9	51	89,2
C148L430	URBANO	73,7	54,8	40,2	58,3
C149L418	URBANO	25	65,3	17,4	57,2
C149L423	URBANO	31,2	77,7	28,3	80,2
C149L427	URBANO	35,5	78,8	34,3	73
C149L432	URBANO	97,2	57,3	120,8	77,6

Tabela 30 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Andradas (MG)

Andradas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C149L437	URBANO	32,1	41,7	20,6	35
C150L417	URBANO	35,6	41,4	39,6	36,2
C150L420	URBANO	38,3	56,3	33,9	60,3
C150L421	URBANO	31,2	46,5	29,8	42,7
C150L427	URBANO	38,8	46,6	33,7	28,5
C151L418	URBANO	32,6	29,2	39,3	34,2
C151L433	URBANO	21,6	83,4	19,5	62,7
C151L435	URBANO	166,6	110,2	100	136
C152L418	URBANO	65,6	67,3	84,6	59,5
C152L424	URBANO	31,1	24,8	31,8	30,6
C152L434	URBANO	74,8	63,8	50,5	55,4
C152L444	RURAL	108,2	160,7	84,4	80,5
C152L445	RURAL	289	456,3	194,3	417,9
C152L474	RURAL	248,7	300,5	193,2	219,5
C153L412	URBANO	178	201,8	136,9	130,8
C153L424	URBANO	34,9	29,4	31,1	30
C153L427	URBANO	25	18,3	18	23,9
C153L433	URBANO	19,4	22,7	8,4	14,6
C154L421	URBANO	30,4	20,7	21,6	18,1
C154L425	URBANO	19,6	17,1	13,9	11,6
C154L428	URBANO	42,7	43,7	42	44,2
C154L436	URBANO	156,8	56,5	114,5	51,5
C154L437	URBANO	117,2	80,1	115,1	171,4
C154L438	URBANO	67,2	106,5	68,7	60,2

Tabela 30 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Andradas (MG)

Andradas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C154L439	URBANO	15,5	24,3	15,5	12,3
C154L441	URBANO	63,4	114,9	125,9	102,9
C155L410	RURAL	51,6	143,1	50,3	142,4
C155L415	URBANO	160,6	60,1	29,2	51,5
C155L421	URBANO	64,8	70,5	60,8	103,7
C155L423	URBANO	50,9	77,5	46,8	86,9
C155L435	URBANO	246,9	213,4	197	158,6
C156L413	URBANO	148,9	114,5	104,4	90,4
C156L416	URBANO	89,4	65,1	58,8	58
C156L420	URBANO	85,3	45,2	73,8	46,8
C156L421	URBANO	194	138,9	107,6	74,4
C156L424	URBANO	97,8	92,4	65,5	63,3
C156L429	URBANO	37,2	46,9	25,3	30,8
C157L336	RURAL	137,9	105,8	154,9	115,9
C157L416	URBANO	62,5	50,5	56,9	48,4
C157L419	URBANO	49,8	32,8	16,2	29,7
C157L425	URBANO	49,5	27,1	37,7	25,6
C157L427	URBANO	46,5	93,2	43,3	59,4
C157L428	URBANO	64,7	35,3	38,8	41,6
C157L429	URBANO	12	21,7	44,2	9,8
C158L418	URBANO	52,6	27,5	45,6	30,1
C158L420	URBANO	35,6	69,7	32,4	73,7
C158L421	URBANO	155,8	53,8	62,8	20,9
C159L410	URBANO	106,9	110,4	99,5	74,3

Tabela 30 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Andradas (MG)

Andradas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C159L411	URBANO	111,9	75,9	110	82,1
C159L413	URBANO	30,5	81	24,9	68,5
C159L430	URBANO	91,7	33,7	47,9	24,9
C160L411	URBANO	23,8	26,4	23,5	16,6
C160L412	URBANO	93,7	64,7	89,4	68,4
C160L417	URBANO	126,8	156,7	157	155
C160L421	URBANO	30,9	33,7	11,4	10,4
C161L290	RURAL	126,3	111,2	151,5	146,9
C161L430	URBANO	19,8	16,8	23,4	21
C162L419	URBANO	150,5	90,8	178,1	82,2
C163L410	URBANO	77,8	74,9	75,3	78
C164L413	URBANO	15,2	15,2	24	21,6
C165L408	URBANO	85,5	109,3	99	115,9
C166L412	URBANO	110,1	139,2	130,8	170,2
C166L414	URBANO	44,5	53,1	33,5	37,1
C166L417	URBANO	142,1	105,4	128,9	106,9
C167L414	URBANO	200,3	225	255,5	202,9
C173L374	RURAL	53	110,1	57,2	90,5
C174L391	RURAL	36,2	41,3	34,8	32,8
C178L360	RURAL	58,6	56	47,1	406,7
C184L379	RURAL	36,6	59,3	34,4	58,1
C202L447	RURAL	49,4	65	35,8	55,5
C204L461	RURAL	105,4	160,5	81	197
C213L440	RURAL	214,2	179,4	160,5	159,4

Tabela 30 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Andradas (MG)

Andradas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C215L386	RURAL	87,8	90,6	85,9	72,3
C225L404	RURAL	331,6	321,9	339,3	324,8
C231L445	RURAL	64,2	98,7	63,9	93,9
C236L382	RURAL	103,1	164,1	104,4	224,5
C246L415	RURAL	138,9	127,6	120,2	111,8
C254L463	RURAL	113,9	138	93,9	72,1
C255L408	RURAL	223,2	147,6	164,7	233,6
C269L498	URBANO	55,3	35,7	49,1	63,2
C271L497	URBANO	108,2	170,2	109,3	162,8
C272L498	URBANO	21,2	84,8	20	66,8
C273L498	URBANO	22,4	35,2	15,3	29,3
C274L497	URBANO	176,5	196,2	150,5	133,3
C274L498	URBANO	51,3	66,7	53,3	50,2
C276L497	URBANO	124	71,2	169,8	110,2
PILOTO 5	URBANO	27,7	58,8	23	20,7

* Código do domicílio no projeto.

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas, medições de radônio, por domicílio participante de Andradas, 2011-2012.

Tabela 31 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Caldas (MG)

Caldas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C201L239	RURAL	31,5	67,8	17,4	37,8
C214L324	RURAL	155,7	94	167,5	85,1
C255L373	RURAL	126,2	140,7	188,2	364
C266L243	RURAL	89	98,7	110,1	143,3
C267L183	RURAL	60,3	62,4	40,1	58,4
C270L217	RURAL	130,4	150,8	138,8	130,9
C272L215	RURAL	66,2	39,1	284,5	84,4
C274L182	RURAL	226,2	153	195,2	125,9
C274L183	URBANO	108	125,7	121,4	140,9
C274L185	URBANO	151	62,4	115,4	132,9
C274L186	RURAL	108,9	137,8	140,7	161,5
C275L182	URBANO	68	60,2	275,1	56
C275L184	URBANO	127,3	79,6	110,6	169,2
C275L185	URBANO	116,3	105,2	73,5	70,5
C275L205	RURAL	635,3	251,8	524,8	338,7
C278L350	RURAL	257	160,4	168,9	34,3
C282L293	RURAL	84	81,6	58,2	62,8
C283L352	RURAL	88,3	71,4	89,3	104,8
C283L369	RURAL	176,2	199,2	130,8	111,9
C285L304	URBANO	273,6	371,9	277,2	243,9
C288L268	RURAL	237,9	157,3	244,7	197,9
C289L211	RURAL	147,6	398,4	139,9	183,5
C297L293	RURAL	122,3	85,9	70,3	95,3
C299L287	URBANO	225,2	251,5	308,8	369,3

Tabela 31 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Caldas (MG)

Caldas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C299L291	URBANO	148,2	131,3	133,9	118,2
C300L281	URBANO	77	236,6	72	174,4
C300L294	RURAL	94,3	95	125,2	125,2
C301L281	RURAL	57,5	64,6	36,9	31,3
C302L287	URBANO	122,4	74,6	77,7	57,1
C302L289	URBANO	159	135,7	358,9	470,6
C302L293	RURAL	93,8	85,8	114,4	110,5
C302L295	RURAL	145,9	112,3	132,3	114
C303L288	URBANO	103,3	95,6	132,3	168,6
C303L289	URBANO	104,4	247,1	130	116,4
C304L295	RURAL	301,6	353,6	440,6	1645,3
C305L277	RURAL	176,2	244,3	139,7	65,2
C305L281	URBANO	32	30,2	25,8	16,4
C306L276	URBANO	284,3	165,3	395,8	269,8
C307L211	RURAL	110,2	102,3	110,8	104,3
C307L274	URBANO	255,1	194,6	279,1	276,6
C309L276	RURAL	56,4	74,3	51	90,4
C310L275	URBANO	87	81,8	66,6	88,8
C311L274	URBANO	157,7	126,6	134,2	98,5
C318L274	URBANO	100,8	88,6	93,8	96,6
C319L232	RURAL	116,6	106,3	227,4	231,5
C320L273	URBANO	119,4	209,6	151,9	94,7
C321L181	RURAL	91,6	54,9	108,9	56,4
C322L273	URBANO	59	138,1	145,4	57

Tabela 31 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Caldas (MG)

Caldas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C324L274	URBANO	85,4	85,6	82,7	76,3
C324L275	URBANO	336,9	487,6	290,5	302,7
C325L275	URBANO	67,9	241,2	78	188,2
C325L341	RURAL	208,2	62,7	184,1	83,7
C326L275	URBANO	45,7	49,2	26,8	32,4
C328L274	URBANO	30,2	31,5	42,3	35
C328L275	URBANO	75	52,3	46,9	38,9
C328L276	URBANO	27,1	34,4	27,3	42,3
C329L275	URBANO	54,6	49,4	42,3	374,2
C329L280	URBANO	75,1	125,9	63,9	115,6
C330L256	RURAL	314,7	309,3	159,5	239,9
C330L277	URBANO	42,3	51,6	33,3	40,3
C331L277	URBANO	83,1	43,4	234,1	268,3
C332L276	URBANO	53,7	34,1	52	34,1
C332L278	URBANO	118	27,1	53,9	15,6
C332L279	URBANO	83	94,2	74,6	97,7
C332L281	RURAL	23,5	27,5	16	26,5
C333L270	RURAL	518,1	705,5	497,3	59,9
C333L276	URBANO	49,3	27,2	24,1	24,1
C334L274	URBANO	198,3	515,6	142,9	48,7
C335L269	URBANO	128,1	37,4	92,3	25,5
C335L272	URBANO	101,5	189,5	89,5	144,9
C335L273	URBANO	55,8	73,4	63,5	58,3
C335L275	URBANO	30,3	53,1	28,4	44,4

Tabela 31 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Caldas (MG)

Caldas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C335L276	URBANO	52,6	63,6	38,3	105,7
C336L272	URBANO	20,7	98,5	23,3	372,7
C336L274	URBANO	90,4	70,7	56,1	42,8
C337L273	URBANO	37,4	48	29,6	30,5
C337L277	URBANO	33	14,9	18,9	21,8
C337L281	URBANO	41,4	103,1	26,1	56,6
C338L269	URBANO	21,3	47,6	21,2	65,1
C338L270	URBANO	36,1	38,6	22,2	56,8
C338L280	URBANO	51,3	45,7	32,6	41,8
C339L271	URBANO	36,4	33,6	31,2	32,1
C339L274	URBANO	34,3	122,7	34,9	120,1
C339L277	URBANO	166,7	158,5	101,5	112,1
C340L270	URBANO	49,2	31,7	35,3	23,5
C340L272	URBANO	46,6	34,1	25,4	19,2
C340L280	URBANO	19,3	15,8	17,8	12,2
C341L268	URBANO	73,4	49,2	105,4	146,7
C342L268	URBANO	37,5	79,7	37,8	57,9
C342L270	URBANO	97,2	52,8	214,2	314,1
C342L282	URBANO	84,5	79,2	28,1	39
C343L227	RURAL	174,1	172,1	136,8	186,6
C343L268	URBANO	126	125,2	74,9	65,7
C344L280	URBANO	260,1	16	172,2	16,9
C344L282	RURAL	35,4	22,8	32	18,9
C350L265	RURAL	66	57,7	49,5	49,5

Tabela 31 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Caldas (MG)

Caldas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C352L149	RURAL	111,8	136,9	73,9	92,9
C353L279	RURAL	122,7	91,6	105,3	77,1
C357L239	RURAL	376,4	280,9	292,5	225,2
C362L306	RURAL	60,5	44,3	38	67,6
C368L288	RURAL	68,7	58,4	62,8	64,3
C375L281	RURAL	100,5	201	17,9	176,2
C380L195	RURAL	172,6	169,7	229,5	218,1
C380L278B	RURAL	120,4	121,4	124,9	93,7
C380L344	RURAL	71,6	82,8	78,5	145,8
C382L171	RURAL	90	307,6	24,1	292,8
C383L338	URBANO	72,8	57,2	79,6	57,1
C384L183	URBANO	102,8	84,6	226,5	84,6
C386L330	RURAL	254,8	116,9	200,5	87,2
C407L232	RURAL	36,2	31,2	14,7	10,9
C408L232	RURAL	208,8	266,2	205,2	262,7
C411L254	RURAL	206,4	152,2	180,3	96,8
C414L139	RURAL	127,8	117,4	90	86,1
C414L194	RURAL	97,5	85,9	44,8	58,4
C421L277	RURAL	515,5	202,1	546,6	349,5
C422L174	RURAL	57,7	65,6	49	61,7
C424L287	RURAL	235,1	313,5	280,9	544,5
C435L206	RURAL	34,3	29,3	18	12,3
C441L250	RURAL	184,3	210,2	162,8	147,9
C458L172	RURAL	73,3	122,8	63,6	104,4

Tabela 31 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Caldas (MG)

Caldas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C460L173	URBANO	51,6	90,8	37,8	65,5
C460L175	URBANO	29	78	17,7	56,2
C461L174	URBANO	10,9	29,9	7,3	25,2
C463L175	URBANO	34	21,7	27,9	19,1
C482L255	RURAL	100,6	116,6	202,5	387,4
C498L190	RURAL	16,3	48,1	14,2	56,5
C501L264	RURAL	320,8	740,1	408,8	393,9
C501L266	RURAL	93,7	57,3	42,3	22,7
C520L186	RURAL	50,5	20,9	28	14,5
PILOTO 2	URBANO	28,1	28,6	26,7	23,5

* Código do domicílio no projeto.

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas, medições de radônio, por domicílio participante de Caldas, 2011-2012.

Tabela 32 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Poços de Caldas (MG)

Poços de Caldas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C46L200	URBANO	272,5	194,7	333,3	260,4
C47L200	URBANO	208,5	438,6	234,2	472,2
C77L319	RURAL	227	50,1	71,7	56,6
C84L138	URBANO	79,4	100,2	87,2	120,2
C87L135	URBANO	60,3	98,3	100,2	108,3
C87L137	URBANO	139,7	122	171,3	118,4
C88L219	RURAL	58,5	149,5	63,4	141,1
C93L138	URBANO	93,4	82,9	284,1	106,4
C107L130	URBANO	135,2	191,8	107	181,4
C109L130	URBANO	24,1	18,9	24,8	104,9
C109L134	URBANO	66,5	74,2	51,3	62,4
C111L132	URBANO	84,6	120,8	53,2	96,1
C113L135	URBANO	17,6	31,8	28,7	59,8
C114L130	URBANO	361,4	94,2	300	116,3
C118L128	URBANO	37,4	58,2	49,6	79,3
C119L133	URBANO	62	84,7	111,1	77,1
C119L135	URBANO	61	97,1	71,5	296,3
C119L259	RURAL	195,9	226	179,6	208,5
C123L149	URBANO	56,3	59,6	90,4	84,1
C123L219	RURAL	72,9	99,4	59,1	87,2
C124L134	URBANO	157,7	171,5	113,6	110,9
C124L138	URBANO	36,8	57,5	36,8	52
C125L132	URBANO	134,9	103,4	109	81
C125L143	URBANO	63,7	58,5	83,6	83,6

Tabela 32 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Poços de Caldas (MG)

Poços de Caldas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C126L139	URBANO	94,7	131,6	167,7	153,7
C128L140	URBANO	103,6	98,9	129,7	65,1
C128L142	URBANO	41,5	50	34,7	49,1
C128L146	URBANO	52,9	93,2	57,3	92,8
C129L132	URBANO	67,8	80,9	40,7	45,4
C129L135	URBANO	75,9	106,4	101,8	136,5
C129L146	URBANO	23,9	27,3	38,8	33,3
C130L142	URBANO	50	56	46,8	52,9
C131L142	URBANO	91,4	51,1	166,5	160,8
C131L145	URBANO	17,5	13,8	24,4	24,1
C133L133	URBANO	67,7	72,1	84,6	71,8
C134L136	URBANO	34,5	24,6	54,7	44,7
C134L146	URBANO	62,2	72,9	106,7	124,8
C135L138	URBANO	94,8	189,5	143,8	229,2
C136L130	URBANO	225,2	252,7	148,4	93,6
C136L142	URBANO	48,1	47,5	58,3	58,8
C136L143	URBANO	93,9	100,1	141,3	133
C136L152	URBANO	22	26,8	65,8	44,7
C137L151	URBANO	35,3	34,9	36,2	27,5
C137L157	URBANO	108,9	115,1	105,8	77,7
C138L58	RURAL	75,2	63	101,4	90,9
C140L139	URBANO	25,5	24,2	34,9	34,6
C140L141	URBANO	72,3	53	141,2	386,2
C140L144	URBANO	112	253,3	165,4	337,7

Tabela 32 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Poços de Caldas (MG)

Poços de Caldas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C140L151	URBANO	47,6	33	65,6	50,5
C141L136	URBANO	102,3	139,5	139,5	153,2
C141L142	URBANO	107,3	84,1	127,6	73,9
C141L143	URBANO	74,3	60,2	99,6	105,1
C144L138	URBANO	18	25,5	35,2	44
C144L160	URBANO	95	123,2	88,2	103,1
C144L161	URBANO	122,8	123,8	102,2	113,6
C144L197	URBANO	170,2	185,8	201,5	279,6
C144L80	RURAL	24,7	60	21,5	23,7
C145L164	URBANO	111,2	82,1	114,5	54,7
C145L197	URBANO	60,5	81,2	65,1	86,2
C145L203	URBANO	68,7	89,6	71,4	59,9
C146L153	URBANO	87,7	171,5	75	136,3
C146L194	URBANO	160,9	70	165,4	67,1
C146L256	RURAL	305,3	468,7	271,6	358,4
C146L273	RURAL	230,6	299,7	266,2	333,2
C147L137	URBANO	109,3	106,2	115,8	89,9
C147L139	URBANO	19,9	107,8	29,6	110,9
C147L196	URBANO	107,4	150,2	108,1	109,1
C147L198	URBANO	163	249,4	100,6	267,9
C148L139	URBANO	24	18,7	21,2	34,6
C148L151	URBANO	28,5	79,3	46	60,1
C148L207	URBANO	157,7	189,8	147,6	174,3
C149L140	URBANO	35,5	32,4	30	36,1

Tabela 32 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Poços de Caldas (MG)

Poços de Caldas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C150L148	URBANO	38	44,1	54,1	45,2
C150L154	URBANO	20,4	21,1	20,2	22
C150L163	URBANO	80,8	162,9	137,6	195,6
C150L193	URBANO	160	160,9	188,2	176,1
C152L189	URBANO	79,3	81,6	62,5	68,7
C152L190	URBANO	35	97,2	51,6	42,7
C152L252	URBANO	77,3	69,6	130,2	104,6
C153L138	URBANO	46,6	45,1	19,3	19,3
C153L162	URBANO	71,8	53,8	38,1	36,6
C153L163	URBANO	199,4	228,9	268,6	202,2
C154L142	URBANO	27,4	86,3	42,2	480
C154L143	URBANO	44,8	32,7	35,4	21,5
C154L156	URBANO	116,3	138,8	80,2	164,8
C154L162	URBANO	82,9	70	97,4	86
C154L186	URBANO	160,1	193,1	150,8	191,8
C154L187	URBANO	101,5	176,3	138,7	161,9
C154L212	URBANO	196,6	255	143,8	288,6
C154L218	URBANO	359,9	279,8	296,9	261
C155L141	URBANO	98,1	17,9	70,1	23,9
C155L161	URBANO	43	102,4	52,8	99,8
C155L168	URBANO	109,8	120,3	77,8	104
C155L204	URBANO	61,2	127,3	66,9	104,9
C155L207	URBANO	116,2	117,1	94,6	104,4
C156L134	URBANO	104,9	80,9	195	125,3

Tabela 32 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Poços de Caldas (MG)

Poços de Caldas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C156L151	URBANO	95,6	50,7	120,4	70,5
C156L153	URBANO	58,2	64,7	45,5	54,1
C156L163	URBANO	130,8	83,7	127	77,5
C156L171	URBANO	126,1	180,7	84,2	153,6
C156L202	URBANO	35,9	92,2	33,6	64,9
C156L205	URBANO	213,7	179,7	151,2	159,6
C156L211	URBANO	170,2	171,4	237,8	202,4
C156L212	URBANO	31,5	31,2	71,9	172,5
C157L140	URBANO	12,2	13,8	22,3	23,8
C157L144	URBANO	35,9	30,2	44,6	39,2
C157L153	URBANO	88,6	41,1	69,9	68,2
C157L165	URBANO	81,3	137,4	73,6	74,9
C157L167	URBANO	178,1	200,1	125,7	152,3
C157L208	URBANO	102,3	163,2	76,2	152,3
C157L214	URBANO	194,5	255,9	215,3	253,7
C157L84	RURAL	25,9	120,8	33,4	149,2
C158L139	URBANO	50	139,1	25,5	122,3
C158L142	URBANO	15,6	13	22,7	18,6
C158L153	URBANO	39,1	27,7	53,9	44
C158L208	URBANO	56,6	32,4	45,1	29,8
C158L210	URBANO	36,7	30,9	34,2	30,2
C158L222	URBANO	125,7	49,4	95,9	47,6
C159L137	URBANO	47,6	57,9	59,4	88,1
C159L145	URBANO	33,2	56	32,2	39,1

Tabela 32 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Poços de Caldas (MG)

Poços de Caldas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C159L147	URBANO	44,3	57,9	46,6	64,2
C159L151	URBANO	66,5	80,3	81,6	118,6
C159L160	URBANO	61,2	50,9	69,6	73,4
C159L204	URBANO	122,9	112	115,6	110,7
C159L206	URBANO	45,1	62,1	47,2	61,1
C160L124	RURAL	109,4	98,1	90,8	67,6
C160L137	URBANO	43	46,8	59,6	70,5
C160L139	URBANO	16,5	89,5	17,5	53,4
C160L157	URBANO	73,8	85,2	103,8	104,8
C160L161	URBANO	37	33,4	37,9	33,2
C160L212	URBANO	215,1	187,1	223,3	190,4
C161L141	URBANO	38,9	44,4	30,1	31,5
C161L155	URBANO	70,1	83,8	104,7	115,7
C161L184	URBANO	118,8	238,6	143,8	262,4
C161L201	URBANO	173,8	178,7	190	199,8
C161L211	URBANO	25,9	24,4	36,7	35,3
C162L132	URBANO	175,8	264,3	213,6	253,3
C162L140	URBANO	54,2	62,6	34	44
C162L146	URBANO	117,8	54,8	53,4	59,7
C162L189	URBANO	144,6	144,6	125,1	135,8
C162L204	URBANO	97,5	110,5	99,1	125,3
C163L142	URBANO	48,9	42,3	40,1	37,7
C163L147	URBANO	80,6	95,9	110,5	88,1
C163L149	URBANO	70,9	56,6	86,4	65,5

Tabela 32 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Poços de Caldas (MG)

Poços de Caldas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C163L152	URBANO	98,4	146,1	256,8	265,1
C163L160	URBANO	716,1	609,9	419,6	615,4
C164L132	URBANO	58,9	82	97,7	171,1
C164L135	URBANO	126	17,1	106,3	21,7
C164L142	URBANO	28	28	100,6	32
C164L144	URBANO	93,7	105,9	143	167
C164L152	URBANO	74,5	61,8	80,5	62,3
C164L185	URBANO	247,1	306,8	213,8	370
C164L209	URBANO	298,6	475,7	165,6	178,4
C165L135	URBANO	38,9	47	36,4	44,4
C165L145	URBANO	76,3	71,2	124,1	118,1
C165L188	URBANO	34	48,6	40,9	60,2
C165L189	URBANO	59,6	69,2	85,1	104,5
C166L136	URBANO	68,7	92,2	38	39,9
C166L183	URBANO	23,6	129,7	27,2	114,8
C166L185	URBANO	140,7	151,4	174,1	213,9
C167L130	URBANO	84,9	126,8	51	89,9
C167L138	URBANO	25,3	20,1	37,9	21,4
C167L139	URBANO	29,7	19,8	19,7	26,5
C167L143	URBANO	95	134,3	130,1	131,1
C167L146	URBANO	38,3	53,6	71,4	56,7
C167L183	URBANO	204,9	194,2	181,1	163,6
C169L138	URBANO	194,2	206,1	250,5	249,4
C169L142	URBANO	52,8	23,8	32,5	26,5

Tabela 32 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Poços de Caldas (MG)

Poços de Caldas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C169L147	URBANO	190,6	72	109,1	69,2
C169L186	URBANO	140,5	103,5	88,9	90,9
C170L143	URBANO	52,2	34,1	66,9	63,6
C171L135	URBANO	94,1	98,5	122,7	113,8
C171L137	URBANO	36,2	42,4	31,1	45
C171L146	URBANO	91,9	109	50,9	83,6
C171L147	URBANO	119,8	136,9	168,6	178,5
C171L151	URBANO	101,1	72,5	76,7	54,6
C172L139	URBANO	48,1	46,6	36	36,6
C172L151	URBANO	37,5	94,8	36,8	84,6
C173L138	URBANO	32,6	67,4	28,8	81,4
C173L144	URBANO	32,8	95,5	30,9	66,9
C174L138	URBANO	51,1	61,9	157,2	99,1
C174L142	URBANO	92,8	128,8	104,6	106,6
C174L151	URBANO	37,2	490,6	28,4	341,7
C175L139	URBANO	123	125,9	167,2	173,1
C175L140	URBANO	32,2	36,8	35,5	27
C175L142	URBANO	99,6	35,9	67,6	32,4
C175L162	URBANO	144,1	146,1	156,6	163,6
C176L141	URBANO	272,4	184,1	322,7	767,7
C176L143	URBANO	126,9	116,8	81,3	91,5
C176L150	URBANO	62,6	130,6	43,7	114,3

Tabela 32 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Poços de Caldas (MG)

Poços de Caldas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C176L151	URBANO	119,4	114,5	126	124
C176L153	URBANO	89,2	143,1	97,4	113,2
C176L163	URBANO	130,6	213,4	92,2	115,4
C176L164	URBANO	140,8	107,9	118,4	96,7
C177L136	URBANO	21,3	32	31,8	44,2
C177L137	URBANO	294,9	67,2	71,9	110,9
C177L166	URBANO	70,7	32	79,7	40,2
C178L137	URBANO	206,2	340,4	146,3	220,3
C178L143	URBANO	64,3	80,2	100,3	100,3
C178L144	URBANO	133,4	238,5	89,8	130
C178L145	URBANO	22,5	23,7	30,5	26,7
C178L163	URBANO	105,7	105,7	99,7	100,7
C179L154	URBANO	96,2	71	168,8	108,7
C179L39	RURAL	21,8	60,9	23,1	59,9
C180L141	URBANO	48,7	53,7	35,5	25,5
C180L145	URBANO	40,5	51,7	36,1	43,4
C180L167	URBANO	96,4	136,9	59,4	83,4
C182L145	URBANO	86,1	154,9	79,8	91,3
C182L153	URBANO	63,9	35	76,8	48,9
C182L156	URBANO	66,5	73,6	75,5	83,8
C182L158	URBANO	51,7	48,8	58,9	64,2
C182L165	URBANO	65,1	49,1	134,9	83,3

Tabela 32 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Poços de Caldas (MG)

Poços de Caldas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C183L149	URBANO	79,9	42,8	63,1	35,7
C183L160	URBANO	196,6	248,1	153,1	201,9
C184L144	URBANO	135,7	250,1	148,2	238,3
C184L148	URBANO	117,1	73,5	106	65,9
C184L161	URBANO	122,9	170,6	71,2	88,5
C185L146	URBANO	61,7	39,9	66,5	53
C185L156	URBANO	67,7	103,9	63	148,8
C186L142	URBANO	31,4	190,2	52,7	194,9
C186L160	URBANO	73,9	132,5	79	145,4
C187L142	URBANO	112,7	123,8	124,9	54,4
C187L153	URBANO	52,6	38,6	19,4	21,1
C187L159	URBANO	63,5	84,4	35	35,8
C187L160	URBANO	58,3	37,3	53,5	45,6
C188L151	URBANO	143,5	45,2	106,4	46,2
C188L153	URBANO	60,8	42,3	56,8	49,9
C188L177	RURAL	86,2	96,8	86,7	106,1
C189L148	URBANO	105,2	111	83,5	62,5
C189L152	URBANO	59,9	68,5	64,7	73,3
C190L145	URBANO	35,1	52,1	29,2	39,7
C190L149	URBANO	41,9	52,3	59,6	78,2
C190L153	URBANO	79	84,7	107,3	87,4
C191L139	URBANO	101,8	153,2	57,1	83,9

Tabela 32 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Poços de Caldas (MG)

Poços de Caldas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C191L148	URBANO	351,1	372,7	228,8	244,7
C191L205	URBANO	184,4	311,3	102,9	292,9
C193L146	URBANO	102,2	104,2	43,4	60
C194L143	URBANO	164,7	230,7	166,3	241,8
C194L144	URBANO	300	366	310	333,9
C196L151	URBANO	170,2	181,9	188,5	151,9
C197L11	RURAL	33,2	26,6	25,1	24,9
C197L156	URBANO	116,4	273,9	103,9	247
C198L151	URBANO	37,6	70,2	46,6	81,6
C200L138	RURAL	87,3	113,1	73,1	101,9
C200L157	URBANO	84,3	71,5	112,8	386,4
C201L149	RURAL	174,8	112,6	284,6	338,6
C201L151	URBANO	119,8	196,7	149,9	265,7
C201L180	RURAL	171,2	58	85,9	46
C203L154	URBANO	213,6	251	215,8	260,3
C205L157	URBANO	47,3	74,7	53,8	68,5
C206L156	URBANO	63,1	70,3	78,9	104,3
C206L158	URBANO	58	76,8	56,4	69,1
C206L160	URBANO	220,9	172,4	223,1	175,1
C207L157	URBANO	58,7	125,8	51,5	77,5
C208L154	URBANO	95,9	55,5	293,7	58
C210L157	URBANO	95,4	102,9	60	117,3

Tabela 32 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Poços de Caldas (MG)

Poços de Caldas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C211L167	RURAL	61,6	49,6	48,4	68,2
C213L150	RURAL	61,6	73,7	87,9	80,6
C213L154	URBANO	138,6	89,7	86,6	92,6
C213L165	RURAL	183,8	211,9	135,8	166,8
C216L152	URBANO	55,8	91,9	57,6	81
C217L167	RURAL	126	211,5	123,4	239,4
C218L155	URBANO	104,9	64,3	90,3	60,8
C219L151	URBANO	43,1	77,7	52	92,6
C221L150	URBANO	79,9	69	70,4	60,9
C222L157	URBANO	124	70,5	87,4	92,2
C223L166	URBANO	49,4	55,5	39,2	54,5
C225L143	RURAL	162,3	96,8	238,3	97,7
C226L168	URBANO	66,9	42,4	71,2	69,5
C227L159	URBANO	87,5	87,7	103,8	59,7
C227L162	URBANO	178,2	307,3	137,2	219,7
C227L167	URBANO	133,3	167,3	89,9	134,7
C229L169	URBANO	135,7	140,4	121,6	115,2
C230L159	URBANO	181,5	141,1	225,2	145,4
C236L165	URBANO	20,5	9,1	28,6	19,7
C238L163	URBANO	170,5	250,4	320,1	308,9
C238L164	URBANO	208,7	317,5	154,8	256,2
C243L174	URBANO	92,1	145	70,5	151,8
C244L159	URBANO	113,3	179,4	139,5	85
C245L159	RURAL	99,8	45,8	62,6	35,1

Tabela 32 - Relação dos domicílios com as 4 medições (Bq/m³) completas, Poços de Caldas (MG)

Poços de Caldas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C246L171	URBANO	25,1	44,4	41,3	22,2
C246L173	URBANO	99,9	566	314,8	380,7
C247L174	URBANO	78,1	35,1	54,1	37,8
C258L161	RURAL	104,8	87,1	63	70
PILOTO 1	URBANO	29,9	47,1	35,5	76
PILOTO 3	URBANO	54	50,8	75,9	56,5
PILOTO 4	URBANO	36,1	37,9	21,5	25,6

* Código do domicílio no projeto.

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas, medições de radônio, por domicílio participante de Poços de Caldas, 2011-2012.

Tabela 33 - Relação de domicílios com menos de 4 medições (Bq/m³), Andradas (MG)

Andradas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C70L422	Rural	Perda	Perda	230,7	338,9
C96L450	Rural	308,4	247,5	Perda	309,4
C137L442	Urbana	Perda	204,4	241,9	Perda
C138L449	Rural	30,2	28,5	21,3	Perda
C140L430	Urbana	39,6	40,2	Perda	Perda
C142L445	Urbana	48,5	50,4	44,6	Perda
C143L441	Urbana	21,2	54,8	Perda	Perda
C158L415	Rural	56,7	120,1	Perda	Perda
C159L416	Urbana	Perda	Perda	Perda	Perda
C165L302	Rural	Perda	Perda	208,8	Perda
C173L372	Rural	60,8	57,9	Perda	Perda

* Código do domicílio no projeto.

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas, medições de radônio, por domicílio participante de Andradas, 2011-2012.

Tabela 34 - Relação de domicílios com menos de 4 medições (Bq/m³), Caldas (MG)

Caldas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C222L332	Rural	82,3	58,1	Perda	Perda
C305L276	Urbana	221,6	299,2	Perda	Perda
C305L290	Urbana	Perda	Perda	Perda	Perda
C316L262	Rural	37,5	95,9	93,2	Perda
C325L274	Urbana	Perda	Perda	Perda	Perda
C327L275	Urbana	Perda	Perda	Perda	Perda
C331L280	Urbana	Perda	211,5	Perda	Perda
C342L279	Urbana	110,1	225,5	Perda	Perda
C359L219	Rural	72,8	122,4	Perda	Perda
C380L278A	Rural	75,3	132,9	Perda	Perda
C390L274	Rural	39,2	36,8	19,0	Perda
C400L225	Urbana	203,1	81,3	Perda	Perda
C405L237	Rural	Perda	Perda	Perda	Perda

* Código do domicílio no projeto.

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas, medições de radônio, por domicílio participante de Caldas, 2011-2012.

Tabela 35 - Relação de domicílios com menos de 4 medições (Bq/m³), Poços de Caldas (MG)

Poços de Caldas Domicílio*	Tipo	Concentração Sala - Camp1	Concentração Quarto - Camp1	Concentração Sala - Camp2	Concentração Quarto - Camp2
C49L201	Urbana	Perda	66,0	Perda	Perda
C83L141	Urbana	89,4	239,7	Perda	Perda
C110L129	Urbana	Perda	87,0	89,1	76,7
C122L158	Urbana	48,5	Perda	122,0	154,0
C123L158	Urbana	102,8	26,0	Perda	Perda
C128L143	Urbana	62,6	42,2	Perda	50,6
C137L134	Urbana	46,2	31,6	42,9	Perda
C139L144	Urbana	Perda	Perda	222,6	299,0
C141L140	Urbana	66,5	63,5	Perda	Perda
C142L139	Urbana	Perda	Perda	117,0	102,0
C145L201	Urbana	Perda	Perda	Perda	91,4
C149L195	Urbana	134,3	151,8	Perda	153,0
C150L222	Rural	29,9	Perda	27,1	Perda
C152L205	Urbana	Perda	Perda	175,1	158,3
C155L205	Urbana	106,8	95,3	91,8	Perda
C156L161	Urbana	32,6	48,2	Perda	Perda
C158L141	Urbana	Perda	68,9	42,8	69,4
C160L146	Urbana	Perda	61,8	32,6	36,2
C160L159	Urbana	56,6	80,0	Perda	Perda
C162L214	Urbana	48,8	54,0	Perda	Perda
C163L131	Urbana	97,5	77,6	Perda	Perda
C165L185	Urbana	Perda	Perda	96,9	85,4
C181L163	Urbana	94,0	111,4	Perda	Perda
C183L150	Urbana	181,5	284,5	Perda	Perda
C195L188	Urbana	141,1	106,8	Perda	Perda
C201L274	Rural	Perda	Perda	74,9	101,1
C224L71	Rural	36,7	Perda	Perda	Perda
C243L166	Urbana	Perda	Perda	Perda	Perda
C244L175	Urbana	Perda	Perda	Perda	Perda
C248L174	Urbana	257,1	63,8	228,2	Perda
C475L194	Rural	64,6	Perda	Perda	Perda

* Código do domicílio no projeto.

Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas, medições de radônio, por domicílio participante de Poços de Caldas, 2011-2012.

