

# PROJETO PLANALTO POÇOS DE CALDAS

## Pesquisa Câncer e Radiação Natural

MINAS GERAIS – BRASIL  
2004 a 2009

**SECRETARIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE**  
Coordenação Geral da Vigilância em Saúde

**INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER**  
Coordenação de Prevenção e Vigilância

**SECRETARIA DE ESTADO DE SAÚDE DE MINAS GERAIS**  
Subsecretaria de Vigilância em Saúde

**COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR**  
Laboratório de Poços de Caldas

*O presente projeto foi financiado pelo Projeto de Estruturação do Sistema Estadual de Vigilância em Saúde – VIGISUS II, para a realização da Pesquisa Radiação e Câncer, elaborada pela coordenação do Programa de Avaliação e Vigilância do Câncer e seus fatores de risco de Minas Gerais e instituições parceiras. Essa publicação conclui a meta 4.1 do Planvigi estadual: Validação dos óbitos por câncer e Radiação Natural no Planalto Poços de Caldas. Contou também com apoio financeiro das instituições parceiras em suas atividades técnicas de rotina em face da pesquisa e que muito contribuíram para o seu êxito.*

## FICHA CATALOGRÁFICA

Minas Gerais. Secretaria de Estado de Saúde.

M663p Projeto Planalto de Poços de Caldas. Pesquisa câncer e radiação natural: Minas Gerais-Brasil: 2004 a 2009 / Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais. – Belo Horizonte: SES-MG, 2009. xx, 96 p. ; il. Color. ; 30 cm. + mapas. [v. I]

1. Neoplasias. 2. Neoplasias, Radiação natural. 3. Radiação natural, fator de risco para o câncer. 4. Programa de Avaliação e Vigilância do Câncer e seus Fatores de Risco-PAV-MG. I. Título. II. Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais.

NLM : QZ 266  
CDD : 614. 599 9

Tiragem: 2.000 exemplares

É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que a fonte seja citada.

Esta publicação é uma produção da Superintendência de Epidemiologia da Subsecretaria de Vigilância em Saúde da SES/MG, com recursos dos Rendimentos do Convênio INCA/MS/SES-MG nº 199/02 – Prevenção e Controle do Câncer – Minas Gerais – Ações de Vigilância.

# GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

GOVERNADOR

Aécio Neves da Cunha

SECRETÁRIO DE ESTADO DE SAÚDE DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Marcus Vinícius Caetano Pestana da Silva

SUBSECRETÁRIO DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE

Luiz Felipe Almeida Caram Guimarães

SUPERINTENDENTE DE EPIDEMIOLOGIA

Francisco Leopoldo Lemos

COORDENADORA ESTADUAL DO PROJETO VIGISUS

Norma Sônia Fernandes Dias

GERENTE DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA

Jandira Aparecida Campos Lemos

PROGRAMA DE AVALIAÇÃO E VIGILÂNCIA DO CÂNCER E FATORES DE RISCO

Berenice Navarro Antoniazzi

GERENTE REGIONAL DE SAÚDE DE POUSO ALEGRE

Gilberto Carvalho Teixeira

SECRETÁRIA MUNICIPAL DE SAÚDE DE ANDRADAS

Elvira Maria Marcon Gessoni

SECRETÁRIO MUNICIPAL DE SAÚDE DE CALDAS

Mauricio José Silva Garcia

SECRETÁRIO MUNICIPAL DE SAÚDE DE IBITIÚRA DE MINAS

Agenor Benedito Sales

SECRETÁRIO MUNICIPAL DE SAÚDE DE POÇOS DE CALDAS

José Júlio Balducci

SECRETÁRIO MUNICIPAL DE SAÚDE DE SANTA RITA DE CALDAS

Antonio Carlos Garcia de Carvalho

## **INSTITUIÇÕES PARCEIRAS**

### **MINISTÉRIO DA SAÚDE**

MINISTRO

José Gomes Temporão

### **INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER**

DIRETOR-GERAL

Luiz Antonio Santini Rodrigues da Silva

COORDENADOR DE PREVENÇÃO E VIGILÂNCIA

Claúdio Pompeiano Noronha

ÁREA DO CÂNCER OCUPACIONAL E AMBIENTAL

Silvana Rubano Barreto Turci

### **SECRETARIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE**

SECRETÁRIO

Gerson de Oliveira Penna

DIRETOR DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE AMBIENTAL E DO TRABALHO

Guilherme Franco Netto

COORDENADORA GERAL DA VIGILÂNCIA EM SAÚDE

Daniela Buosi

### **MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

MINISTRO

Sergio Machado Resende

PRESIDENTE DA COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR

Odair Dias Gonçalves

DIRETOR DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

Marcos Nogueira Martins

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

Antonio Luiz Quinelato

## COMISSÃO COORDENADORA INTERINSTITUCIONAL

SUBSECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE DE MINAS GERAIS – PAV/SVS/SES/MG  
Berenice Navarro Antoniazzi

COORDENAÇÃO DE PREVENÇÃO E VIGILÂNCIA DO INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER –  
CONPREV/INCA  
Ubirani Barros Otero

COORDENAÇÃO GERAL DA VIGILÂNCIA EM SAÚDE AMBIENTAL DO MINISTÉRIO DA SAÚDE  
– CGVAM/SVS/MS  
Tarcísio Neves da Cunha (2005-2008) e consultor (2009)

LABORATÓRIO POÇOS DE CALDAS DA COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR –  
LAPOC/CNEN  
Moacir Cipriani (2005-2008)  
Nivaldo Carlos da Silva (2009)

A situação da população residente nos municípios sob influência da paleocaldeira vulcânica de Poços de Caldas é de especial interesse para a Vigilância em Saúde relacionada a fatores físicos, porquanto apresenta um quadro rico para estudos que acrescentem conhecimentos sobre a exposição de longa duração à radioatividade natural em regiões dotadas de anomalias geológicas com alta concentração de minerais radioativos.

Esse conhecimento adquirido, ao ser aplicado pela Vigilância em Saúde, age em duas frentes principais, a saber, na elaboração das políticas públicas adequadas à monitoração e à defesa da saúde da população e na criação e fortalecimento de um canal permanente de comunicação com aquela população que opere nos dois sentidos: o de informar, mas também o de ouvir para permitir aos diversos atores uma interação construtiva.

O Brasil envereda pela vida do fortalecimento da capacidade nacional para produzir combustíveis nucleares para consumo próprio e para exportação e também para produção de energia a partir de energia nuclear. Além disso, fortalece sua base de pesquisa e produção autônoma de radiofármacos e outros compostos radioemissores para aplicações em agricultura, indústria, conservação de alimentos e outros. Não é admissível que a Vigilância em Saúde fique à margem desse processo, deixando de prestar à sociedade o valioso serviço de proteção de sua saúde contra possíveis efeitos decorrentes da exposição à radioatividade.

O Projeto apresentado neste volume é, como não poderia ser diferente, um esforço multidisciplinar e intersetorial, como resposta aos desafios apresentados, e serve de modelo a ser replicado nas diversas situações em que impõe a necessidade de monitorar as condições de exposição de populações à radioatividade.

*Gerson de Oliveira Penna*  
**SECRETÁRIO NACIONAL DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE**

Em 2009, o Instituto Nacional de Câncer (INCA) estimou a ocorrência de 466 mil novos casos de câncer, que é a segunda causa de morte no Brasil, perdendo apenas para as doenças cardiovasculares. Entender a contribuição de diferentes fatores de risco para cada neoplasia tem sido um desafio constante para gestores e pesquisadores da área da saúde.

Cada vez mais as questões ambientais e ocupacionais vêm merecendo destaque na causalidade do câncer. Neste sentido, foi criada no INCA, em 2004, a Área de Vigilância do Câncer Relacionado ao Trabalho e ao Ambiente, que tem atuado na elaboração e na execução de estudos que visam ao desenvolvimento de modelos de vigilância para que haja redução da morbidade e da mortalidade decorrentes da exposição a agentes cancerígenos presentes nas atividades laborais e no ambiente.

O Projeto Planalto de Poços de Caldas, realizado entre a Área de Vigilância do Câncer Relacionado ao Trabalho e ao Ambiente do Instituto Nacional de Câncer, o Programa de Avaliação e Vigilância do Câncer e seus Fatores de Risco da Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais e o Laboratório de Poços de Caldas da Comissão Nacional de Energia Nuclear, com o apoio da Coordenação Geral da Vigilância Ambiental da Secretaria de Vigilância em Saúde e das cinco secretarias municipais de saúde da região estadual pesquisada, demonstra sobremaneira a força que a integração interinstitucional pode realizar em face dos complexos desafios relacionados aos fatores ambientais.

Esta publicação representa um marco na investigação da radiação natural como fator de risco para câncer porque apresenta resultados elaborados a partir da análise dos resultados de várias etapas e que incluem cálculo da razão de mortalidade proporcional, a aplicação da matriz de Corvalan – que avaliou a percepção sobre o risco que a população tem por viver em área com níveis aumentados de radiação - e das medidas de radiação feitas no solo. Estudos semelhantes foram feitos apenas na Inglaterra, nos Estados Unidos, na Índia, na China e no Irã.

No Brasil, esses resultados apontam para a necessidade de implantação de um modelo permanente de vigilância do câncer e da exposição à radiação natural que possa ser replicado em outras regiões brasileiras com características semelhantes. Desta forma, esperamos contribuir na compreensão desses fatores e na implementação de ações que visem à prevenção e ao controle do câncer em brasileiros.

*Luiz Antonio Santini Rodrigues da Silva*  
**DIRETOR-GERAL DO INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER**

O Estado de Minas Gerais abriga em seu solo e subsolo imensa riqueza há muito explorada, mas nem sempre em benefício do povo mineiro e do povo brasileiro. Essa realidade tem claramente mudado para melhor na medida em que novas políticas públicas são formuladas com base em ideias esclarecidas, ações objetivas e perseverança.

A primeira mina de urânio do Brasil operou na região do Planalto de Poços de Caldas no Estado de Minas Gerais. Como atividade de competência exclusiva da União por força da Constituição Federal, a lavra e a extração de materiais radioativos daquela região foi empreendida sob o comando federal. Entretanto, as muitas implicações de uma exploração daquele tipo e daquele porte transcendem a esfera da engenharia civil e impactam sobre setores da sociedade local que passam a exigir contrapartidas que são de responsabilidade dos municípios e da Unidade da Federação que as abriga.

Não se absteve, pois, o Estado de Minas Gerais de suas responsabilidades, de modo que passou a entender a questão com a abrangência institucional que lhe é subjacente. Exemplo eloquente é o presente trabalho. Sob a coordenação da Secretaria de Estado de Saúde, foram unidos os esforços e as competências de instituições parceiras com a finalidade de investigar a relação entre a radioatividade natural em regiões ricas em minérios radioativos e a saúde das populações aí assentadas.

O trabalho até aqui desenvolvido é uma prova da capacidade das instituições de se unirem em torno de uma questão-chave e de oferecerem resposta competente à população. É também a consequência da determinação em vencer obstáculos e superar dificuldades por parte de servidores públicos cômicos da alta missão que lhes é confiada pelo povo a quem têm obrigação de servir com qualidade.

*Luiz Felipe Almeida Caram Guimarães*  
**SUBSECRETÁRIO DA VIGILÂNCIA EM SAÚDE**

O Planalto Poços de Caldas possui diversas anomalias radioativas mundialmente conhecidas, sendo que uma delas, o Morro do Ferro, apresenta umas das mais elevadas taxas de dose externa natural do mundo. Está localizada nesse planalto também a primeira mineração de urânio em escala comercial realizada no País e que, neste momento, encontra-se em processo de fechamento. Desta forma, a discussão sobre as radiações, os seus usos e os seus efeitos sobre a saúde humana sempre estiveram presentes na nossa região.

Destaca-se que a ausência de estudos conclusivos acerca de correlações entre agravos à saúde e fatores de riscos ambientais, incluindo a radiação natural, permitiu que o imaginário popular criasse diversos mitos, atribuindo valores elevados de dose a determinadas localizações dentro das cidades, assim como aos efeitos da radiação a ocorrência de diversas enfermidades. Dizia o nosso querido companheiro Moacir Cipriani, que foi o mentor e grande estimulador deste projeto: “Em algumas situações envolvendo riscos, as populações, fortemente influenciadas pelas informações obtidas e pelo imaginário social, constroem coletivamente suas próprias percepções, podendo ter pontos de vista que legitimamente diferem daqueles dos responsáveis diretos pela produção desses riscos, assim como dos órgãos governamentais reguladores dessas atividades”.

Atuando como o representante regional da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), o Laboratório de Poços de Caldas recebe constantemente solicitações dos poderes públicos municipais e estadual, da sociedade civil organizada e da população em geral acerca dos níveis de radiação a que a população do planalto está sujeita e de seus efeitos sobre a saúde humana. A nossa participação neste projeto tem como primeiro objetivo dar respostas a essas perguntas utilizando uma abordagem multidisciplinar e interinstitucional, envolvendo instituições da área de ciência e tecnologia e de saúde, das esferas federal, estadual e municipal.

Para nós, o maior legado deste projeto é o modelo de vigilância de saúde aqui desenvolvido, que, integrando diversas instituições, possibilitou uma visão mais ampla do tema tratado, que poderá ser utilizado em outras regiões do País que apresentem radiação natural similar àquela do Planalto Poços de Caldas. Outro grande legado para as cidades da região é o estabelecimento do Registro de Câncer de Base Populacional, sem o qual qualquer investigação sobre o tema chega a resultado pouco conclusivo.

A lição aqui aprendida demonstra que, para o esclarecimento do público, é necessário que os diversos atores envolvidos nesse contexto possam atuar e expressar os seus pontos de vista, levando as conclusões que sejam aceitas por todos. Essa experiência ocorre em um momento oportuno, dado a retomada do Programa Nuclear Brasileiro, que inevitavelmente irá demandar grandes discussões com a sociedade.

*Antonio Luiz Quinelato*

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



“A percepção dos indivíduos e grupos sobre problemas que ameaçam o bem estar da humanidade nem sempre é homogênea. Em algumas situações a população pode ter pontos de vista que legitimamente diferem daqueles dos responsáveis diretos pela produção dos riscos bem como de órgãos governamentais reguladores dessas atividades. Hoje os governos e os cidadãos estão geralmente melhor e mais rapidamente informados. Porém, como nem sempre se consegue ter controle de qualidade sobre o fluxo de informações, algumas delas podem ser incompletas ou mesmo erradas. Com o crescimento da competição para se obter a atenção do público, certos setores da mídia e determinados grupos de interesse têm, às vezes, sucumbido à tentação de adotar uma abordagem sensacionalista. Os temores nem sempre estão associados a acontecimentos reais. Mudam constantemente e evoluem da mesma forma que a dinâmica da opinião pública. As condições que mais influenciam na percepção de risco são o medo, a insegurança, o desconhecimento. Portanto, os riscos que matam não são necessariamente aqueles que mais aborrecem ou amedrontam.

O Planalto Poços de Caldas é mundialmente conhecido pela sua radioatividade elevada e a ocorrência de minério nuclear. A existência das jazidas do Campo de Cercado (urânio) e Morro do Ferro(tório), além de outras menores espalhadas pela região, influencia o imaginário da sociedade local. A convivência da população com a realidade geológica de sua região mudou em função das mudanças políticas nos últimos 60-70 anos (1950-2005) variando da euforia ao medo. Os fatos demonstram que a população tem medo da radiação e associa a ela elevado número de cânceres na região, de ser frequente o uso político do medo da população, que a empresa produtora e os órgãos reguladores não souberam lidar com o problema e que há o descrédito da população para as avaliações oficiais de segurança. Considerando a necessidade de se obter informações científicas, tecnicamente seguras e eticamente confiáveis sobre os efeitos da radiação na saúde da população e no meio ambiente da região, foi realizada uma cooperação técnica interinstitucional para atender a abrangência e as especificidades dos temas saúde, câncer e radioatividade.”

*Texto extraído da pesquisa científica “Percepção de Riscos e de Impactos Sócio-Econômicos da Radioatividade, 2002-2003” – Fapemig/ PUC Minas- Poços de Caldas, em parceria com o Laboratório da Comissão Nacional de Energia Nuclear, que teve na equipe de pesquisadores.*

### MOACIR CIPRIANI

O doutor Moacir Cipriani foi membro da comissão coordenadora do Projeto Planalto Poços de Caldas (2005-2008), como representante do Laboratório de Poços de Caldas – Comissão Nacional de Energia Nuclear. Possuidor de um vasto e profundo conhecimento na área de radiação, realizou importante contribuição na implantação e no desenvolvimento do presente projeto, sendo também seu grande incentivador, por ser antes de tudo morador e admirador dessa cidade. Na sua visão de mestre, acreditava na necessária reprodutibilidade da varredura das medições em outras regiões brasileiras igualmente expostas à radiação natural elevada. Mediante problemas inevitáveis que surgem em um trabalho desse porte, sempre dizia “só sei que tenho pressa”, e eram obrigatórias coragem e solução... e assim tem sido.

Nosso agradecimento e eterna homenagem dos seus colegas da comissão coordenadora Berenice Navarro Antoniazzi, Nivaldo Carlos da Silva, Tarcísio Neves da Cunha e Ubirani Barros Otero.



*Doutor Moacir Cipriani*



*Equipe da publicação (esquerda para direita):  
Ubirani Barros Otero, Nivaldo Carlos da Silva, Berenice Navarro Antoniazzi, Davidysson Abreu Alvarenga e  
Tarcísio Neves da Cunha.*

## ELABORAÇÃO

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

## COLABORADORES

Antonio Luiz Quinelato  
Heber Luiz Caponi Alberti  
Renato Azeredo Teixeira  
Silvana Rubano Barreto Turci  
Thays Aparecida Leão D'Alessandro

## MEDIÇÃO DA RADIAÇÃO IONIZANTE NATURAL

### **Laboratório de Poços de Caldas – Comissão Nacional de Energia Nuclear**

Eder Tadeu Zenun Guerrero  
Dinarte Ferreira Mendes  
Moacir Cipriani  
Nivaldo Carlos da Silva

### **Subsecretaria de Vigilância em Saúde – Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais**

Carla Souto Garcia  
Davidysson Abreu Alvarenga  
Milton dos Santos

## VALIDAÇÃO DOS ÓBITOS POR CÂNCER

### **Programa de Avaliação e Vigilância do Câncer e Fatores de Risco – Minas Gerais**

#### **Coleta de Dados**

Karina Elizabeth Evangelista  
Angela Maria do Amparo  
Davidysson Abreu Alvarenga  
Cristiane Leal Costa  
Nivia Rodrigues Alves de Oliveira  
Raquel Paranhos Nogueira  
Thays Aparecida Leão D'Alessandro

#### **Organização e Digitação dos Questionários da Pesquisa**

Renato Azeredo Teixeira  
Paula Bispo Vieira

#### **Médica Radioterapeuta Analista dos Exames de Diagnóstico**

Maria Cristina Viegas Cançado

# AGRADECIMENTOS

A todos que colaboraram direta ou indiretamente. Em especial:

## SECRETARIAS MUNICIPAIS DE SAÚDE DE MINAS GERAIS DE

Andradas  
Caldas  
Ibitiúra de Minas  
Poços de Caldas  
Santa Rita de Caldas

## LABORATÓRIO DE ANATOMIA PATOLÓGICA LAPACI – Poços de Caldas

## HOSPITAIS DE MINAS GERAIS

Hospital Bom Pastor – Varginha  
Hospital da Unimed – Poços de Caldas  
Hospital das Clínicas da UFMG – Belo Horizonte  
Hospital e Maternidade Pronto Socorro Santa Lúcia – Poços de Caldas  
Hospital Pedro Sanches – Poços de Caldas  
Santa Casa de Misericórdia de Andradas  
Santa Casa de Misericórdia de Caldas  
Santa Casa de Misericórdia de Poços de Caldas

## PROFISSIONAIS

Adinei Pereira de Morais	Ivani Negrini da Costa Carvalho	Rafael José Furlan Ravita
Adriana Maria da Silva Costa	Jandira Maciel da Silva	Nigua da Paz Nascimento
Aline Lopes Loures	João Carlos da Silva Monteiro	Regina Silva Molina
Amauri Motta	Jose Flávio Macacini	Renata de Cassia Cassiano
Assad Aun Netto	Julia Francisca Guimarães de Moraes	Resk Frayha
Augusto Celso Amoedo Júnior	Juliana Wotzasek Rulli Villardi	Roberta Lopes Ferraz
Bruna Carvalho	Kelli de Freitas Machado	Romeu José Nacarato
Bruno dos Santos de Almeida Mariano	Lene Holanda Sadler Veiga	Rosa Maria Pereira
Cláudio Pompeiano Noronha	Lucas Neto Barbosa	Rosemeire Pereira Garcia
Cristiana Ferreira Jardim de Miranda	Marcelo Moreno dos Reis	Sandra Braga Grilo
Dayse Carneiro Elian	Márcio Ribeiro do Valle	Salette Maria Novais Diniz
Débora Lemos	Marcos Eduardo de Andrade	Sebastião Navarro Vieira Filho
Dorivalda Alves de Lima	Maria José da Ré	Selma Donizeti Silverio Ramos
Edson Avella	Maria Helena Tirolo Taddei	Soraia Mariano Perez
Eduardo Mendonça	Maria Lúcia Ferroni	Tânia Cristina Vasconcellos Duarte Prado
Elis de Oliveira Lima Filho	Mário Roberto de Paiva Ferreira	Thais Negrão
Fátima Regina Silva de Souza	Mário Tarcisio de Faria	Uilson de Oliveira Barboza
Fátima Sueli Neto Ribeiro	Marise Souto Rebelo	Valéria de Melo Rodrigues Oliveira
Flávia da Silva Franco	Marta Raquel Logato	Vanderlei Mauro da Silva Júnior
Gulnar Azevedo e Silva	Moema Miranda Siqueira	Victor Augusto Cardillo
Helena Maria Barbosa	Nilo Persio Paro	Yula Merola
Horst Fernandes	Odete Maria Gonçalves dos Santos	

## APRESENTAÇÃO

O presente estudo nasceu da necessidade de dar resposta à população do Planalto Poços de Caldas sobre sua preocupação relacionada com a possível influência das condições ambientais da região sobre a saúde humana. A partir dessa necessidade, um projeto foi elaborado para atender aos diversos interesses técnicos e da população. A formação de uma equipe interinstitucional e multidisciplinar foi uma estratégia de fundamental importância para atender aos vários aspectos dos temas saúde, câncer e radioatividade. Essa integração permitiu que todo o processo fosse acompanhado passo a passo, visando à transparência e à confiabilidade dos dados.

Nesse documento são apresentados os resultados alcançados entre 2004 a 2009, que foram didaticamente divididos em três partes. A **Parte I** descreve o histórico do projeto, o modelo de vigilância em saúde proposto para populações expostas à radiação natural elevada e os resultados preliminares. Na **Parte II** encontra-se a revisão de literatura nos vários aspectos da radiação natural, o objetivo do estudo, o território de abrangência, a metodologia, as análises e os resultados das medições da radiação ionizante natural externa gama terrestre. As considerações finais e recomendações são realizadas na **Parte III**. Os mapas das medições de radiação natural gama terrestre encontram-se no **Apêndice**.

A persistência na busca por dados seguros, éticos e confiáveis teve como propósito fornecer o embasamento técnico e científico para uma melhor interação humana com o ambiente natural e dar subsídios para o planejamento das ações de saúde e segurança da população. Considerando que a informação é a melhor estratégia para promover uma vida mais saudável, a expectativa é que o conhecimento produzido promova novas posturas no estilo de vida e possa contribuir para uma convivência harmoniosa com a natureza.

Os resultados aqui apresentados não esgotam o assunto. A proposta é que outros aspectos aqui não contemplados sejam abordados em estudos complementares para um cenário mais abrangente e completo.

### COMISSÃO COORDENADORA



# SUMÁRIO

PREFÁCIO .....	VI
IN MEMORIAM .....	XI
ELABORAÇÃO .....	XIII
AGRADECIMENTOS .....	XIV
APRESENTAÇÃO .....	XV
PARTE I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	
1.1 Histórico .....	3
1.2 Projeto Planalto Poços de Caldas .....	5
1.3 Objetivo.....	5
1.4 A Iniciação .....	6
1.5 Resultados Preliminares .....	7
1.6 Vigilância do Câncer e seus Fatores de Risco .....	14
PARTE II – MEDIÇÕES DA RADIAÇÃO NATURAL GAMA EXTERNA EM CINCO MUNICIPIOS DO PLANALTO POÇOS DE CALDAS – MINAS GERAIS – BRASIL	
2.1 Introdução .....	19
2.2 Geologia do Planalto Poços de Caldas .....	21
2.3 Radiação Natural .....	23
2.4 Radiação e Câncer .....	29
2.5 Território de Abrangência do Estudo .....	30
2.6 Materiais e Métodos .....	36
2.7 Resultados e Discussão .....	42
2.8 Resultados por Município .....	46
2.9 Resultado do Planalto Poços de Caldas .....	56
PARTE III – CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	
3.1 Considerações Finais.....	65
3.2 Principais Aspectos e Recomendações.....	67
3.3 Comunicação Gerencial dos Resultados.....	68
REFERÊNCIAS .....	69
APÊNDICE .....	75
ANEXOS .....	83

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Estudo de Mortalidade por cânceres selecionados segundo municípios e localizações primárias consideradas como de alta e de altíssima prioridade em futuras investigações. Período: 1998 a 2002.	4
TABELA 2 – Distribuição dos óbitos por cânceres selecionados, por município de residência e sexo, 1999 a 2005	11
TABELA 3 – Componentes da dose efetiva mundial com base populacional	25
TABELA 4 – Classificação das áreas de radioatividade segundo a dose efetiva média da radiação natural gama terrestre	26
TABELA 5 – Média das medições da radiação gama externa encontradas em estudos – Brasil.	28
TABELA 6 – Número de habitantes e área territorial da malha viária (km <sup>2</sup> ), total e por zonas urbana e rural, dos municípios selecionados – IBGE, ano 2000.	36
TABELA 7 – Total de pontos de medição por município segundo zonas urbana e rural	42
TABELA 8 – Medições da radiação ionizante natural externa gama externa segundo dose média aritmética e ponderada pela população (mSv/ano). Setembro (2002-2008) Projeto Planalto Poços de Caldas, MG.	44
TABELA 9 – Estatísticas descritivas das medições em mSv/ano por município e zona	45

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Fluxograma Projeto Planalto Poços de Caldas .....	5
FIGURA 2 – Localização da área de estudo com destaque para a altitude ..... e a ocorrência de radionuclídeos na região.	22
FIGURA 3 – Penetração das radiações ionizantes .....	24
FIGURA 4 – Imagem de Satélite do Planalto Poços de Caldas .....	30
FIGURA 5 – Conjunto instalado em um veículo de passeio: detector gama ..... de alta sensibilidade acoplado a um GPS e a um microcomputador.	37
FIGURA 6 – Distribuição percentual das doses anuais (mSv/ano) medidas .....	43
FIGURA 7 – Boxplot da dose gama em Poços de Caldas, MG - em mSv/ano.....	46
FIGURA 8 – Histograma da dose gama na zona urbana de Poços de Caldas .....	46
FIGURA 9 – Histograma da dose gama na zona rural de Poços de Caldas .....	46
FIGURA 10 – Boxplot da dose gama em Andradas, MG - em mSv/ano .....	48
FIGURA 11 – Histograma da dose gama na zona urbana de Andradas .....	48
FIGURA 12 – Histograma da dose gama na Zona rural de Andradas .....	48
FIGURA 13 – Boxplot da dose gama em Caldas, MG - em mSv/ano .....	50
FIGURA 14 – Histograma da dose gama na zona urbana de Caldas .....	50
FIGURA 15 – Histograma da dose gama na zona rural de Caldas .....	50
FIGURA 16 – Boxplot da dose gama em Ibitiúra de Minas, MG - em mSv/ano .....	52
FIGURA 17 – Histograma da dose gama na zona urbana de Ibitiúra de Minas .....	52
FIGURA 18 – Histograma da dose gama na zona rural de Ibitiúra de Minas .....	52
FIGURA 19 – Boxplot da dose gama em Santa Rita de Caldas, MG - em mSv/ano .....	54
FIGURA 20 – Histograma da dose gama na zona urbana de Santa Rita de Caldas .....	54
FIGURA 21 – Histograma da dose gama na zona rural de Santa Rita de Caldas .....	54
FIGURA 22 – Número absoluto de medições de dose, segundo categorias ..... de doses acima de 10 mSv/ano.	57
FIGURA 23 – Dose gama externa – Áreas urbana e rural dos municípios .....	58
FIGURA 24 – Dose gama externa nos municípios .....	59

## LISTA DE MAPAS

MAPA 1 – Dose gama externa no município de Poços de Caldas .....	47
MAPA 2 – Dose gama externa na zona urbana de Poços de Caldas .....	47
MAPA 3 – Dose gama externa no município de Andradas .....	49
MAPA 4 – Dose gama externa na zona urbana de Andradas .....	49
MAPA 5 – Dose gama externa no município de Caldas .....	51
MAPA 6 – Dose gama externa na zona urbana de Caldas .....	51
MAPA 7 – Dose gama externa no município de Ibitiúra de Minas .....	53
MAPA 8 – Dose gama externa na zona urbana de Ibitiúra de Minas .....	53
MAPA 9 – Dose Gama Externa no Município de Santa Rita de Caldas .....	55
MAPA 10 – Dose gama externa na zona urbana de Santa Rita de Caldas .....	55
MAPA 11 – Densidade demográfica dos cinco municípios do Planalto Poços de Caldas por setores censitários – Minas Gerais .....	77
MAPA 12 – Doses de radiação gama externa na malha viária .....	78
dos cinco municípios do Planalto Poços de Caldas – Minas Gerais	
MAPA 13 – Doses interpoladas de radiação gama externa na malha viária .....	79
dos cinco municípios do Planalto Poços de Caldas – Minas Gerais (por hectare)	
MAPA 14 – Doses máximas de radiação gama externa na malha viária .....	80
dos cinco municípios do Planalto Poços de Caldas – Minas Gerais (por hectare)	
MAPA 15 – Doses médias interpoladas de radiação gama externa .....	81
segundo óbitos por câncer e municípios selecionados do Planalto Poços de Caldas	
MAPA 16 – Doses máximas interpoladas de radiação gama externa .....	82
segundo óbitos por câncer e municípios selecionados do Planalto Poços de Caldas	

## **PARTE I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS**



## 1.1 HISTÓRICO

Em 1948 foi detectada radioatividade em minerais de zircônio no Planalto Poços de Caldas. No ano de 1959, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) iniciou uma usina para extração de urânio, encerrada em 1961. Foram descobertas as jazidas no Campo do Agostinho (urânio e molibdênio) em 1965 e a de urânio do Campo do Cercado (atual INB) em 1970, sendo abertas as primeiras galerias em 1974. Nesse mesmo ano foi criado o Laboratório de Poços de Caldas. Em 1982, iniciou-se a exploração comercial de urânio, e em 1995 ocorreu a paralisação da lavra.

A Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais, o Instituto Nacional de Câncer e a Comissão Nacional de Energia Nuclear – Laboratório de Poços de Caldas, a partir das várias solicitações de investigação de aumento do número de casos de câncer em municípios da região sul de Minas Gerais, iniciaram os trabalhos em 2004, para maior esclarecimento sobre o problema. No caso específico dos municípios do Planalto Poços de Caldas, existia uma preocupação quanto a uma associação do suposto aumento na incidência de câncer com a exposição à radiação natural, pelo fato de a região ser mundialmente reconhecida como uma área de radiação natural elevada (CULLEN, 1975; PENNA FRANCA *et al.*, 1965; PENNA FRANCA, 1977; AMARAL, 1992).

Pela inexistência de Registro de Câncer de Base Populacional nesses municípios, não foi possível identificar a incidência de câncer na população. Portanto, o estudo preliminar foi realizado com os dados disponíveis no Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM) (DATASUS, Ministério da Saúde), para avaliar a mortalidade por cânceres selecionados segundo o município de residência do óbito. A metodologia consistiu no cálculo da Razão de Mortalidade Padronizada (RMP) (*Standardized Mortality Ratio – SMR*), para cada município, que é a razão entre os óbitos observados e os óbitos esperados, sendo considerado excesso os valores acima de 100%, estatisticamente significativos. Para os cálculos utilizou-se como população padrão a do Estado de Minas Gerais por categoria de idade. Foi evidenciado um excesso de óbitos para algumas localizações primárias de câncer, cujos resultados foram apresentados em um fórum estadual realizado em 19/08/2005, em Belo Horizonte, e em 09 a 11/11/05, no I Fórum Regional em Poços de Caldas.

Em 2007, o estudo foi publicado com aplicação de uma metodologia de *screening* para avaliar a mortalidade por câncer. Dessa forma, os municípios de Andradas, Poços de Caldas e Pouso Alegre foram categorizados como de altíssima prioridade de investigação.

No I Fórum Regional de Poços de Caldas, foi realizado um importante trabalho com a comunidade, através da construção da Matriz proposta pela Organização Mundial de Saúde (OMS) – Forças Motrizes, Pressões, Estados, Exposições, Efeitos e Ações (FPEEEA), que é uma metodologia que vem sendo adotada no desenvolvimento da vigilância ambiental em saúde no Brasil (CASTRO *et al.*, 2003). O público participante, formado por profissionais de saúde, representantes de associações e outros interessados da sociedade civil organizada, apontou como fatores de risco mais relevantes para o câncer na região os agrotóxicos e a radiação.

TABELA 1

Estudo de Mortalidade por cânceres selecionados segundo municípios e localizações primárias consideradas como de alta e de altíssima prioridade em futuras investigações. Período: 1998 a 2002.

Município/MG	Causa de Óbito*	Masculino Observado	RMP (IC95%)	Causa de Óbito*	Feminino Observado	RMP (IC95%)
<b>Alta Prioridade – RMP entre 100 e 200%**</b>						
Andradas	Todas as neoplasias	92	128 (102-155)	-	-	-
Poços de Caldas	Todas as neoplasias	314	121 (107-134)	Todas as neoplasias	298	127 (112-141)
	Pulmão	49	147 (106-188)	-	-	-
	Mama	51	168 (122-213)	-	-	-
Pouso Alegre	Todas as neoplasias	283	157 (138-175)	Todas as neoplasias	232	149 (130-168)
<b>Altíssima Prioridade – RMP acima de 200%***</b>						
Andradas	Pulmão	16	208 (106-310)	Fígado	7	403 (104-701)
Poços de Caldas	Leucemia	19	284 (156-412)	Leucemia	17	211 (111-312)
Pouso Alegre	Leucemia	10	333 (127-540)	Hematológicos**	13	257 (118-396)

Fonte: Otero, Antoniazzi *et al.*, 2007.

\* Classificação Internacional de Doenças – 10ª revisão. \*\* Linfomas e Mielomas

\*\* Alta prioridade em futuras investigações: RMP entre 100% e 200% (IC95%)

\*\*\*Altíssima prioridade em futuras investigações: RMP maior que 200% (IC95%)

Em 2006, foi elaborado um projeto, por uma equipe interinstitucional e multidisciplinar, para atender às várias vertentes de vigilância em saúde em populações expostas à radiação natural elevada. Desta forma, o Programa de Avaliação e Vigilância do Câncer e seus Fatores de Risco (SVS/SES-MG), a Área de Vigilância do Câncer relacionado ao Trabalho e ao Ambiente (CONPREV/INCA) e o Laboratório de Poços de Caldas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (LAPOC/CNEN) firmaram uma importante parceria técnica. O apoio da Coordenação Geral de Vigilância Ambiental – CGVAM/Ministério da Saúde e das cinco secretarias municipais de saúde foi fundamental para a consolidação da proposta. O financiamento foi realizado pelo projeto do plano estadual do Vigisus II, meta 4.1 – Pesquisa de Radiação e Câncer, e as instituições parceiras realizaram o apoio técnico e operacional nas ações relacionadas às suas atividades de rotina.



*I Fórum Regional do Planalto Poços de Caldas - Matriz da OMS - Grupo de Discussão de Poços de Caldas. (Em pé): ministrador Marcelo Moreno (INCA) e monitores; Berenice Navarro (SES-MG), Moacir Cipriani (CNEN, ao fundo). Local: Casino Palace – Poços de Caldas – 10/11/2005.*

## 1.2 PROJETO PLANALTO POÇOS DE CALDAS

O projeto foi elaborado com foco em cinco municípios do Planalto Poços de Caldas, sendo composto de três etapas: (1) **Vigilância do Câncer**: para fortalecer a prevenção dos fatores de risco e o SUS local, identificar a incidência da doença (Registro de Câncer de Base Populacional – RCBP) e a qualidade da assistência (Registro Hospitalar de Câncer – RHC); (2) **Pesquisa de Radiação Natural e Saúde**: em razão da insuficiência de dados, foi indicada a realização de medições da dose de radiação natural para possibilitar a necessária avaliação de risco à saúde, (3) **Estudos Epidemiológicos**: para elucidar o cenário da mortalidade e morbidade por câncer na região e a influência dos fatores de risco. (4) **Comunicação de risco**: visa à clareza dos resultados aos diferentes públicos: profissionais, população e *stakeholders*.

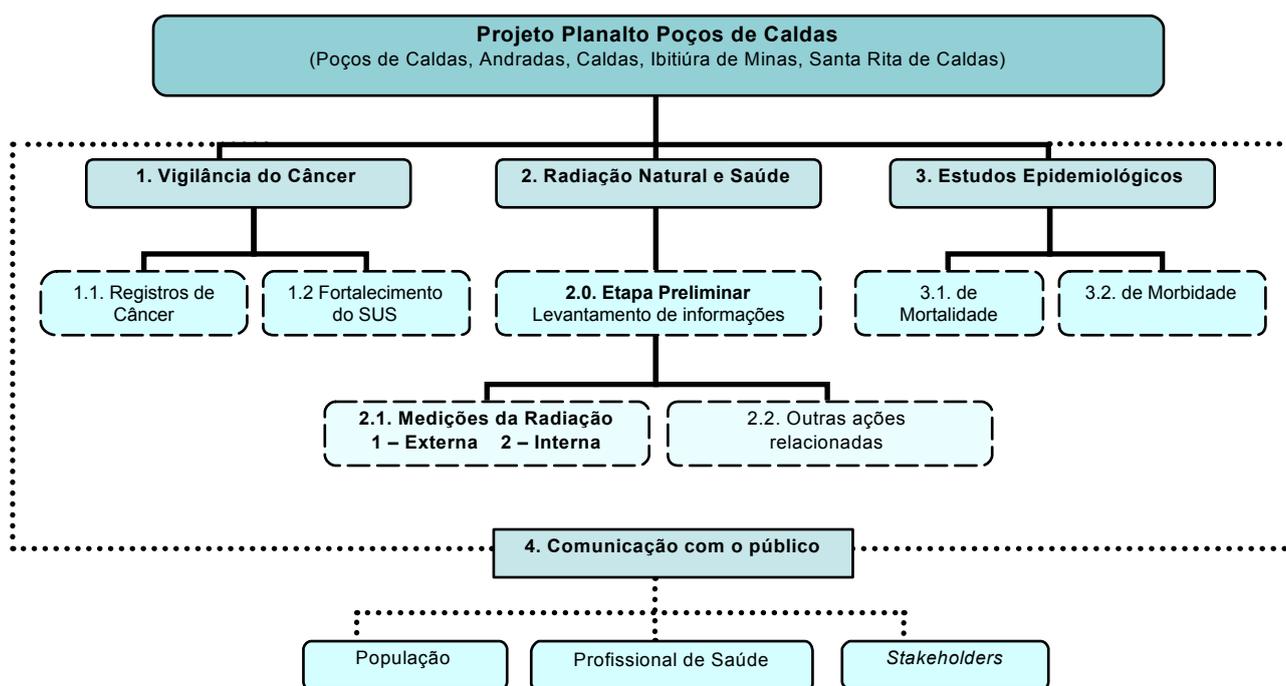


FIGURA 1 – Fluxograma Projeto Planalto Poços de Caldas

## 1.3 OBJETIVO

Disponibilizar para a população do Planalto Poços de Caldas informações científicas, tecnicamente confiáveis e eticamente seguras sobre a ocorrência de câncer e realizar as medições da radiação ionizante natural externa, em 100% dos cinco municípios pesquisados.

A expectativa foi de as informações geradas servirem de ferramentas para os gestores e órgãos reguladores, na implantação e na implementação de ações, para melhorar a qualidade de vida na região.

## 1.4 A INICIAÇÃO

### 1.4.1 Discussão e Apoio dos Municípios – 2006

A comissão coordenadora interinstitucional visitou as secretarias municipais de saúde dos cinco municípios para apresentar, discutir e solicitar adesão ao projeto.



*Visitas nas Secretarias Municipais de Saúde de Andradas, Caldas, Ibitiúra de Minas e Santa Rita de Caldas – Maio de 2006*

### 1.4.2 Preparação Técnica



*Poços de Caldas, Maio/2007 – Curso de Georreferenciamento das medidas de radiação*

*Participação técnica: 25 profissionais*

*5 SMS – GRS Pouso Alegre – INCA – SES-MG  
LAPOC/CNEN*

## 1.5 RESULTADOS PRELIMINARES

### 1.5.1 Vigilância do Câncer e Estudos Epidemiológicos

A Vigilância do Câncer do Estado de Minas Gerais teve como principal foco iniciar na região um sistema permanente de informação de câncer: o Registro de Câncer de Base Populacional (RCBP) e o Registro Hospitalar de Câncer (RHC). O primeiro para a incidência populacional, e o segundo para o perfil da assistência.

O sistema do RCBP, por gerar taxas padronizadas, permite realizar análises epidemiológicas comparativas da incidência com outros registros do País e do mundo, inclusive aqueles que também monitoram populações expostas à radiação natural elevada. O RCBP–Poços de Caldas encontra-se na vigilância epidemiológica da secretaria municipal de saúde, e a infraestrutura física foi propiciada com os recursos financeiros do Vigisus II. Em 2008, os profissionais foram capacitados em registros de câncer. Em 2009, a comissão assessora foi estabelecida pela Portaria GAB Poços de Caldas, em 11/2009, para o suporte técnico e científico do registro. Os trabalhos estão na fase inicial, de coleta dos casos novos nas fontes (hospitais, laboratórios, clínicas).

O Registro Hospitalar de Câncer da Santa Casa de Misericórdia de Poços de Caldas foi implantado em 2006. Em 2008, participou juntamente da publicação estadual de 23 RHC-MG, com os dados do ano de 2005. Em 2009, finalizou a base de dados dos casos novos do ano de 2007. Por ser um dos centros de referência de alta complexidade do SUS-Brasil para assistência do câncer, é obrigatório o envio anual dos dados ao Instituto Nacional de Câncer (INCA) (Portaria MS, SAS nº 62, 11/03/09), para divulgação nacional no portal da vigilância do INCA/MS.

A divulgação das informações dos registros de câncer ocorre em tabulação pública, ou seja, com sigilo dos dados pessoais. Todos os profissionais dos registros de câncer, por meios legais, têm essa obrigatoriedade. No Brasil, o INCA realiza as capacitações técnicas, e os alunos aprovados são certificados pela Coordenação de Ensino e Divulgação Científica – INCA/MS.

#### **Estudos Epidemiológicos: Validação dos óbitos por tipos de câncer, segundo residência em Andradas, Caldas e Poços de Caldas**

A Vigilância Estadual de Câncer conduziu a investigação dos 254 casos de óbitos por cânceres selecionados, ocorridos entre 1999 a 2005, nos municípios analisados, cujos resultados são apresentados nos itens 1.5.5 e 1.5.6.

### 1.5.2 Radiação Natural e Saúde

As informações preliminares foram insuficientes para avaliar a radiação natural e seus efeitos na saúde da população, sendo, portanto indicadas as seguintes ações: (a) medição da radiação ionizante natural gama externa terrestre e a elaboração do mapa de dose da região, (b) análises comparativas com os níveis internacionais, (c) georreferenciamento dos óbitos por cânceres selecionados no mapa de dose.

### 1.5.3 Vigilância do Câncer – Implantação do Registro de Câncer de Base Populacional de Poços de Caldas (RCBP-PC) – 2008 e 2009

O Registro de Câncer de Base Populacional (RCBP) é um centro de coleta, processamento e análise, de forma sistemática e contínua, para informação da incidência de câncer na população. O RCBP de Poços de Caldas é o primeiro do interior do Estado de Minas Gerais. Em 2009 foi iniciada a coleta dos casos novos, sendo esses trabalhos monitorados pelo Programa Estadual de Vigilância do Câncer da SVS/SES-MG.



*Capacitação em registros de câncer – RCBP. Belo Horizonte (MG), 2008.*

*Instituições ministradoras:  
CONPREV/INCA  
PAV-MG*

*Em destaque, os cinco profissionais capacitados das secretarias municipais de saúde de Poços de Caldas (1), Andradas (2) e Caldas (2).*



*Em 07/08/09, o secretário municipal de Saúde de Poços de Caldas (em destaque) apresentou os membros da Comissão Assessora do RCBP para a GRS de Pouso Alegre e comissão do projeto. A comissão é formada por médicos, patologistas, físico nuclear e técnicos da vigilância em saúde (Portaria GABPC nº 11/2009).*

## 1.5.4 Vigilância do Câncer: Publicação estadual 23 RHC-MG



### Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de Poços de Caldas – Minas Gerais

O Hospital da Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de Poços de Caldas, com sede na Praça Francisco Escobar s/n°, foi fundado em 1904, em um pequeno e modesto prédio doado pela benemérita Dona Maria das Dores do Rosário e instalado inicialmente na Rua Assis Figueiredo, com o nome de Santa Casa, onde ficou até 1920. De 1920 até 1962 trocou de endereço, tamanho e capacidade de atendimento por três vezes, graças ao trabalho incansável de um sem número de abnegados beneméritos cujos nomes não são citados para não incorrer no erro de não declinar alguns. Finalmente em 20 de maio de 1962, a Santa Casa foi instalada em seu endereço atual. De lá pra cá, a entidade cresceu a cada dia, e hoje podemos afirmar que a Santa Casa é um dos maiores patrimônios que Poços de Caldas possui (RHC-MG, v. 1, 2008).

### Informações do Registro Hospitalar de Câncer

**Coordenador:** Nimeo Rafael Gracete Balbuena

**Registrador:** Kelli de Freitas Machado

**Comissão Assessora:** Cláudio Rogério Carneiro, Fabiana Damasceno Bárbara, Kelli de Freitas Machado, Nimeo Rafael Gracete Balbuena

**Contato:** Oncologia (35) 3729-6121

1-Tipo de assistência realizada pelo hospital	Geral	9-Os Técnicos do RHC são capacitados	Sim
2-Caráter	Filantrópico	10-Sala Exclusiva	Não
3-Unacon / Cacon	Sim	11 -Linha Telefônica	Não
4-Todas as Consultas Ano (Total)	10.800	12-Informatizado	Sim
5-Total de casos novos no último ano consolidado pelo RHC	453	13-Quais Anos Consolidados	2005
6- Primeiras Clínicas de Entrada	Clinico e cirúrgico	14-Tipo de Coleta Casos RHC	Prontuário
7- Ano de Implantação RHC	2004	15-O RHC tem publicação?	Não
8-Os registradores são exclusivos do RHC?	Sim	16-Tipo de Divulgação	Nenhuma

Fonte: Questionário de Atualização RHC em 24 de outubro de 2007 (RHC-MG, v.1, 2008)  
Equipe atualizada em 04 de novembro de 2009

Distribuição do total de casos de câncer, por localização do tumor primário, segundo o sexo - Casos Analíticos e Não Analíticos - 2005

COD	LOCALIZAÇÃO DO TUMOR PRIMÁRIO (CID-O)	IGNORADO		FEMININO		MASCULINO		TOTAL	
		f	%	f	%	f	%	f	%
C00	LÁBIO	0	0,000	0	0,000	2	0,009	2	0,004
C01	BASE DA LÍNGUA	0	0,000	1	0,005	1	0,004	2	0,004
C02	OUTRAS PARTES E PARTES NÃO ESPECIFICADAS DA LÍNGUA	0	0,000	1	0,005	2	0,009	3	0,007
C05	PALATO	0	0,000	0	0,000	5	0,022	5	0,011
C06	OUTRAS PARTES E PARTES NÃO ESPECIFICADAS DA BOCA	0	0,000	1	0,005	1	0,004	2	0,004
C06-C00	***** TOTAL DE TUMORES DE BOCA *****	0	0,000	3	0,014	11	0,047	14	0,031
C10	OROFARINGE	0	0,000	0	0,000	1	0,004	1	0,002
C11	NASOFARINGE	0	0,000	1	0,005	2	0,009	3	0,007
C13	HIPOFARINGE	0	0,000	0	0,000	2	0,009	2	0,004
C15	ESÔFAGO	0	0,000	1	0,005	13	0,056	14	0,031
C16	ESTÔMAGO	0	0,000	5	0,023	9	0,039	14	0,031
C18	CÓLON	0	0,000	19	0,086	13	0,056	32	0,071
C19	JUNÇÃO RETOSSIGMOIDIANA	0	0,000	2	0,009	7	0,030	9	0,020
C20	RETO	0	0,000	1	0,005	9	0,039	10	0,022
C22	FÍGADO E VIAS BILIARES INTRA-HEPÁTICAS	0	0,000	1	0,005	0	0,000	1	0,002
C25	PÂNCREAS	0	0,000	1	0,005	1	0,004	2	0,004
C31	SEIOS DA FACE	0	0,000	1	0,005	1	0,004	2	0,004
C32	LARINGE	0	0,000	3	0,014	3	0,013	6	0,013
C34	BRÔNQUIOS E PULMÕES	0	0,000	5	0,023	16	0,069	21	0,046
C41	NEOPLASIA MALIGNA DOS OSSOS E DAS CARTILAGENS ARTICULARES DE OUTRAS LOCALIZAÇ(	0	0,000	1	0,005	0	0,000	1	0,002
C42	SISTEMAS HEMATOPOÉTICO E RETICULOENDOTELIAL	0	0,000	14	0,063	14	0,060	28	0,062
C44	PELE	0	0,000	30	0,136	21	0,091	51	0,113
C49	TECIDO CONJUNTIVO, SUBCUTÂNEO E OUTROS TECIDOS MOLES	0	0,000	0	0,000	4	0,017	4	0,009
C50	MAMA	0	0,000	84	0,380	0	0,000	84	0,185
C53	COLO DO ÚTERO	0	0,000	13	0,059	0	0,000	13	0,029
C54	CORPO DO ÚTERO	0	0,000	5	0,023	0	0,000	5	0,011
C55	ÚTERO	0	0,000	2	0,009	0	0,000	2	0,004
C56	OVÁRIO	0	0,000	13	0,059	0	0,000	13	0,029
C58	PLACENTA	0	0,000	3	0,014	0	0,000	3	0,007
C60	PÊNIS	0	0,000	0	0,000	3	0,013	3	0,007
C61	PRÓSTATA	0	0,000	0	0,000	79	0,341	79	0,174
C62	TESTÍCULO	0	0,000	0	0,000	2	0,009	2	0,004
C64	RIM	0	0,000	2	0,009	2	0,009	4	0,009
C67	BEXIGA	0	0,000	3	0,014	8	0,034	11	0,024
C71	ENCÉFALO	0	0,000	0	0,000	2	0,009	2	0,004
C73	GLÂNDULA TIRÓIDE	0	0,000	0	0,000	1	0,004	1	0,002
C74	GLÂNDULA SUPRA-RENAL	0	0,000	1	0,005	0	0,000	1	0,002
C76	OUTRAS LOCALIZAÇÕES E LOCALIZAÇÕES MAL DEFINIDAS	0	0,000	2	0,009	1	0,004	3	0,007
C77	LINFONODOS (GÂNGLIOS LINFÁTICOS)	0	0,000	3	0,014	7	0,030	10	0,022
C80	LOCALIZAÇÃO PRIMÁRIA DESCONHECIDA	0	0,000	2	0,009	0	0,000	2	0,004
<b>TOTAL</b>		0	0,000	221	1,000	232	1,000	453	1,000

Distribuição dos linfomas e leucemias, segundo o tipo histológico, por sexo - Casos Analíticos e Não Analíticos - 2005

COD	TIPO HISTOLÓGICO (CID-O)	IGNORADO		FEMININO		MASCULINO		TOTAL	
		f	%	f	%	f	%	f	%
959	Linfoma Maligno, SOE ou Difuso	0	0,000	5	0,278	8	0,333	13	0,310
965	Linfoma de Hodgkin, Celularidade Mista ou Depleção Linfocítica	0	0,000	0	0,000	3	0,125	3	0,071
969	Linfoma de Células B Maduras	0	0,000	1	0,056	0	0,000	1	0,024
973	Tumores de Plasmócitos	0	0,000	6	0,333	3	0,125	9	0,214
980	Leucemias, SOE	0	0,000	0	0,000	1	0,042	1	0,024
982	Leucemias Linfóides	0	0,000	3	0,167	4	0,167	7	0,167
986	Leucemias Mielóides	0	0,000	1	0,056	3	0,125	4	0,095
996	Alterações Mielo Proliferativas Crônicas	0	0,000	2	0,111	1	0,042	3	0,071
998	Síndrome Mielodisplásica	0	0,000	0	0,000	1	0,042	1	0,024
<b>TOTAL</b>		0	0,000	18	1,000	24	1,000	42	1,000

Fonte: PAV-MG / SisRHC versão 2.4 - CNES 00002129469 SANTA CASA DE POÇOS DE CALDAS - posição em 09/09/2008 (271 validados incluídos e nenhum incoerente excluído)

- 453 casos diagnosticados como neoplasia maligna no ano de 2005 foram tratados nesse hospital. Sabe-se que 262 casos (58%) foram após 60 anos de idade; 115 aos 60-69 (25%); 118 aos 70-79 (26%) e 29 acima de 80 (6,4%).

- 274 casos (60%) foram por 5 localizações primárias: 84 casos de mama (18,6%), 79 próstata (17,4%), 51 pele (11,3%), 32 cólon (7,1%) e 28 (6,2%) dos sistemas hematopoiéticos e reticuloendotelial.

- 42 casos (9,2%) tiveram histologia de linfomas ou leucemias, sendo 29 (6,4%) de 3 tipos:

linfoma maligno soe/difuso (13 casos), tumores de plasmócitos (9 casos) e leucemias linfóides (7 casos).

*Nota: ressalte-se que os dados hospitalares não representam a incidência populacional, pois os portadores podem tratar-se em outros hospitais, como também nem todos os casos tratados são do mesmo município do hospital.*

- Apenas o RCBP poderá obter a informação da incidência de câncer na população residente -

### 1.5.5 Validação dos Óbitos por Cânceres de Pulmão, Leucemia e Linfoma nos municípios de Andradas, Caldas e Poços de Caldas - MG

A causa específica do óbito muitas vezes não é bem caracterizada na declaração de óbito (INCA, 2008). A validação de óbitos consiste em uma análise de concordância (Método Kappa) entre a causa básica do óbito informada no sistema de mortalidade (D.O.) e os dados obtidos na investigação do óbito (MONTEIRO, KOIFMAN, S. KOIFMAN, R.J., 1997).

Foram buscadas as informações clínicas e os exames de diagnóstico de 254 óbitos (DATASUS, sistema de mortalidade, 1999 a 2005), segundo residência nos municípios citados e a causa básica por um dos cânceres selecionados (TAB. 2).

Uma equipe de registradores de câncer do Registro de Câncer de Base Populacional da SES-MG, sob sigilo ético, foi deslocada para os hospitais de ocorrência dos óbitos investigados, para a coleta de dados em planilhas específicas.

TABELA 2

*Distribuição dos óbitos por cânceres selecionados\*, por município de residência e sexo, 1999 a 2005*

Município (MG)	Total	Homens	Mulheres
Andradas	40	26 (65,0%)	14 (35,0%)
Caldas	19	13 (68,4%)	6 (31,6%)
Ibitiúra de Minas	0	-	-
Poços de Caldas	195	119 (61,0%)	76 (39,0%)
Santa Rita de Caldas	0	-	-
<b>Total da Região</b>	<b>254**</b>	<b>158 (62,2%)</b>	<b>96 (37,8%)</b>

Fonte: SIM – Sistema de Informação sobre Mortalidade – MG, 1999-2005

\*Cânceres selecionados (CID-10): Pulmão (C34), Leucemias (C-90-95) e Linfomas (C81-C85)

\*\* Vide distribuição dos óbitos nos municípios/Apêndice MAPA 15

Após dois anos (2007 a 2009), o percentual de perdas pela falta de exames de diagnóstico do câncer pesquisado ou por insuficiente anotação médica na documentação consultada foi de 49,6%, sendo esgotada a possibilidade de diminuir esse elevado percentual, o que comprometeria as análises. Há de se destacar a importante participação das instituições de saúde no levantamento desses casos de óbitos, da vigilância epidemiológica das secretarias municipais de saúde e dos agentes comunitários de saúde dos PSF de Andradas e Caldas, na busca domiciliar dessas informações.

O grupo de pesquisa optou por apresentar esses resultados para as secretarias municipais de saúde, com vistas à melhoria da informação de saúde e ao acondicionamento da documentação médica, uma vez que o estudo também propunha identificar a qualidade da informação nos serviços de saúde da região e contribuir com a gestão local. A discussão dos resultados preliminares foi realizada em 04/06/08, na Comissão Intergestores Bipartite (CIB) de Poços de Caldas, com os gestores de saúde e posteriormente nas reuniões técnicas com as vigilâncias epidemiológicas dos municípios pesquisados. Em junho de 2009, os trabalhos de investigação foram suspensos definitivamente, sendo enviado um relatório sucinto ao comitê de ética do INCA que realizava o acompanhamento desse estudo.

Em alguns serviços de saúde evidencia-se a melhoria do arquivo médico e a sensibilização dos profissionais de saúde ao preenchimento correto e completo, dos laudos e prontuários, o que muito contribuirá na qualidade dos sistemas de informação dos registros de câncer em atividade.

### 1.5.6 Trabalho de Campo da Investigação dos Óbitos – 2007/2008

Os registradores de câncer da SES-MG realizaram a coleta de dados nos hospitais de ocorrência dos óbitos investigados. O RHC da Santa Casa de Misericórdia de Poços de Caldas e o RHC do Hospital Bom Pastor (Varginha), assim como outros hospitais, prestaram importante apoio nos trabalhos.



(A e B) Coleta de dados nas instituições de ocorrência do óbito por cânceres selecionados;



(C) Santa Casa de Misericórdia de Andradas, 2008; (D) Hospital Bom Pastor de Varginha, 2009;



(E) Equipe de campo, médicos da Santa Casa de Poços de Caldas e representante da Vigilância em Saúde; (F) Controle de qualidade – Local: SVS/SES-MG (Superintendência de Epidemiologia).

## 1.5.7 Discussão dos resultados preliminares

Os resultados preliminares da Vigilância do Câncer e das Medições de Radiação foram apresentados na CIB-Poços de Caldas, em 04/06/08. Também foram realizadas visitas técnicas locais nas secretarias municipais de saúde para uma melhor interação dos profissionais de saúde sobre a questão.



(A) Reunião SMS-Poços de Caldas; (B) Equipe Coordenadora com o secretário municipal de Saúde de Poços de Caldas Dr. Mário Roberto Ferreira (2008)



(C) Reunião SMS-Andradas, 2008; (D) Reunião SMS-Caldas, 2008;



(E) Reunião com os gestores, na CIB-Poços de Caldas – Data: 04/06/2008.

## **1.6 VIGILÂNCIA DO CÂNCER E SEUS FATORES DE RISCO**

### **1.6.1 O que é Vigilância do Câncer**

Para descrever a epidemiologia do câncer em uma população é necessário conhecer sua incidência, sua mortalidade e sua sobrevida. A incidência é conhecida por meio dos Registros de Câncer de Base Populacional, e a mortalidade é conhecida por meio do sistema de mortalidade. A sobrevida pode ser estudada por meio de registros populacionais, hospitalares e estudos clínicos (INCA, 2008).

A vigilância do câncer atua em todos os níveis de atenção: promoção de saúde, prevenção dos fatores de risco, detecção precoce, tratamento, cuidados paliativos e mortalidade. O principal objetivo é obter e divulgar a informação epidemiológica da doença para subsidiar a gestão em saúde e outras áreas relacionadas, visando à prevenção e ao controle da doença na população.

### **1.6.2 Registro de Câncer de Base Populacional – RCBP: Incidência**

É o principal componente na vigilância epidemiológica do câncer. O RCBP é um centro de coleta sistemática e contínua de casos novos anuais ocorridos em uma determinada área geográfica. Existem no Brasil 21 RCBP, a maioria nas capitais, que alimentam o sistema nacional de informação de câncer para a realização das estimativas do País, pelo Instituto Nacional de Câncer. O RCBP da Vigilância do Câncer da Subsecretaria de Vigilância em Saúde / Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais realiza a cobertura da população de Belo Horizonte.

### **1.6.3 Registro Hospitalar de Câncer – RHC: Perfil da Assistência**

São centros de coleta sistemática e contínua dos casos de câncer tratados nos hospitais de alta complexidade. A Vigilância do Câncer capacita e monitora 27 registros hospitalares, instalados nos hospitais de alta complexidade de assistência de câncer (Portaria MS, 741/05). As informações subsidiam a avaliação da efetividade da rede assistencial e possibilitam os estudos de sobrevida. A Santa Casa de Misericórdia de Poços de Caldas integra a rede estadual dos RHC-MG.

### **1.6.4 Estudos Epidemiológicos**

A busca de explicações para o aparecimento do câncer tem envolvido cada vez mais pesquisas que integram as várias áreas de conhecimento médico, epidemiológico, entre outras. A investigação científica permite levantar evidências que também resultarão na melhor gestão dos riscos encontrados. A tendência mundial é o maior esclarecimento sobre a interação do processo saúde e meio ambiente que envolve necessariamente a relação das sociedades humanas (INCA, 2006).

## 1.6.5 Fatores de Risco de Câncer

O prolongamento da expectativa de vida e o conseqüente envelhecimento das populações fazem com que doenças crônico-degenerativas destaquem-se no cenário epidemiológico. O câncer é considerado um problema de saúde pública mundial e, por apresentar tendência crescente, continuará a ser prioridade nos próximos anos (MG-PAV, 2008).

Não há dúvida que em vários tipos de câncer a susceptibilidade genética tem papel importante, mas é a interação entre essa susceptibilidade e os fatores ou as condições resultantes do modo de vida e do ambiente que determina o risco do surgimento da doença (INCA, 2006). Desta forma, é possível entender a variação encontrada dos principais tipos de câncer entre os países em desenvolvimento e os desenvolvidos (ANTONIAZZI, D'ALESSANDRO, TEIXEIRA, 2008).

Mais de 75% dos fatores de risco de câncer são evitáveis e modificáveis (ANTONIAZZI, 2007). A mudança individual de comportamento para um estilo de vida mais saudável tem fundamental importância na redução do risco da doença. Nos países em desenvolvimento, 27% dos cânceres são atribuídos à infecção crônica causada por alguns tipos de vírus, bactérias e parasitas (CDC, 2006). Um dos principais agentes é a bactéria *Helicobacter pylori*, do carcinoma e linfoma gástricos. O emprego inadequado de alguns métodos de conservação de alimentos é fator de risco, principalmente para os cânceres de estômago e esôfago, como: conservas, picles, defumados, por causa de grandes quantidades de nitratos e nitritos. Ao serem consumidos rotineiramente, como hábito alimentar do indivíduo, essas substâncias são capazes de promover a lesão celular e a formação tumoral (BASUALDO, 2009).

Outros agentes infecciosos associados ao câncer são: o vírus Epstein-Barr, associado aos linfomas de Hodgkin e de Burkitt, sendo que o primeiro acomete mais crianças e idosos. O vírus da hepatite B (HBV) e o vírus da hepatite C (HCV) que está associado ao câncer de fígado (hepatocarcinoma). O vírus T-linfotrópico humano tipo I (HTLV-1) associado ao linfoma de células T do adulto; o *schistosoma haematobium* ao câncer de bexiga; o *Opisthorchis viverrini* ao câncer das vias biliares e o *papilomavírus humano* (HPV) ao câncer de colo do útero (INCA, 2006).

O tabaco é responsável por 90% dos casos de câncer de pulmão e por 30% das mortes decorrentes de câncer de laringe, faringe, boca, esôfago, pâncreas, rim, bexiga, leucemia mieloide, além de estar relacionado a várias outras 50 patologias (PINTO, 2008). O álcool aumenta o risco de câncer de boca, faringe, laringe, esôfago, fígado e mama. Esse risco aumenta independentemente do tipo de bebida e é maior para as pessoas que bebem e fumam (INCA, 2002). Mais de 30% dos casos de câncer estão relacionados à alimentação inadequada (BASUALDO, 2009).

O câncer ocupacional, causado pela exposição, durante a vida laboral, a agentes cancerígenos presentes no ambiente do trabalho, representa cerca de 2% a 4% de todos os casos de câncer, sendo os mais frequentes os cânceres de pulmão, pele, bexiga e leucemias. A International Agency of Câncer (IARC) reconhece 99 substâncias como carcinogênicas. Pode-se citar o alumínio (cânceres de pulmão e de bexiga), a borracha (leucemia e estômago), a coqueria (cânceres de pele, pulmão, rim, intestino e pâncreas), a fundição de ferro e aço (cânceres de pulmão, leucemia, estômago, próstata e rim); a madeira e o mobiliário (cânceres de pulmão, brônquios, nasal, da cavidade oral e mieloma); o couro e sapatos (cânceres de pulmão, cavidade oral, nasal, faringe, estômago, bexiga, adenocarcinoma) (INCA, 2006).

Uma quantidade considerável de fatores de risco conhecidos para o câncer está relacionada a exposições de longa duração. Boa parte desses fatores diz respeito a comportamentos construídos nas duas primeiras décadas de vida, como a ausência da prática regular de exercícios físicos, a alimentação inadequada, o uso do tabaco e de álcool, a não vacinação contra agentes infecciosos como a hepatite B, entre outros (INCA, 2006).

## **Fatores de Risco combinados**

O câncer tem etiologia multifatorial e a combinação dos fatores entre si pode potencializar o desenvolvimento de vários tipos de câncer; por exemplo, o uso do álcool, aumenta em 50% as chances do surgimento do câncer da boca na população exposta ambos os fatores, ou seja, tabaco e álcool (INCA, 2002). A globalização dos fatores de risco é uma realidade, e sabe-se que a redução isolada de apenas um deles pode ser insuficiente para garantir a efetividade das ações preventivas (INCA, 2006).

## **Radiação**

A radiação ionizante na forma natural está presente no mundo e todas as pessoas estão expostas a uma exposição crônica de baixas doses ao longo da vida. Em relação ao câncer, a maior preocupação é a radiação ionizante artificial proveniente dos equipamentos de raios X (CDC, 2006).

**PARTE II – MEDIÇÕES DA RADIAÇÃO NATURAL  
GAMA EXTERNA EM CINCO MUNICÍPIOS DO PLANALTO  
POÇOS DE CALDAS – MINAS GERAIS – BRASIL**



## 2.1. INTRODUÇÃO

A região denominada Planalto Poços de Caldas tem uma história geológica marcada pela existência de um vulcão extinto há cerca de 60 milhões de anos, tendo evoluído para uma formação denominada caldeira. Essa região apresenta não apenas uma riqueza mineral própria, mas também o que se denomina de anomalias radioativas, que são pontos de localização geográfica precisa, com níveis de radioatividade acima daqueles normalmente observados na superfície terrestre (PENNA FRANCA *et al.*, 1965; CULLEN, 1975; SACHETT, 2002).

### 2.1.1 Radioatividade natural

A presença de minerais emissores de radiação pode implicar a elevação da exposição à radioatividade natural da população da região. Isso ocorre independentemente da exploração mineral, pois é fato geológico presente na região em épocas anteriores mesmo à evolução dos primatas. Com o estabelecimento de empreendimentos mineradores na região, é preciso notar que há duas vertentes: (1) a extração de minério radioativo, cuja atividade intrínseca diminui os riscos à saúde, uma vez que remove do ambiente o elemento radioativo; e (2) a extração de outros minérios, que tende a concentrar nos seus rejeitos a parte radioativa do solo, exigindo atenção especial para sua disposição final (CIPRIANI, 2002).

Partindo-se do pressuposto aceitável de que o manejo de minérios na região esteja dentro das normas de proteção à saúde, permanece apenas a exposição natural. Esta não pode ser comparada com as exposições elevadas causadas por acidentes radiológicos ou nucleares, pois são muito menos intensas. São também menos intensas do que as usadas em radiodiagnóstico e em radioterapia. As exposições acidentais e clínicas são caracterizadas por serem de alta intensidade, porém de muito curta duração. São denominadas agudas. A exposição ambiental proveniente de solos ricos em minérios radioativos é caracterizada por ser de baixa intensidade e de muito longa duração. É denominada exposição crônica (HENDRY *et al.*, 2009).

### 2.1.2 Vigilância em Saúde

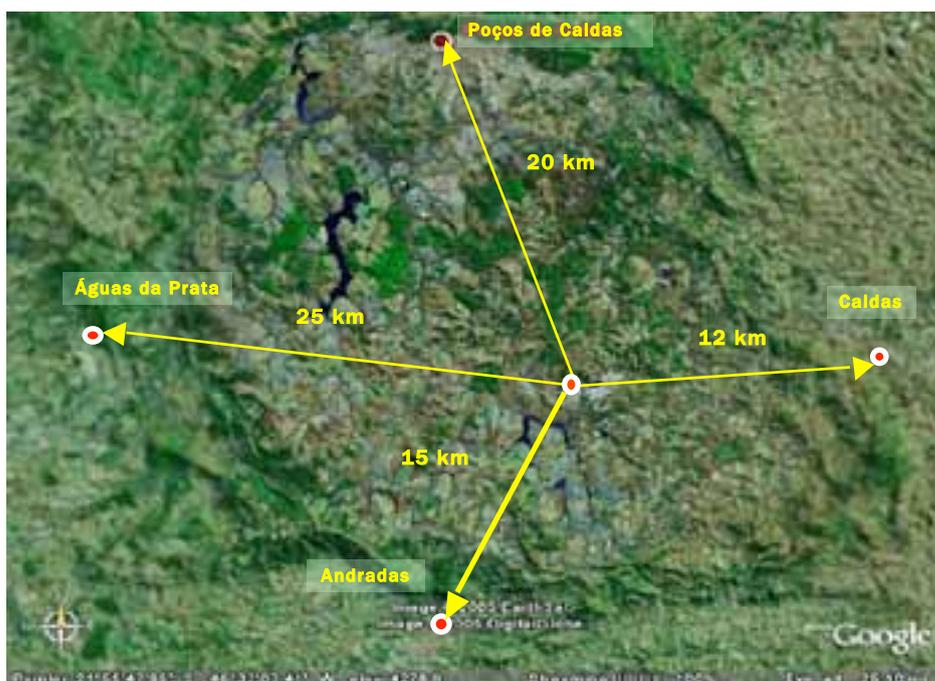
Do ponto de vista da Saúde Pública, a exposição aguda tem seus efeitos bem conhecidos de acordo com a dose absorvida, possibilitando a aplicação de protocolos bem desenvolvidos de mitigação ou atenção à saúde com base em conhecimento científico estabelecido. Para a proteção da saúde cabe a aplicação do Princípio da Prevenção, que indica os meios para redução e, eventualmente, a eliminação de risco (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2007). Por outro lado, a exposição crônica, se produzir efeitos, o faz em prazos muito extensos e, em geral, não possui limites claros de dose associados a cada possível efeito. A proteção da saúde nesses casos se dá sob incerteza científica e se apoia na aplicação do Princípio da Precaução e na adoção de métodos de gestão de risco em saúde. Tais métodos são conhecidos como Vigilância em Saúde.

## 2.1.3 Vigilância em Saúde para Populações Expostas à Radioatividade Natural

O tema de Saúde Pública “exposição crônica de populações à radioatividade natural” está ligado ao conhecimento tanto da distribuição territorial das emissões quanto da dinâmica da população que transita pela região. O conhecimento dessas duas variáveis permite que se realize o cálculo da dose anual tipicamente absorvida por um cidadão (UNSCEAR, 2000).

Conhecendo-se a dose anual absorvida típica, é possível: (1) compará-la com os padrões adotados pelo Brasil e, nos casos de excesso de dose, estabelecer mecanismos de controle da saúde dos expostos; (2) que os casos de morbidade e de mortalidade por causas reconhecidamente radioinduzidas possam ser estudados levando em consideração a exposição de longo prazo do paciente; (3) promover e induzir pesquisas científicas de avaliação de risco e prevenção de agravos.

É de fundamental importância entender o papel de muito longo prazo do Setor Saúde perante os grandes empreendimentos, incluindo mineração e processamento de materiais radioativos. Esses empreendimentos frequentemente submetem a população de seu entorno à exposição crônica a fatores ambientais de risco à saúde. As consequências, quando existem, se apresentam muito tardiamente, não raro mesmo após o encerramento do empreendimento causador. A questão central é, portanto, fortalecer o Setor Saúde durante a vida útil do empreendimento para que sobreviva a ele em condições de prestar assistência à população (MINISTÉRIO DA SAÚDE, [200-?]).



## 2.2 GEOLOGIA DO PLANALTO POÇOS DE CALDAS

O Planalto Poços de Caldas está localizado na região Sudeste do Brasil, possui uma formação geológica bem peculiar caracterizada pela enorme intrusão alcalina onde são encontradas anomalias de urânio e tório. A evolução hipotética do Planalto Poços de Caldas foi descrita por Leinz (1998) como sendo um vulcanismo de idade mesozoica, nas rochas encaixantes, gnaisses e granitoides do proterozoico, onde ocorreu colapso da parte central determinando a formação da imensa caldeira com cerca de 30 km de diâmetro.

A FIG. 2 mostra a morfologia da caldeira vulcânica e a localização da malha urbana de Poços de Caldas, Andradas, Caldas e Águas da Prata, sendo os três primeiros municípios localizados no Estado de Minas Gerais, e o último, no Estado de São Paulo.

Trata-se de uma estrutura de formato dômico, individualizada por cristas e escarpas abruptas, de forma externa circular, delimitada por escarpas de falhas que afetaram o embasamento cristalino e facilitaram a intrusão da chaminé em uma zona de fraqueza do embasamento. Está alojado na porção meridional do Escudo Atlântico, próximo à atual borda nordeste da Bacia do Paraná, no âmbito do chamado Maciço Mediano de Guaxupé. Esse complexo é constituído por uma associação sienítica subsaturada, fortemente alcalina, e caracterizado como Província Apgaítica de Poços de Caldas. As rochas encaixantes são gnaisses e granitoides proterozoicos. Na fase da intrusão admite-se que houve colapso da parte central da estrutura, com a formação de fendas radiais e anelares, pelas quais o magma ascendeu e extravasou ocasionando o vulcanismo (COSTA *et al.*, 2001). Os diversos tipos litológicos de origem alcalina podem ser subdivididos em três grupos principais: brechas, tufos e aglomerados; rochas efusivas e hipabissais e rochas plutônicas (FRAENKEL *et al.*, 1985).

Pesquisas para minerais radioativos no complexo alcalino de Poços de Caldas tiveram início em 1952, com os trabalhos executados pelo Conselho Nacional de Pesquisa (FRAYHA, 1962; TOLBERT, 1966). Posteriormente outros estudos podem ser encontrados: ELLERT (1959), TOLBERT (1966), OLIVEIRA (1974), ALMEIDA e PARADELLA (1977), ULBRICH (1984), FRAENKEL *et al.* (1985), ALMEIDA FILHO (1995).

O complexo alcalino apresenta dois grandes sistemas de falhamentos, com direções predominantes em N60W e N40E, estando o primeiro relacionado com a tectônica regional, e o segundo, com o processo formador da caldeira (FRAENKEL *et al.*, 1985). Almeida Filho e Paradella (1977), através da interpretação de imagens Landsat, identificaram existência de sete estruturas circulares no interior da caldeira de Poços de Caldas, possivelmente associadas à presença de cones vulcânicos. A presença de várias ocorrências minerais radioativas ao longo das bordas dessas estruturas levou aqueles autores a considerarem que essas feições constituíram controle estrutural dessas mineralizações.

As mineralizações radioativas do maciço alcalino podem ser agrupadas em três associações: urânio-zircônio, tório-terras raras e urânio-molibdênio (TOLBERT, 1966; FRAENKEL *et al.*, 1985). As associações urânio-zircônio constituem as mineralizações mais comuns, ocorrendo como depósitos aluviais, eluviais e como veios e lentes.

As associações tório-terras raras representam o segundo tipo de mineralizações radioativas do maciço, sendo o depósito de Morro de Ferro o mais significativo (TOLBERT, 1966). Outro aspecto litológico importante é a existência de uma “rocha potássica”, resultante da alteração por processos hidrotermais e de intemperismo do tinguaito (FRAENKEL *et al.*, 1985), a qual constitui importante controle das mineralizações uraníferas no maciço.

As imagens obtidas pelo sensor SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) auxiliaram na delimitação do Planalto Poços de Caldas e na identificação de algumas feições estruturais marcantes no relevo. As mineralizações radioativas do maciço alcalino podem ser agrupadas em três associações: urânio-zircônio, tório-terras raras e urânio-molibdênio (TOLBERT, 1996; FRAENKEL *et al.*, 1985). Almeida Filho e Paradella (1977), através da interpretação de imagens Landsat, identificaram existência de sete estruturas circulares no interior da caldeira de Poços de Caldas, possivelmente associadas à presença de cones vulcânicos.

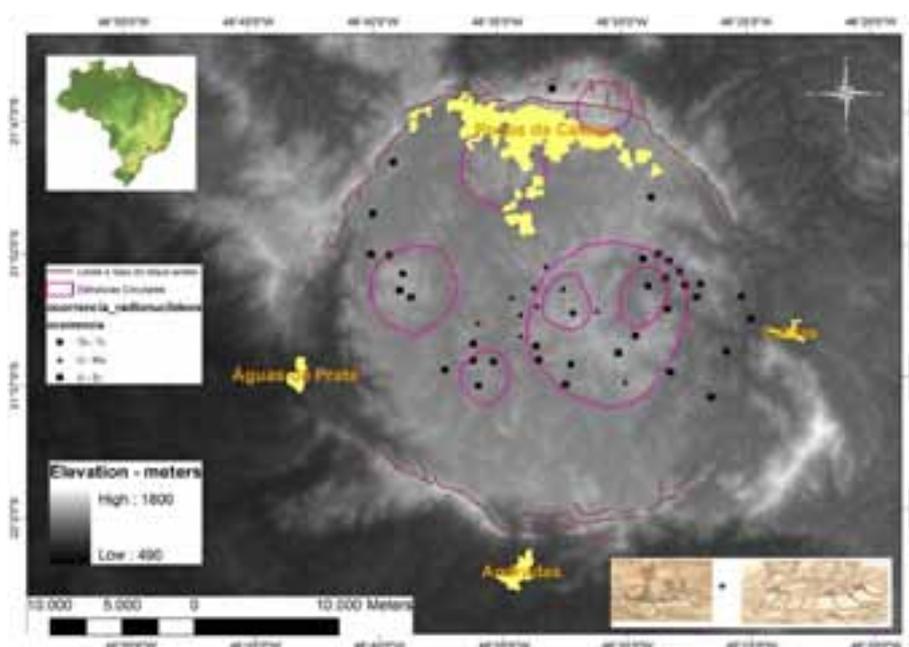


FIGURA 2 – Localização da área de estudo com destaque para a altitude e a ocorrência de radionuclídeos na região.  
Fonte: Sensor SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission)

As anomalias radioativas presentes no Planalto Poços de Caldas foram localizadas e caracterizadas, pela primeira vez, pelo geólogo Resk Frayha (1962). Esse pesquisador empreendeu grandes esforços nos depósitos de minério de tório e terras raras do Morro do Ferro, no depósito do Morro do Taquari e no Campo do Cercado, onde foi pela primeira vez minerado urânio em escala comercial.

## 2.3 RADIAÇÃO NATURAL

### 2.3.1 Exposição Populacional à Radiação Ionizante

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. Pode-se classificar as radiações ionizantes quanto à sua origem em natural e artificial (ou produzida pelo homem). No que diz respeito à radiação natural, existem dois contribuintes principais na exposição humana: (1) **raios cósmicos** de alta energia provenientes do espaço sideral e (2) **elementos radioativos naturais** originados nos primórdios da criação do planeta Terra. Estes são também chamados de isótopos radioativos naturais e fazem parte das séries radioativas naturais do potássio ( $^{40}\text{K}$ ), urânio ( $^{238}\text{U}$ ), tório ( $^{232}\text{Th}$ ) e actínio ( $^{235}\text{U}$ ) presentes em solos, rochas, atmosfera, água e nos organismo dos seres vivos (UNSCEAR, 2000).

### 2.3.2 Elemento Radioativo Natural

Um elemento químico é um átomo constituído por um núcleo, onde estão as partículas nucleares – prótons e nêutrons –, e uma eletrosfera onde estão os elétrons. A maioria dos elementos químicos são estáveis e, portanto, não emitem radiação. Porém, alguns elementos naturais têm instabilidade no arranjo de prótons e nêutrons de seus núcleos atômicos e, para perderem essa instabilidade e tornarem-se estáveis, emitem parte de seus núcleos na forma de matéria e/ou energia. Essas emissões são as radiações alfa (dois prótons e dois nêutrons) e beta (um elétron). Após uma emissão alfa ou beta podem ocorrer pequenos ajustes de energia, emitidos pelo núcleo na forma de ondas eletromagnéticas e denominadas radiação gama (UNSCEAR, 2000).

### 2.3.3 O Poder de Penetração das Radiações na Matéria

A radiação alfa, ao ser emitida, não percorre mais que alguns poucos centímetros de ar e não consegue atravessar sequer uma simples folha de papel. A radiação beta pode percorrer alguns metros de ar, porém, não atravessa uma simples folha de papel alumínio. Já a radiação gama tem grande poder de penetração; para atenuar um feixe de raios gama são usadas barreiras ou blindagens construídas de concreto, aço, chumbo, etc. (UNSCEAR, 2000).

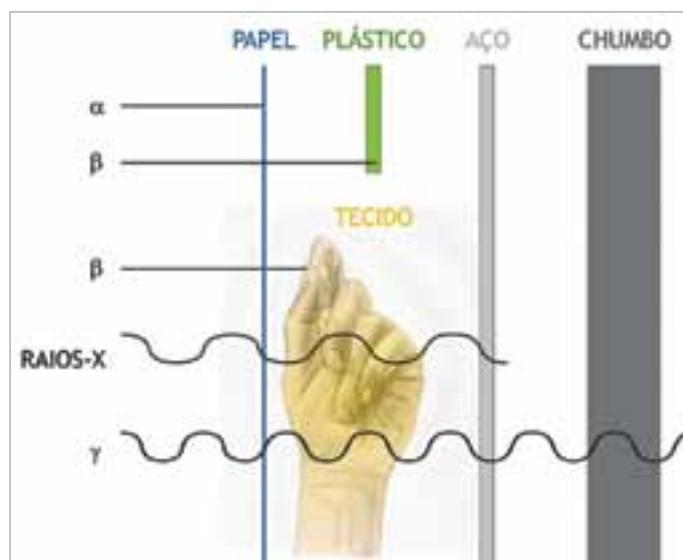


FIGURA 3 – Penetração das radiações ionizantes

Figura elaborada por Elis de Oliveira Lima Filho – LAPOC/CNEN

### 2.3.4 Exposição Interna e Exposição Externa

Neste ambiente de convivência natural de seres vivos com a radioatividade, o corpo humano pode ser atingido pela radiação de duas maneiras diferentes: internamente, através da ingestão, da inalação ou da absorção pela pele, e externamente, em decorrência da radiação recebida do meio ambiente, por morarmos em um planeta naturalmente radioativo.

Dose interna: O decaimento radioativo ocorre dentro do corpo, e a radiação perde sua energia de emissão em partes do nosso organismo.

Dose externa: O decaimento radioativo ocorre no ambiente externo ao nosso corpo, e a radiação pode atingir nosso corpo perdendo sua energia.

Assim a dose é chamada de interna ou externa de acordo com o local em que se encontra a fonte de origem da radioatividade – dentro ou fora do corpo. Devido ao baixo poder de penetração das radioatividades alfa e beta, pode-se afirmar que a dose externa causada por elas é nula. 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 também que as radiações alfa e beta também são denominadas ionizantes (UNSCEAR, 2000).

### 2.3.5 Dose Efetiva

Do ponto de vista de proteção radiológica, a grandeza física correta a ser utilizada para medir a dose em um indivíduo é a dose efetiva, ou simplesmente dose, que é a soma da dose externa e da interna de uma pessoa decorrente da exposição a fontes naturais e artificiais de radiação (UNSCEAR, 2000).

A unidade de medida da dose efetiva no Sistema Internacional de Unidades é o *Sievert* (Sv), e por 1 (um) Sv ser um valor muito grande, foram utilizadas subunidades dessa grandeza, ou seja, a milésima = mSv ( $10^{-3}$  Sv), a bilionésima =  $\mu$ Sv ( $10^{-6}$  Sv) ou trilhonésima = nSv ( $10^{-9}$  Sv) parte do *Sievert* (Sv) (UNSCEAR, 2000).

### 2.3.6 Fator de Ocupação

No Anexo A do Comitê Científico (UNSCEAR, 2000 – *Dose Assessment Methodologies*), a exposição por raios gama terrestres é subdividida em duas categorias *indoor* e *outdoor*, atribuindo um valor cerca de 40% superior à primeira em relação à segunda. Entretanto, considera também que o fator de ocupação varia conforme o clima do país e ocupação. Por exemplo, o fator de ocupação *indoor*, estimado em 80%, é considerado baixo para países industrializados de clima frio, enquanto seria alto para os países de clima temperado e muito alto para os países agrícolas de clima quente, sendo que, nesse último caso, pode-se citar o Brasil. Considerando ainda a indisponibilidade dos dados de dose externa *indoor*, o presente estudo assumiu que esta seja similar à dose recebida *outdoor* (UNSCEAR, 2000).

### 2.3.7 Dose Efetiva Mundial

Segundo o Comitê Científico UNSCEAR (2000), a média de dose efetiva mundial é de 2,8 mSv/ano, sendo 2,4 mSv/ano para fontes naturais, distribuída conforme a TAB. 3.

TABELA 3  
Componentes da dose efetiva mundial com base populacional

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
		a) Subtotal	0,9	–
	b) Exposição Interna	Inalação	1,2	0,2 – 10,0
		Ingestão	0,3	0,2 – 0,8
		b) Subtotal	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*
<b>TOTAL</b>	<b>(1 + 2)</b>		<b>2,8</b>	

Fonte: Adaptado de UNSCEAR, 2000 – ND\* = dado não disponibilizado pela fonte consultada.

Nota: O objeto do presente estudo é a determinação da dose efetiva em virtude da radiação gama externa emitida por radionuclídeos naturais (em destaque na TAB. 3), considerando que as exposições fora e dentro do domicílio (fator de ocupação) são iguais.

Deve-se ressaltar que o valor estimado da exposição média da população mundial de 2,4 mSv/ano não deve ser tomado como um dado exato, uma vez que os valores médios estimados estão baseados em dados não representativos da população mundial como um todo, segundo Sachett (2002). Por outro lado, a UNSCEAR (2000) menciona que a base de dados de exposição à radiação está aumentando e que a caracterização de distribuição de dose na população, com relação às diferentes fontes de radiação natural, está sendo aperfeiçoada.

### 2.3.8 Média Global da Dose Externa Gama Terrestre

A média global encontrada pela UNSCEAR (2000) foi 0,50 mSv/ano, com base no peso populacional, incluindo países com taxas bem baixas (menos de 0,25 mSv/ano), como Groenlândia, Egito, Holanda e Reino Unido, e outros com taxas mais elevadas (mais de 0,49 mSv/ano), como Austrália, Malásia e Portugal). Da América do Sul, somente as informações do Paraguai e do Chile participaram dessa estatística. O Brasil não foi incluído nesses resultados (UNSCEAR, 2000).

### 2.3.9 Áreas de Radioatividade Natural Elevada

Uma classificação das áreas de radioatividade segundo a dose efetiva média da radiação natural gama terrestre foi utilizada na TAB. 4, que destaca áreas de radioatividade natural elevada nos seguintes países: Sudão (38,4 mSv/ano), Índia (31,4 mSv/ano), Ramsar Irã (20,4 mSv/ano), Mahallat (14,0 mSv/ano), China (6,4 mSv/ano) (SOHRABI, 1998; UNSCEAR, 2000; HENDRY *et al.*, 2009).

TABELA 4

*Classificação das áreas de radioatividade segundo a dose efetiva média da radiação natural gama terrestre*

Nível de Classificação	Dose efetiva média (mSv/ano)
Normal	< 5
Médio	5-20
Elevado	20-50
Muito elevado	> 50

Fontes: SOHRABI (1998), UNSCEAR (2000), HENDRY, J.H *et al.* (2009)  
Adaptação (tabela e cor) pelo Projeto Poços de Caldas, 2009.

Diversos países têm realizado levantamentos radiométricos ambientais para determinar as concentrações de *background* de radionuclídeos presentes no solo (SACHETT, 2002).

### 2.3.10 Valor Genérico de Referência da CNEN

A norma CNEN 3.01/007 preconiza que “uma dose anual existente de 10 mSv/ano deve ser usada como um valor genérico de referência para uma ação de intervenção em situações de exposição crônica de membros do público”, de forma que um valor de 10 mSv/ano sempre demandará uma avaliação para a implementação de medidas de proteção ou de remediação.

#### COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (CNEN)

*Órgão de planejamento, orientação, supervisão e fiscalização. Estabelece normas e regulamentos em radioproteção, licença, fiscaliza e controla a atividade nuclear no Brasil. Desenvolve ainda pesquisas na utilização de técnicas nucleares em benefício da sociedade.*

**Missão:** *Garantir o uso seguro e pacífico da energia nuclear, desenvolver e disponibilizar tecnologias nuclear e correlatas, visando ao bem-estar da população.*

### 2.3.11 Médias Encontradas por Estudos Brasileiros

No Brasil, a taxa média de dose gama ambiental natural por habitante ainda é desconhecida. Os poucos dados são de estudos em regiões de mais alta radioatividade natural. Um extenso levantamento radiométrico para caracterização das áreas de elevada radiação ambiental, até então conhecidas no País, foi efetuado nas décadas de 1960 e 1970, por Cullen *et al.* (1964; 1977; 1980), Eisenbud (1963), Penna Franca *et al.* (1965, 1977) e Roser *et al.* (1962; 1964).

A área mais estudada é a região de Poços de Caldas, Rose; Cullen (1962, 1964), Penna Franca (1965, 1977); Cullen (1977), Cullen *et al.* (1964, 1980)., com o objetivo de caracterização das áreas em relação à exposição gama externa, à ingestão de alimentos cultivados no local e à inalação do radônio e torônio e descendentes. Posteriormente, Amaral (1992) avaliou o aumento da exposição à radioatividade natural, na população rural, em virtude de práticas agrícolas na região de Poços de Caldas. Entretanto, os sistemas de detecção eram tecnologicamente limitados se comparados com os modernos sistemas de rastreamento gama ambiental que possibilitam uma varredura muito mais precisa.

As pesquisas mais recentes são de Sachett (2002) em áreas urbanas selecionadas, da região do Planalto Poços de Caldas (Andradas, Águas da Prata, Caldas, Poços de Caldas), em Guarapari (praias) e no Rio de Janeiro (em parte do Bairro Recreio dos Bandeirantes). Destacam-se também os trabalhos de Oliveira (2001), que investigou os níveis de radiação na região urbana, em 43 distritos da cidade de São Paulo, e o trabalho de Veiga *et al.* (2003), que investigaram a região urbana de Poços de Caldas para esse tipo de exposição. Esses estudos calcularam a dose média aritmética, e, para fins didáticos, as médias originais foram convertidas em mSv/ano, utilizando a mesma metodologia aplicada no presente estudo (TAB. 5).

TABELA 5

Média das medições da radiação gama externa encontradas em estudos – Brasil.

Área territorial medida	N (Nº de pontos medidos)	Médias originais dos autores	Média convertida
<b>São Paulo, SP*</b> 43 distritos de saúde do município de SP	118	0,52 mSv/ano	<b>0,75 mSv/ano</b>
<b>Rio de Janeiro, RJ**</b> Parte do bairro do Recreio Bandeirantes (nas áreas de preservação)	4.268	106,19 nGy/h	<b>0,65 mSv/ano</b>
<b>Águas da Prata, SP**</b> 15 áreas urbanas	848	106,65 nGy/h	<b>0,65 mSv/ano</b>
<b>Guarapari, ES**</b> 24 áreas urbanas	9.815	119,75 nGy/h	<b>0,73 mSv/ano</b>
<b>Andradas, MG**</b> 10 áreas urbanas	3.546	99,48 nGy/h	<b>0,61 mSv/ano</b>
<b>Caldas, MG**</b> Área urbana	345	129,67 nGy/h	<b>0,80 mSv/ano</b>
<b>Poços de Caldas, MG**</b> 15 áreas urbanas	7.189	145,73 nGy/h	<b>0,89 mSv/ano</b>
<b>Poços de Caldas, MG***</b> Área Urbana	7.189	0,91 mSv/ano	<b>0,91 mSv/ano</b>

Notas: \* Oliveira (2001) – Este autor considerou que a radiação gama externa sofre influencia dos raios cósmicos, e conseqüentemente, dos valores encontrados foi descontado 0,23 que seria atribuídos aos raios cósmicos. Na média convertida foi acrescentado 0,23 mSv/ano na média original o que explica a diferença encontrada.

\*\* Sachett (2002) – A conversão se aplicou através da fórmula  $mSv/ano = nGy/h * 24 * 365 * 0,7 / 106$  (não foram considerados os fatores de ocupação indoor e outdoor).

\*\*\* Veiga *et al.* (2003)

Os valores encontrados pelos estudos brasileiros são mais elevados que 0,5 mSv/ano (UNSCEAR, 2000).

## 2.4 RADIAÇÃO E CÂNCER

A exposição à radiação pode danificar as células causando morte em algumas delas e modificando outras. Muitos órgãos e tecidos do corpo não são afetados por essas perdas. Contudo, se o número perdido for suficientemente grande, poderá danificar órgãos e conduzir ao óbito. Outra consequência é a modificação celular. O dano às células usualmente é reparado. No entanto, se o reparo não for perfeito, resultará numa modificação que será transmitida a outras células e conduzir eventualmente a um tumor.

Relatos da associação entre radiação e câncer são provenientes de grandes estudos realizados pós-acidentes radioativos, como em sobreviventes de bombas atômicas. O *Life Span Study*, um grande estudo de *coorte*, realizado com sobreviventes da bomba atômica mostrou efeitos estatisticamente significativos entre radiação e tumores sólidos de estômago, cólon, fígado, pulmão, mama, ovário e bexiga, bem como excesso de risco para câncer de tireoide e câncer de pele não melanoma. Não foram observadas associação entre câncer de reto, pâncreas, laringe, colo de útero, próstata e rins. Há pouca evidência de associação com linfomas e mielomas múltiplos.

Embora a radiação natural possa ser entendida como exposição em baixas doses (capazes de agir como um potente iniciador mutacional de tumorigênese), é considerada crônica e seus efeitos podem ser cumulativos e, no caso de câncer, manifestarem-se após longos períodos de latência, de acordo com o tipo de tumor. Por exemplo, para leucemia, são necessários apenas de dois a 10 anos de exposição. Para câncer de pulmão são necessários cerca de 50 anos até a manifestação do tumor. No entanto, o câncer radioinduzido não difere dos cânceres que surgem espontaneamente ou são atribuídos a outros carcinógenos (UNSCEAR, 2000).

### Efeitos Combinados

Efeitos combinados da radiação e outros agentes físicos, químicos ou biológicos no ambiente são inerentes à vida. O tabaco é uma mistura complexa de agentes químicos e físicos e ainda não há clareza dos mecanismos de interação entre esses dois fatores. No entanto, resultados de estudos epidemiológicos de radônio em minas subterrâneas mostram que existe uma interação (mais que aditiva, menos que multiplicativa) entre tabagismo e radiação – níveis médios ou elevados, relacionados ao câncer de pulmão. Há poucos dados sobre interações entre radiação e outros agentes. Isso não significa que elas não ocorram ou não influenciem o risco da radiação em baixas doses (UNSCEAR, 2000).

## 2.5 TERRITÓRIO DE ABRANGÊNCIA DO ESTUDO

A seleção foi baseada no critério de inclusão numa circunferência, no raio de 20 km a partir da mina de urânio. Como essa área intercepta diversos municípios no Estado de Minas Gerais, a expansão permitiu incluir integralmente cinco municípios: Andradadas, Caldas, Ibitiúra de Minas, Poços de Caldas e Santa Rita de Caldas. A cobertura do estudo corresponde ao total da extensão territorial desses municípios, de 2.301,87 km<sup>2</sup>.

Segundo o Plano Diretor de Regionalização da Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais, esses municípios compõem a microrregião de saúde de Poços de Caldas, da Gerência Regional de Saúde de Pouso Alegre, região Sul do Estado.



**FIGURA 4 – Imagem de satélite do Planalto de Poços de Caldas**

Nota: O território de abrangência do estudo foi delimitado por uma circunferência de 40 km de diâmetro, tendo como centro a mina de urânio. Dos sete municípios localizados em um raio de até 20 Km da mina, dois pertencem ao Estado de São Paulo (Águas da Prata e São João da Boa Vista) e cinco pertencem ao Estado de Minas Gerais (Andradadas, Ibitiúra de Minas, Santa Rita de Caldas, Caldas e Poços de Caldas). As medições de radiação natural gama terrestre foram realizadas nos municípios mineiros.

No Atlas de Desenvolvimento Humano do Brasil (2000), esses municípios são categorizados como de elevado (Poços de Caldas e Andradadas) e médio (Caldas, Ibitiúra de Minas e Santa Rita de Caldas) desenvolvimento humano.

O IDHM de Poços de Caldas (0,841) é o maior dentre os 853 municípios do Estado de Minas Gerais e o 66º dentre os 5.507 municípios brasileiros. O de Andradadas (0,812) é o 20º (MG) e o 341º (Brasil); Caldas (0,782) é o 107º (MG) e o 997º (Brasil); Ibitiúra de Minas (0,775) é o 137º (MG) e o 1181º (Brasil) e o de Santa Rita de Caldas (0,768), o 182º (MG) e o 1181º (Brasil). Esses valores demonstram um padrão de vida muito superior a outros municípios no mesmo Estado e no País sendo coerente com as evidências de envelhecimento populacional nas pirâmides etárias e outras informações que são apresentadas a seguir.

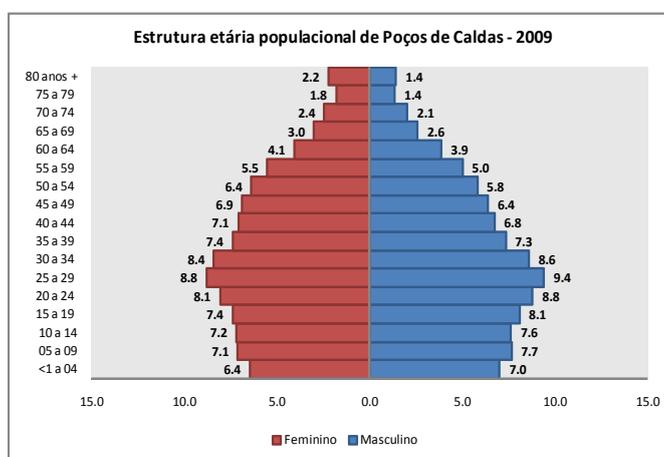
## 2.5.1 Características dos Municípios de Abrangência do Estudo

### 2.5.1.1 POÇOS DE CALDAS

O município de Poços de Caldas tem uma extensão territorial de 540,87 km<sup>2</sup>. A temperatura média anual é de 18,2°C e a altitude máxima é de 1575 metros, na Serra de Poços de Caldas. É uma cidade turística em razão de suas águas minerais, suas termas para os banhos medicinais e a beleza de suas matas e cachoeiras. Nos belos parques e jardins da cidade, são realizadas as tradicionais serestas. Seus vinhos, doces, queijos e conservas são muito apreciados.



Características	Valores
Estimativa População 2009	151.454
População Masculina	74.199
População Feminina	77.255
IDHM	0,841
IDHM-Renda	0,787
IDHM-Longevidade	0,85
IDHM-Educação	0,886
Esperança de Vida ao Nascer	75,98



Fontes: Perfis dos Municípios Mineiros disponíveis em <<http://www.almg.gov.br>>. Acesso em 04/09/2009. Atlas de Desenvolvimento Humano – PNUD, ano 2000 – IDHM = Índice de Desenvolvimento Humano Médio

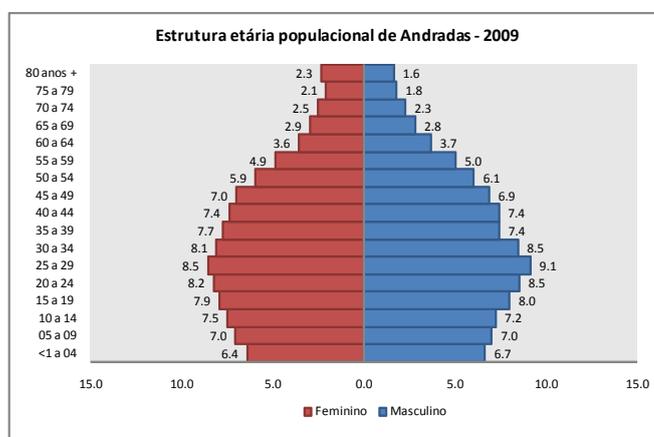
- **Municípios limítrofes:** Botelhos, Andradas, Caldas, Bandeira do Sul e Campestre.
- **Principais rios:** Represa da Graminha, Represa de Bortolan, Ribeirão das Antas e Rio Pardo.
- **Principais atividades econômicas:** extração de minerais (metálicos e não metálicos), confecções, produção de alimentos e bebidas, de celulose, papel e seus produtos, de equipamentos de transporte, de produtos químicos, de máquinas, aparelhos e materiais elétricos, de móveis, de artigos de borracha e plástico, de máquinas e equipamentos, metalurgia básica. Agropecuária, agroindústria.

## 2.5.1.2 ANDRADAS

O município de Andradas tem uma extensão territorial de 467 km<sup>2</sup>, é conhecido como a Terra do Vinho e possui uma das mais importantes vinícolas do Estado. O clima e a topografias são favoráveis para o cultivo das uvas, e outra atividade é a produção de cerâmicas. A temperatura média anual é de 18,2°C e a altitude máxima é de 1.657 metros, na Serra do Gavião.



Características	Valores
Estimativa População 2009	36.630
População Masculina	18.164
População Feminina	18.466
IDHM	0,812
IDHM-Renda	0,755
IDHM-Longevidade	0,851
IDHM-Educação	0,83
Esperança de Vida ao Nascer	76,07



Fontes: Perfis dos Municípios Mineiros disponíveis em <<http://www.almg.gov.br>>. Acesso em 04/09/2009. Atlas de Desenvolvimento Humano – PNUD, ano 2000 – IDHM = Índice de Desenvolvimento Humano Médio.

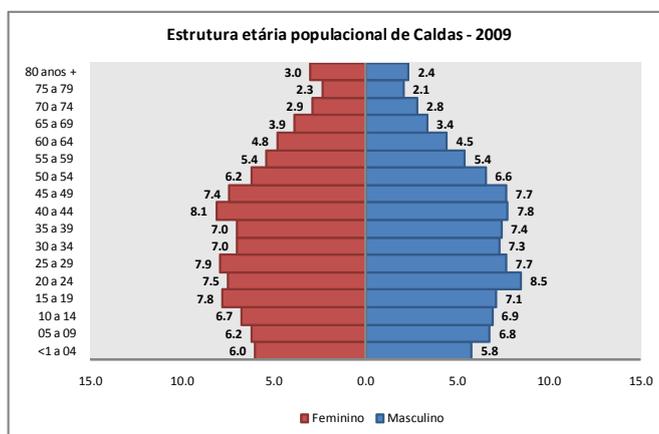
- **Municípios limítrofes:** Ibitiúra de Minas, Poços de Caldas, Albertina, Jacutinga, Ouro Fino e Santa Rita de Caldas.
- **Principais rios:** Jaguari-Mirim e São João.
- **Reservas minerais:** alumínio (bauxita), argila, feldspato, leucita (rochas potássicas), quartzo.
- **Principais atividades econômicas:** extração de minerais (metálicos e não metálicos), confecções, produção de alimentos e bebidas, de móveis, de artigos de borracha e plástico, de maquinário, de equipamentos, indústrias, preparação de couros e fabricação de calçados e artefatos.

## 2.5.1.3 CALDAS

O município de Caldas tem uma extensão territorial de 712,1 km<sup>2</sup>. Suas águas minerais são indicadas para o tratamento de diversas doenças. É conhecido, ainda, por existir na região uma mina de urânio, explorada pela INB (Indústrias Nucleares do Brasil). A temperatura média anual é de 18,2°C e a altitude máxima, de 1.764 metros, na Serra da Pedra Branca.



Características	Valores
Estimativa População 2009	14.656
População Masculina	7.707
População Feminina	6.949
IDHM	0,782
IDHM-Renda	0,703
IDHM-Longevidade	0,826
IDHM-Educação	0,817
Esperança de Vida ao Nascer	74,57



Fontes: Perfis dos Municípios Mineiros disponíveis em <<http://www.almg.gov.br>>. Acesso em 04/09/2009. Atlas de Desenvolvimento Humano – PNUD, ano 2000 – IDHM = Índice de Desenvolvimento Humano Médio.

- **Municípios limítrofes:** Bandeira do Sul, Poços de Caldas, Andradas, Ibitiúra de Minas, Santa Rita de Caldas e Campestre.
- **Principais rios:** Verde e Jaguari.
- **Reservas minerais:** alumínio (bauxita), argila, leucita (rochas potássicas), manganês e zircônio
- **Principais atividades econômicas:** extração de minerais não metálicos, fabricação de produtos alimentícios e bebidas, de móveis e indústrias diversas.

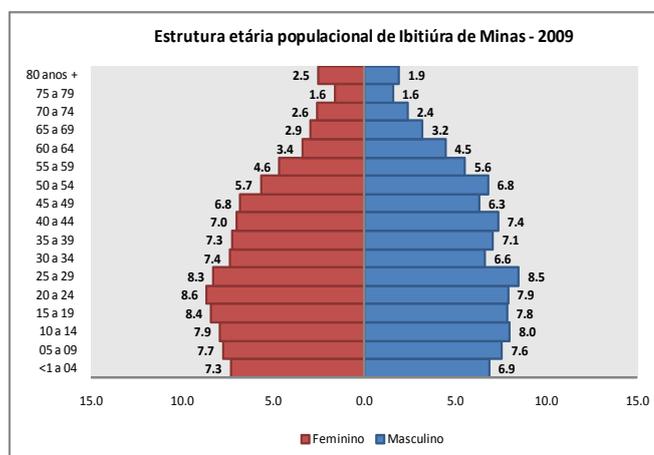
## 2.5.1.4 IBITIÚRA DE MINAS

O município de Ibitiúra de Minas tem uma extensão territorial de 68,9 km<sup>2</sup>.

A temperatura média anual é de 18,2°C e a altitude máxima, de 1690 metros, na Serra da Pedra Branca.



Características	Valores
Estimativa População 2009	3.516
População Masculina	1.836
População Feminina	1.680
IDHM	0,775
IDHM-Renda	0,697
IDHM-Longevidade	0,824
IDHM-Educação	0,803
Esperança de Vida ao Nascer	74,41



Fontes: Perfis dos Municípios Mineiros disponíveis em <<http://www.almg.gov.br>>. Acesso em 04/09/2009. Atlas de Desenvolvimento Humano – PNUD, ano 2000 – IDHM = Índice de Desenvolvimento Humano Médio.

- **Municípios limítrofes:** Caldas, Andradas e Santa Rita de Caldas.
- **Principal rio:** Jaguari-Mirim.
- **Principais atividades econômicas:** confecção de artigos de vestuário e acessórios, fabricação de produtos alimentícios e bebidas.

## SANTA RITA DE CALDAS, MG

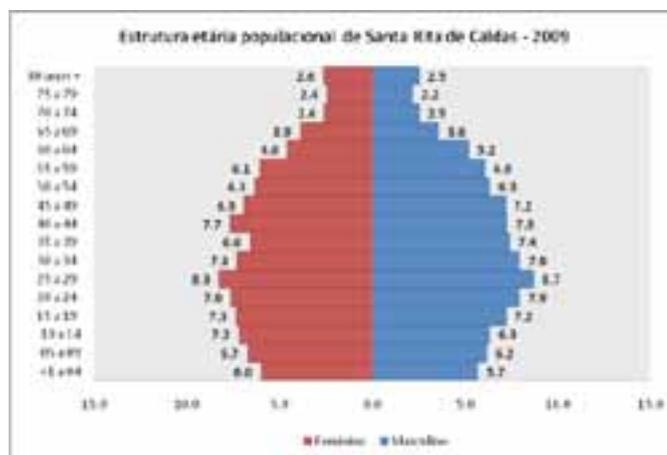
### 2.5.1.5 SANTA RITA DE CALDAS

O município de Santa Rita de Caldas tem uma extensão territorial de 502,45 km<sup>2</sup>.

A temperatura média anual é de 18,2°C e a altitude máxima, de 1764 metros, na Serra da Pedra Branca



Características	Valores
Estimativa População 2009	9.322
População Masculina	4.835
População Feminina	4.487
IDHM	0,768
IDHM-Renda	0,687
IDHM-Longevidade	0,79
IDHM-Educação	0,828
Esperança de Vida ao Nascer	72,38



Fontes: Perfis dos Municípios Mineiros disponíveis em <<http://www.almg.gov.br>>. Acesso em 04/09/2009. Atlas de Desenvolvimento Humano – PNUD, ano 2000 – IDHM = Índice de Desenvolvimento Humano Médio.

- **Municípios limítrofes:** Caldas, Ibitiúra de Minas, Andradas, Ouro Fino, Ipuiuna e Campestre.
- **Principais rios:** Ribeirão São Bento e Rio Pardo.
- **Principais atividades econômicas:** agropecuária e agroindústria. Seus vinhos, doces e conservas são muito conhecidos. Outras atividades: fabricação de produtos têxteis, alimentos e bebidas.

## 2.6 MATERIAIS E MÉTODOS

Nos cálculos foram utilizados os dados do IBGE do ano 2000, censo e da malha viária dos cinco municípios de estudo, total e por zonas urbana e rural.

TABELA 6

Número de habitantes e área territorial da malha viária (km<sup>2</sup>), total e por zonas urbana e rural, dos municípios selecionados – IBGE, ano 2000.

MUNICÍPIOS	POPULAÇÃO ANO 2000 *			ÁREA (km <sup>2</sup> )		
	TOTAL	Urbana	Rural	TOTAL	Urbana	Rural
ANDRADAS	32.968	24.087	8.881	469,10	13,570	455,20
CALDAS	12.766	7.232	5.534	715,30	5,486	710,00
IBITIÚRA DE MINAS	3.301	2.049	1.252	68,47	1,744	66,92
POÇOS DE CALDAS	135.627	130.826	4.801	544,90	72,120	476,20
SANTA RITA DE CALDAS	9.278	5.489	3.789	504,10	3,777	500,60
<b>TODOS MUNICÍPIOS</b>	<b>193.940</b>	<b>169.683</b>	<b>24.257</b>	<b>2.301,87</b>	<b>96,697</b>	<b>2.208,92</b>

Fonte população: IBGE – Censo Demográfico, 2000 – Fonte área: IBGE – Malha Digital, 2000.

\* Nota: vide Apêndice – MAPA 11 – Densidade populacional por setor censitário.

A estimativa de dose de radiação gama proveniente do solo foi realizada sobre toda a malha viária (asfaltada ou não). Os mapas utilizados para percorrer todo o Planalto Poços de Caldas foram: os Mapas Municipais Estatísticos – Ano 2000 do IBGE para a zona rural de todos os municípios; e para as áreas urbanas foi utilizada a planta da Prefeitura de Poços de Caldas e os Mapas de Setores Urbanos do IBGE – MRU – Censo 2000 para todos os municípios. Algumas rodovias desses mapas deixaram de existir e, portanto, não foram monitoradas. Observou-se que foram construídas novas rodovias, principalmente nas áreas rurais, as quais foram percorridas e monitoradas.

### **Período das medições:**

- 23/09/2002 a 23/10/2003 (16 dias úteis)

Realizada pela CNEN com a mesma metodologia na zona urbana de Poços de Caldas

- 21/09/2006 a 19/09/2008 (70 dias úteis)

- **Total: 86 dias úteis**

A diferença nos períodos de medição não interfere na comparabilidade dos dados por ser a radiação do solo um fenômeno estacionário, ou seja, que não apresenta variações a não ser em longos períodos de tempo ou quando ocorrer alterações no uso e na ocupação do solo, que não ocorreu de forma significativa. Entende-se por longos períodos aqueles compatíveis com as meias-vidas dos radionuclídeos naturais, por exemplo, 4,468 bilhões de anos para o urânio e 14,05 bilhões de anos para o tório (UNSCEAR, 2000).

## 2.6.1 Medição de Dose de Radiação Gama

O equipamento utilizado para medir as doses de radiação possui um sistema móvel (FIG. 5) de medição da radioatividade gama ambiental (marca Eberline Modelo FHT 1376). Esse equipamento é formado por um detector gama de alta sensibilidade (detector cintilador plástico de cinco litros) acoplado a um GPS (*Global Positioning System*) 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 em relação ao solo.

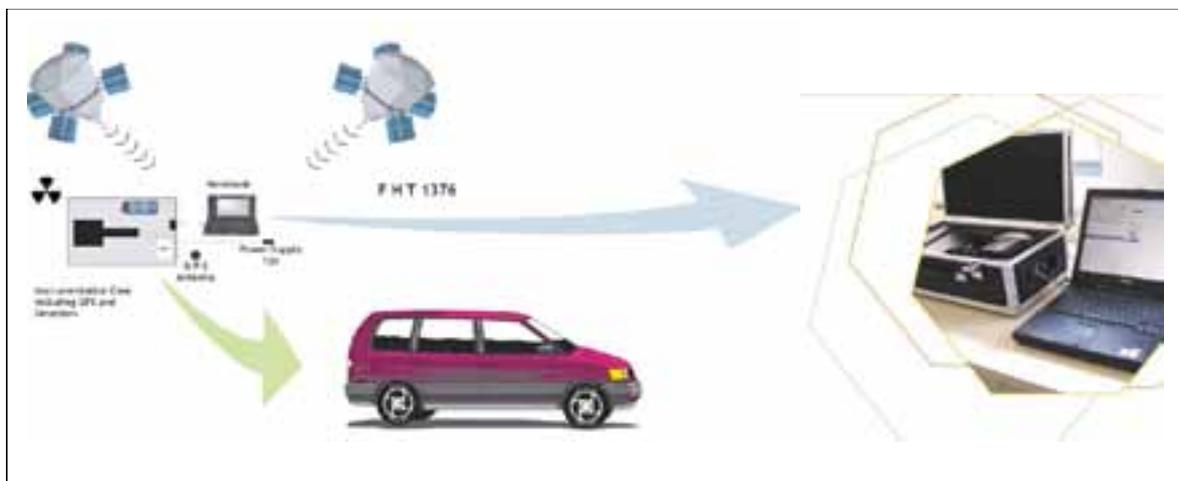


FIGURA 5 – Conjunto instalado em um veículo de passeio: detector gama de alta sensibilidade acoplado a um GPS e a um microcomputador.

## 2.6.2 Contribuição da radiação cósmica nas medições

Um aspecto importante é a definição da contribuição da radiação cósmica nas medições realizadas. Conforme Wissamam (2006), uma metodologia adequada para este ensaio consiste em realizar medições em uma plataforma posicionada sobre um lago com profundidade mínima de três metros com distância de, no mínimo, 100 metros das margens. A profundidade requerida é suficiente para absorver totalmente a radiação gama terrestre, e a distância das margens visa garantir que radiação gama remanescente emitida nas margens incida sobre o monitor em pequeno ângulo sólido, tal sua contribuição que possa ser desprezado.

Desta forma, foi realizado um experimento na Represa do Cipó (município de Poços de Caldas) em uma região com profundidade e distância das margens superiores a requerida. A altitude do local era de 1.300 metros. A foto a seguir demonstra o experimento realizado. Observou-se que a taxa de dose média naquele lago foi de 10 nSv/h (0,0876 mSv/ano), o que corresponde à contribuição da radiação cósmica na medição realizada.

Deve-se esclarecer que a radiação cósmica é dependente da altitude do local; assim, essa contribuição não é uniforme sobre todo o planalto, podendo ser observados valores mais elevados, bem como de menor intensidade.



### Teste na Represa do Cipó – Poços de Caldas (MG)

*O teste realizado pelos técnicos do LAPOC-CNEN na represa do Cipó (Poços de Caldas) demonstrou que é muito baixa (0,0876 mSv/ano) a contribuição da radiação cósmica nas medições realizadas.*

## 2.6.3 Descrição dos Dados Gerados pelas Medições

O equipamento que coletou os dados da medição, através do *software MobSys*, gerou os arquivos de cada campanha de medição através do bloco funcional *MobiLog* no formato *.bin* (formato proprietário do fabricante). Foi utilizado o bloco funcional *MobiView* para a orientação dos trajetos e o bloco funcional *MobiConv* para a conversão dos dados para o formato *.txt* (texto). Os dados obtidos foram: coordenadas de latitude e longitude, altitude, data, hora da aquisição e a dose em nSv/h (nano *Sievert* por hora).

## 2.6.4 Tratamento dos Dados das Medições

Foi necessário uma adaptação de todos os arquivos gerados pelo *MobSys* em um único arquivo .dbf, formato aceito pelo o *software* de geoprocessamento *MapInfo*. Além disso, foi criada uma coluna adicional com informação da dose convertida de nSv/h para mSv/ano. Como a base de dados das medições apresentou coordenadas de latitude e longitude sobrepostas, devido aos trajetos percorridos de forma coincidente, foi necessário utilizar o aplicativo *Microsoft Access 2003* para realizar a seleção de um único ponto por coordenada, mantendo a precisão original das coordenadas do equipamento com cinco dígitos decimais, utilizando como critério de escolha o maior valor de dose encontrada em cada coordenada de latitude e longitude.

## 2.6.5 Base Cartográfica

A base cartográfica utilizada para este trabalho foi a do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) – Malha Digital – Ano 2000, formato *shape*, utilizado no *software MapInfo*, com divisões por setores censitários rurais de todos os municípios, e setores censitários urbanos dos municípios de Andradas e Poços de Caldas. A malha digital das zonas urbanas de Caldas, Ibitiúra de Minas e Santa Rita de Caldas, que eram inexistentes na malha digital do IBGE para a malha do ano de 2000, foram obtidas por processo de digitalização e vetorização feita por Alvarenga (2008).

## 2.6.6 Georreferenciamento das Medições

Os dados de dose da radiação gama terrestre foram georreferenciados pelas coordenadas como pontos sobre o território e sobrepostos aos setores censitários definidos como referência territorial da área de estudo, estabelecida pelo mapa de Setores Censitários do IBGE – Ano 2000, cobrindo separadamente as zonas urbanas e as rurais dos cinco municípios. Além disso, foi criada uma camada adicional contendo todos os dados dos núcleos populacionais e de edificações das zonas rurais de todos os municípios deste trabalho, constando informações da coordenada geográfica com o número aproximado de edificações e outras informações.



*Analista de sistemas Davidysson Abreu  
Alvarenga apresentando o trabalho feito durante o  
georreferenciamento dos dados.*

*Programa de Avaliação e Vigilância do Câncer e seus  
fatores de risco de Minas Gerais – SVS/SES-MG*

## 2.6.7 Georreferenciamento de Dados dos Óbitos

Os endereços dos óbitos foram obtidos através dos códigos de latitude e longitude do endereço residencial existente no Sistema de Informação sobre Mortalidade da SES-MG, porém, em alguns casos, foi necessário obter a descrição detalhada de cada endereço nas instituições responsáveis pelo preenchimento das declarações de óbitos para uma geocodificação completa. Para o município de Poços de Caldas foi utilizado o *software* Google Earth para a obtenção das coordenadas desses endereços. Já para os municípios de Andradas e Caldas foi utilizado um aparelho GPS em campo.

## 2.6.8 Critérios de Análise dos dados

Foram consideradas duas divisões sistemáticas do território: a dos setores censitários e a de grades regulares.

A divisão territorial em quadrículas adotada foi de 100 m x 100 m (um hectare). As quadrículas foram tratadas para captar informação de dados sociodemográficos a partir dos setores censitários, na proporção da área de intersecção. Para essa divisão territorial foi adotado o valor máximo de dose, critério conservativo em benefício da saúde pública. E ainda foi gerado o valor interpolado das doses de acordo com o inverso do quadrado da distância limitado a um raio de 300 m de seu centro. Esse procedimento permitiu que apenas as regiões contíguas aos trajetos recebessem um valor de dose.

O cálculo da dose ponderada pela população segundo o método da UNSCEAR (2000) pode então ser realizado com base na dose média por setor censitário, conforme equação a seguir:

$$D_p = \frac{\sum_{i=1}^{151} d_i * p_i}{P_t}$$

Onde:  $D_p$  é a dose média populacional,  $d_i$  é a dose média no setor censitário  $i$ ,  $p_i$  é o número de habitantes no setor censitário  $i$  e  $P_t$  é o número de habitantes do município.

Para cada região delimitada por setor censitário, zona urbana, zona rural ou área municipal, foi feito o cálculo dos valores mínimos, médios e máximos encontrados tanto por quadrícula (com valores máximos ou interpolados) quanto por pontos, o total de pontos obtidos nos municípios pesquisados, são apresentados segundo os setores censitários, zona urbana, zona rural e área municipal de cada município.

## 2.6.9 Controle de Qualidade

Foi realizado o acompanhamento sistemático dos trabalhos de campo pela comissão coordenadora, por parte dos membros da área da saúde ou de dosimetria das radiações. Essa decisão foi importante para a interação de todos no desenvolvimento da pesquisa e na oportunidade de que as opiniões fossem manifestadas e discutidas pela equipe.



### Controle de Qualidade das Medições

*Moacir Cipriani (em pé); Eder Tadeu Zenun Guerrero, campo de dosimetria das medições; Davidysson Abreu Alvarenga, geoprocessamento; e Tarcísio Neves da Cunha relacionado à base cartográfica. (sentados, da esquerda para direita).*

Local: Laboratório de Poços de Caldas-CNEN – 23/04/08



### Conferência do georreferenciamento dos óbitos e das medições

*Berenice Navarro (E), Ubirani Otero (D)*

Local: Laboratório de Poços de Caldas-CNEN – 23/04/08



*A integração dos técnicos da SVS/SES-MG e do Laboratório de Poços de Caldas (LAPOC-CNE) possibilitou um controle de qualidade mútuo das medições. Nas fotos, (E) Eder Guerrero (LAPOC-CNEN) e Carla Souto Garcia (SES-MG) e (D) o percurso na malha viária na zona rural de Caldas – Pedra do Tripuí. Motorista: Milton dos Santos (SES-MG).*

## 2.7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.7.1 Total de Pontos de Medição

Foram percorridos 5.039 km nas diversas campanhas de medição, realizadas nos períodos de 2002-2003 e 2006-2008, na malha viária das zonas urbana e rural dos cinco municípios investigados. O total da área territorial dos cinco municípios, segundo o IBGE (2000), é de 2.301,87 km<sup>2</sup> (TAB. 6).

Na zona rural foi utilizado o mapa da área viária produzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2000) que serviu como base para o deslocamento. No entanto, verificou-se que diversas estradas rurais deixaram de existir e outras foram construídas e não haviam sido acrescidas na malha. Desta forma, decidiu-se investigar todas as localizações em que as condições das estradas permitiam acesso do veículo de monitoração.

Após o tratamento preliminar dos dados foram definidos 417.324 pontos de medição. Os mapas de setores censitários do IBGE (2000) utilizados na definição das zonas urbanas e rurais registraram áreas de sobreposição e áreas não cobertas por nenhuma das duas. Assim, os totais de cada município não corresponderam à soma dos componentes urbano e rural (1,21% dos pontos) e 8.067 pontos foram descartados por estarem fora dos limites dos cinco municípios (TAB. 7).

Portanto, 409.257 pontos de medição formaram a base de cálculo desse estudo e representam toda a extensão territorial dos municípios, uma vez que não foram feitas amostragens. Nos cálculos para os municípios, os pontos sobrepostos foram utilizados. Porém, os resultados por zona urbana e rural não levam em consideração esses pontos.

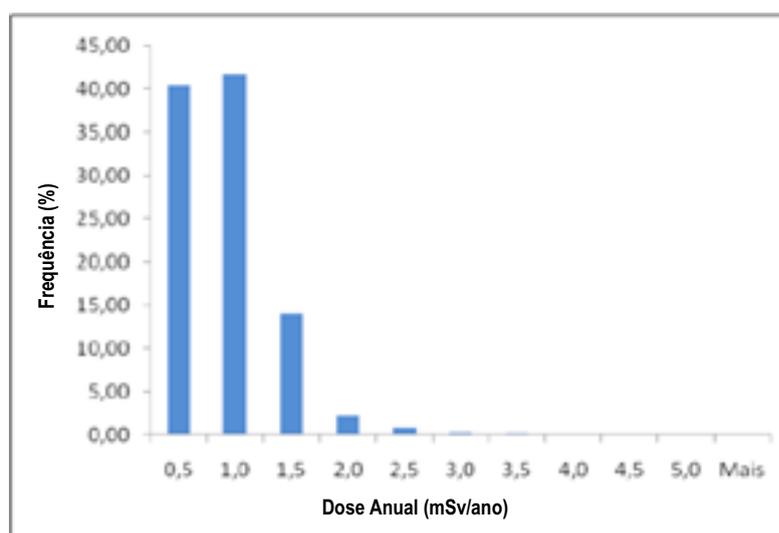
TABELA 7

*Total de pontos de medição por município segundo zonas urbana e rural*

Município	Total	Área Rural	Área Urbana	Em Ambas as Áreas	Não cobertas
<b>Andradas</b>	93.645	72.125	21.414	173	321
<b>Caldas</b>	113.349	105.692	8.403	1.029	283
<b>Ibitiúra de Minas</b>	14.119	11.493	2.811	244	59
<b>Poços de Caldas</b>	109.854	49.160	62.324	1.936	306
<b>Santa Rita de Caldas</b>	78.290	73.041	5.781	546	14
<i>Subtotal</i>	<i>409.257</i>	<i>311.511</i>	<i>100.732</i>	<i>3.969</i>	<i>983</i>
Fora destes municípios	8.067	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>417.324</b>	<b>311.511</b>	<b>100.732</b>	<b>3.969</b>	<b>983</b>

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

A maior concentração dos 409.257 pontos medidos (FIG. 6), ocorre nas duas categorias inferiores, 0,5 mSv/ano e 1,0 mSv/ano, representando aproximadamente 80% do total dos pontos medidos.



**FIGURA 6 – Distribuição percentual das doses anuais (mSv/ano) medidas**  
 Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas (MG) – 2004 a 2009 – Volume I – SES-MG.

Ressalte-se que o banco de dados das medições obtido pelo presente estudo permite várias possibilidades de cálculos e diversas combinações de espacialização.

## 2.7.2 Doses Médias Efetivas

Foram utilizadas as informações do censo do ano 2000 (IBGE) e os resultados são apresentados por zonas, urbana e rural, como também de todo o território pesquisado (TAB. 8).

São apresentados dois tipos de cálculos de doses médias efetivas da radiação ionizante natural externa gama terrestre. Um é a dose média aritmética simples, em que o valor resultante, por ser estável nos próximos milhares de anos, torna-se de grande interesse para a ciência e a tecnologia. O segundo é a dose média ponderada pela população, cujo cálculo é baseado no número de habitantes e, portanto, necessita de recálculos a cada censo. A dose média ponderada pela população é de fundamental importância para a vigilância em saúde (UNSCER, 2000).

Comparando os resultados dessa pesquisa (TAB. 8) aos encontrados nos estudos brasileiros (TAB. 5), que se referem apenas a zonas urbanas, observa-se que em Andradas o valor encontrado por Sachett (2002), de 0,6 mSv/ano, foi ligeiramente superior ao desse estudo (0,54 mSv/ano). No entanto, quando a média foi avaliada pelo método da divisão territorial por quadrículas regulares (em que a medida tomada é a máxima dentro de cada quadrícula) foi de 0,68 mSv/ano. O mesmo acontece com Caldas, onde Sachett (2002) apresentou a dose de 0,87 mSv/ano contra 0,75 mSv/ano deste estudo, com o valor máximo por quadrículas de 0,91 mSv/ano. Em relação a Poços de Caldas, foram encontrados dois valores referidos à mesma campanha de medição: Sachett (2002) com 0,89 mSv/ano e Veiga *et al.* (2003) com 0,91 mSv/ano, ambos inferiores ao deste estudo, de 0,98 mSv/ano, com máximo por quadrícula de 1,11 mSv/ano. É possível que essas diferenças sejam atribuídas às metodologias adotadas.

Em relação à dose média ponderada (TAB. 8), foram mais próximas da referência de 0,5 mSv/ano (UNSCEAR, 2000) em Andradas (todas) e em zonas rurais de Ibitiúra de Minas e Santa Rita de Caldas. As demais são ligeiramente mais elevadas e, dentre os municípios, as máximas ocorreram em Poços de Caldas. Segundo Sachett (2002), o valor de referência (UNSCEAR, 2000) com base populacional “não deve ser tomado como exato, uma vez que os valores médios estimados estão baseados em dados não representativos da população mundial”.

TABELA 8

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

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

Fonte: Pesquisa Planalto Poços de Caldas; IBGE (censo 2000); N = Número de medições georeferenciadas; \* dados coletados pela CNEN, antes do presente estudo; \*\* equivale a 0,56 nS/h; \*\*\* Vide apêndice (MAPA 12). Em destaque os maiores valores encontrados no estudo.

As doses médias máximas, ponderada e aritmética, apresentam um *ranking* semelhante nos municípios, mas as doses e o local de ocorrência variam:

*Ranking*: Dose média ponderada mais elevada encontrada no município (mSv/ano):

- 0,98: Poços de Caldas – total e zona urbana
- 0,71: Caldas – zona urbana
- 0,69: Ibitiúra de Minas – zona rural
- 0,64: Santa Rita de Caldas – zona urbana
- 0,54: Andradas – total e zona urbana

*Ranking*: Dose média aritmética mais elevada encontrada no município (mSv/ano):

- 1,09: Poços de Caldas – zona rural
- 0,75: Caldas – zona urbana
- 0,70: Ibitiúra de Minas – zona urbana
- 0,64: Santa Rita de Caldas – zona urbana
- 0,61: Andradas – zona rural

Em virtude da grande variação entre os valores máximo e mínimo das doses médias aritméticas, foram também calculadas as doses medianas. Pode-se observar que todas as doses medianas tiveram valores inferiores aos encontrados nas doses aritméticas (TAB. 9).

**TABELA 9**  
*Estatísticas descritivas das medições em mSv/ano por município e zona*

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

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

### 2.7.3 Classificação das áreas segundo nível de radioatividade, em dose média.

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; UNSCEAR, 2000; HENDRY *et al.*, 2009). Estudos complementares (exposição *indoor*) são necessários para que essa classificação preliminar seja confirmada. Destaque-se aqui o comentário de Sachett (2002), ao concluir o seu estudo “as cidades de Andradas, Caldas e Poços de Caldas não apresentam valores elevados, como seria esperado para uma região de *elevado nível de radioatividade ambiental*”.

Nota: Informações conceituais das técnicas utilizadas na apresentação de resultados (a seguir)

**Boxplot:** é a representação gráfica do valor mínimo, 1º quartil (1ª linha da caixa), mediana (linha do meio da caixa), 3º quartil (parte superior da caixa) e valor máximo. Os dados representados em asterisco são discrepantes. O boxplot é rico no sentido de informar, entre outras coisas, a variabilidade e simetria dos dados. Estes são apresentados na publicação por município e por zona (urbana e rural).

**Histograma de Dose:** é a representação gráfica da distribuição das frequências das doses (em mSv/ano) medidas nos municípios agrupados em classes. Nesse estudo, os histogramas são apresentados para cada município por zona, urbana e rural.

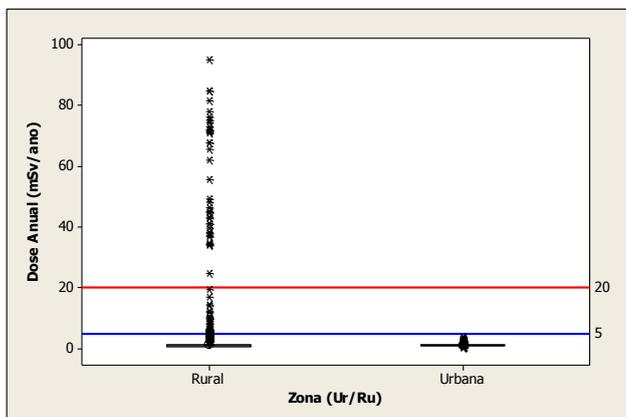
**Georreferenciamento das Medições (ou mapas):** espacialização das doses segundo as coordenadas geográficas.

## 2.8 RESULTADOS POR MUNICÍPIO

### 2.8.1 Poços de Caldas – Minas Gerais – Brasil

Para este município, verificou-se a dose média total de 1,03 mSv/ano (urbana= 0,98 e rural= 1,09), segundo a TAB. 8. Já a dose ponderada total foi de 0,98 mSv/ano (urbana=0,98 e rural=0,85). Esta diferença decorre do fato de que as maiores doses médias do município foram localizadas a sudoeste em regiões com baixa densidade demográfica, conforme MAPA 11. O valor da dose ponderada foi superior em 96% ao valor de referência da UNSCEAR, de 0,5 mSv/ano. Este município apresentou os valores médios de dose mais elevados entre os demais investigados, provavelmente por ser o único a encontrar-se quase totalmente dentro da caldeira vulcânica, incluindo a sua sede. Na zona rural encontra-se a anomalia Morro do Ferro, com elevada radiação natural reconhecida internacionalmente. Comparando o valor de 0,89 mSv/ano (zona urbana) obtido no estudo de Sachett (2002) – TAB. 5, o valor aqui encontrado foi superior em 10%. A FIG. 8 e a FIG. 9 mostram a distribuição das frequências das doses, entre as zonas urbana e rural, respectivamente. Nos MAPAS 1 e 2 são evidenciados os valores acima de 1,0 mSv/ano, nas zonas urbana e rural. No MAPA 12 do Apêndice, observa-se que um dos setores censitário rural sul, com densidade demográfica entre 1 e 10 habitantes por km<sup>2</sup>, apresentou o maior valor médio desse município, de 1,40 mSv/ano, que corresponde ao Morro do Ferro.

FIGURA 7 – Boxplot da dose gama em Poços de Caldas, MG – em mSv/ano



Segundo a classificação de área de radioatividade (UNSCEAR 2000), em mSv/ano:

- os valores discrepantes (acima de 5 mSv/ano) ocorrem apenas na zona rural.
- 100% da zona urbana encontra-se no nível normal de radioatividade (até 5 mSv/ano).

*Torna-se necessário um estudo complementar (exposição indoor) para concluir a dose efetiva da radiação natural.*

FIGURA 8 – Histograma da dose gama na zona urbana Poços de Caldas

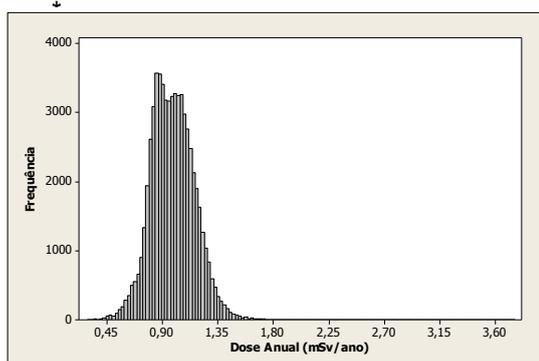
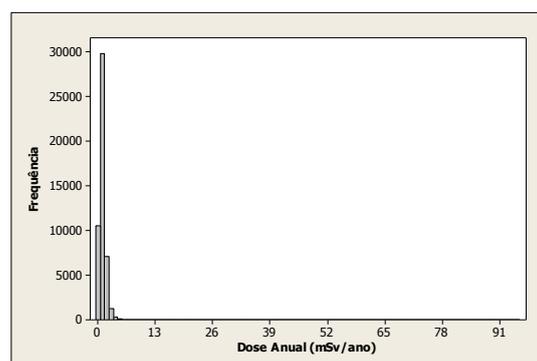
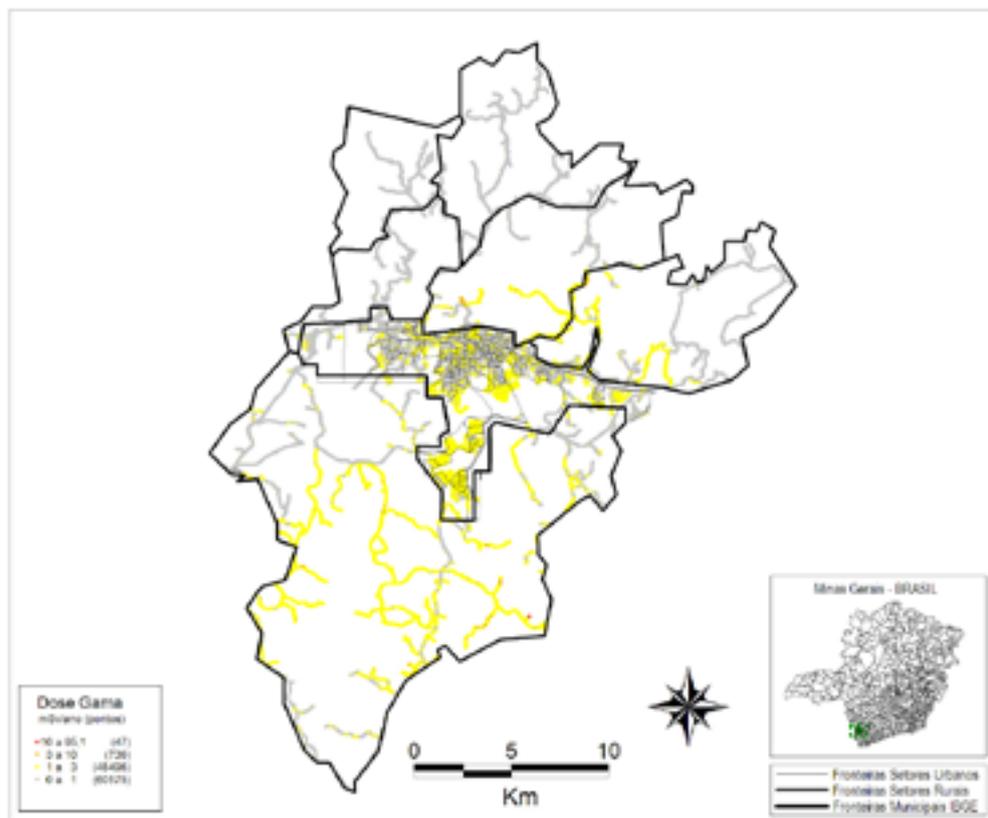


FIGURA 9 – Histograma da dose gama na zona rural de Poços de Caldas \*

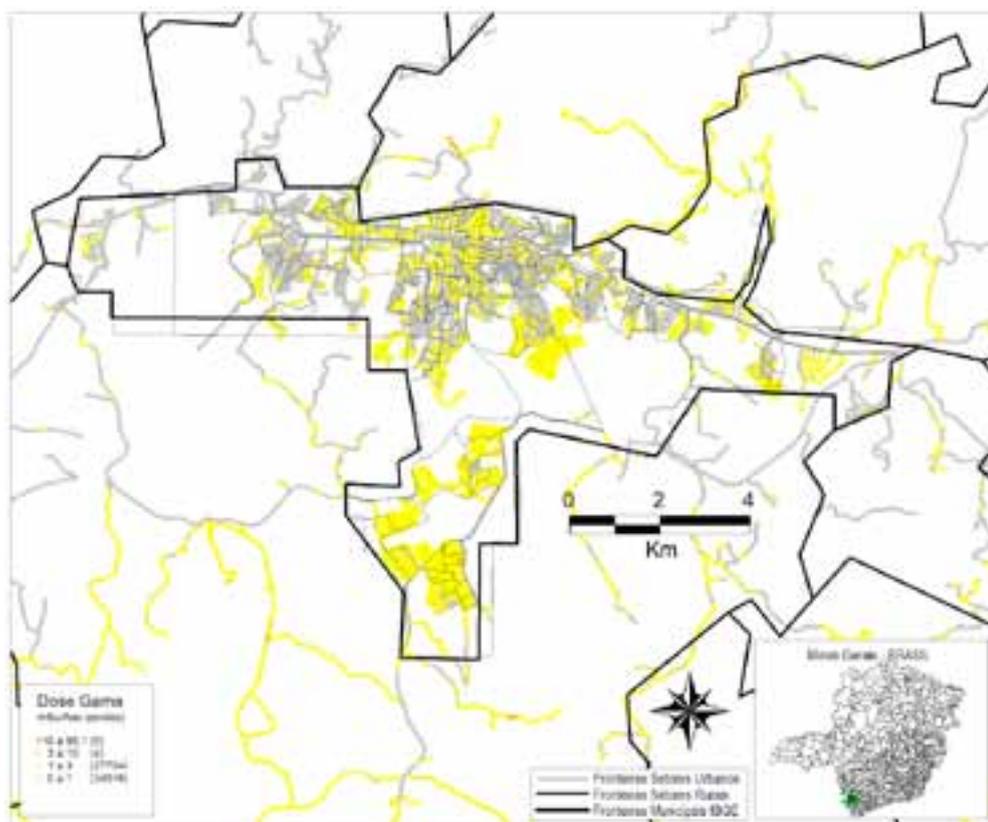


\* Histogramas com diferentes escalas de frequência

MAPA 1 – Dose gama externa no município de Poços de Caldas



MAPA 2 – Dose gama externa na zona urbana de Poços de Caldas

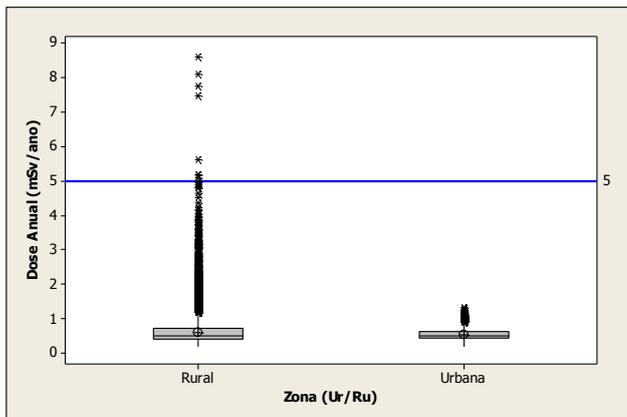


2.8.2 Andradas – Minas Gerais – Brasil

Para este município, verificou-se a dose média total de 0,59 mSv/ano (urbana=0,54 e rural=0,61), segundo a TAB. 8. Já a dose ponderada total foi de 0,54 mSv/ano (urbana=0,54 e rural=0,53), demonstrando que as maiores doses médias do município foram localizadas em regiões com baixa densidade demográfica, conforme Apêndice – MAPA 11. Considerando o valor de referência da UNSCEAR, de 0,5 mSv/ano, o valor da dose ponderada mundial é similar ao verificado neste município. Comparando os valores obtidos com o estudo de Sachett (2002) – TAB. 5, de 0,61 mSv/ano para a zona urbana, os valores foram coerentes. No MAPA 12 (Apêndice) observa-se que dois setores censitários rurais ao norte de Andradas, com densidade demográfica entre 10 e 25 habitantes por km<sup>2</sup>, apresentaram os maiores valores médios do município, de 0,95 mSv/ano e 0,80 mSv/ano. Provavelmente os valores desses setores possam ser atribuídos à sua localização geográfica dentro da caldeira vulcânica, onde os valores são similares aos do município de Poços de Caldas.

A FIG. 11 e a FIG. 12 mostram a distribuição das frequências das doses, entre as zonas urbana e rural, respectivamente. Nos MAPAS 3 e 4 são evidenciados os valores acima de 1,0 mSv/ano, nas zonas urbana e rural.

FIGURA 10 – Boxplot da dose gama em Andradas, MG – em mSv/ano



Segundo a classificação de área de radioatividade (UNSCEAR 2000), em mSv/ano:

- Existem alguns pontos discrepantes acima de 5 e inferiores a 10 mSv/ano, na zona rural (áreas de nível médio de radioatividade).
- 100% da zona urbana está no nível normal, assim como a maioria da rural.

*Torna-se necessário um estudo complementar (exposição indoor) para concluir a dose efetiva da radiação natural.*

FIGURA 11 – Histograma da dose gama na zona urbana de Andradas\*

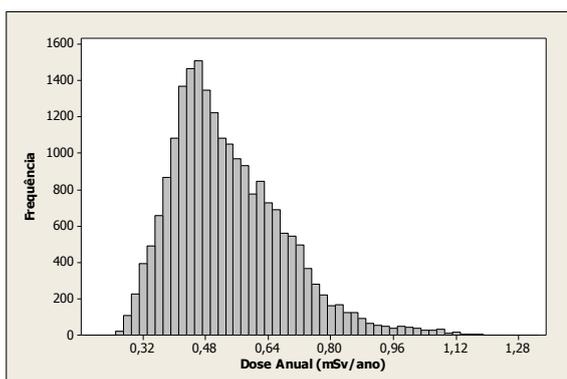
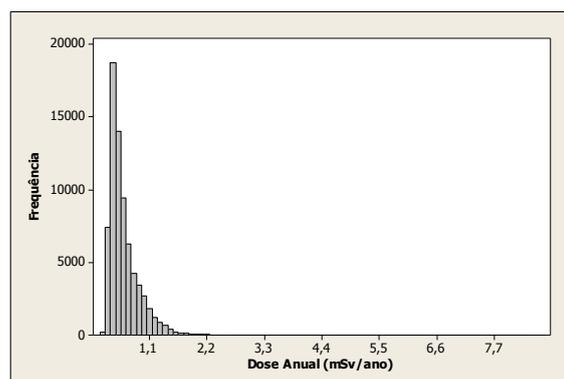
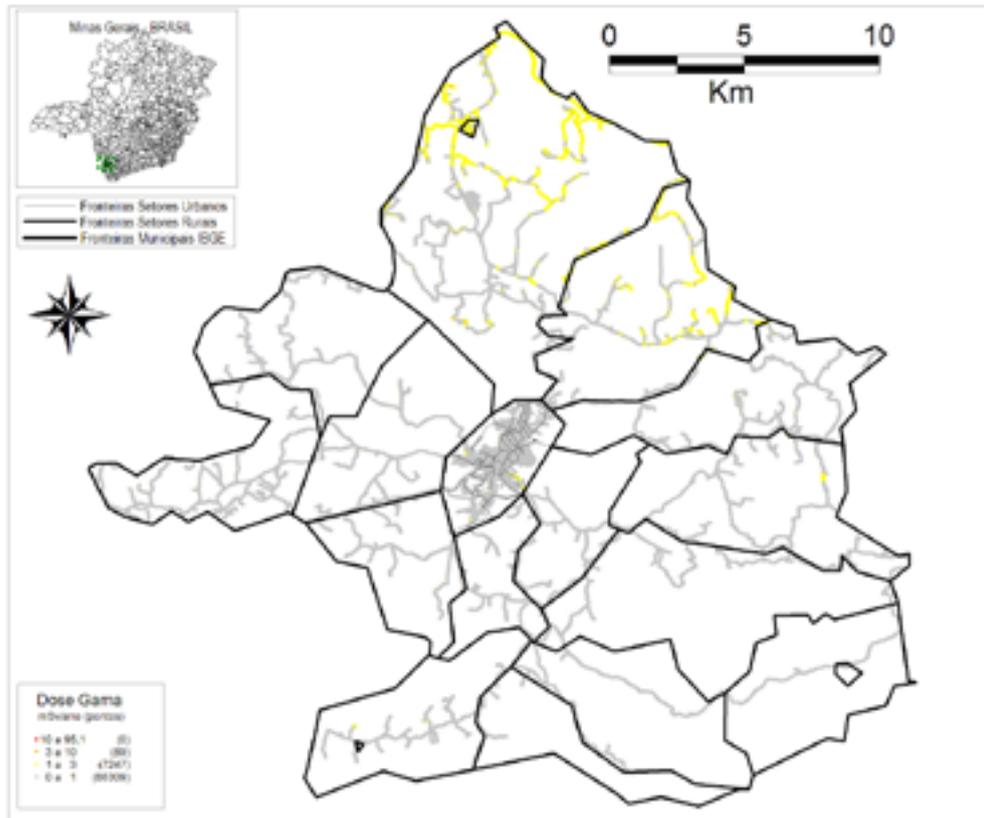


FIGURA 12 – Histograma da dose gama na zona rural Andradas\*

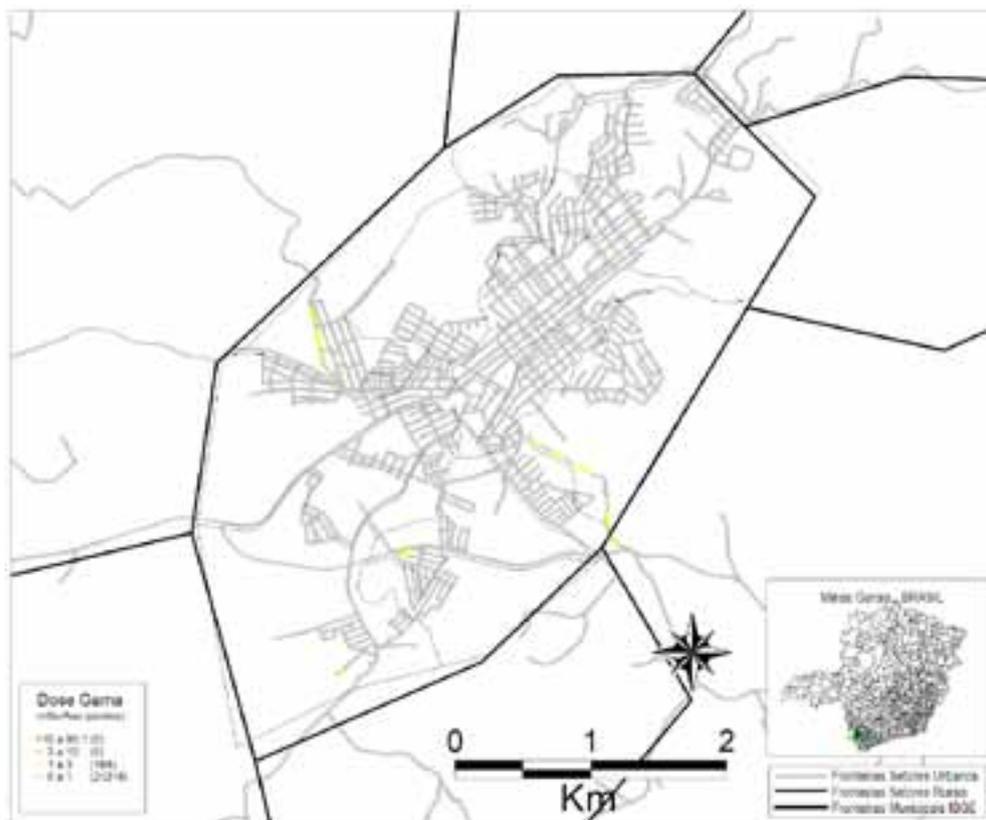


\* Histogramas com diferentes escalas de frequência

MAPA 3 – Dose gama externa no município de Andradas



MAPA 4 – Dose gama externa na zona urbana de Andradas



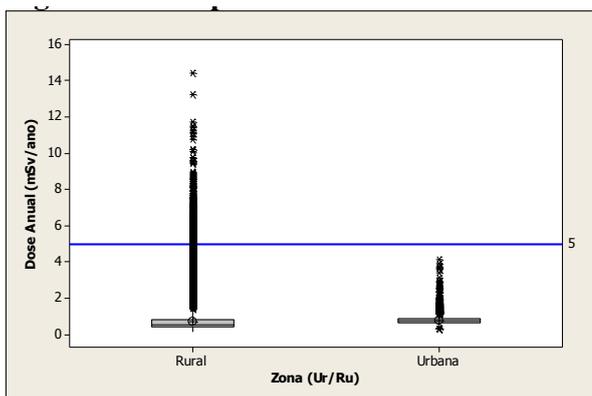
### 2.8.3 Caldas – Minas Gerais – Brasil

Para este município, verificou-se uma dose média total de 0,70 mSv/ano (urbana=0,75 e rural=0,69), segundo a TAB. 8. Já a dose ponderada total foi de 0,66 mSv/ano (urbana=0,71 e rural=0,59), demonstrando que as maiores doses médias do município foram localizadas a oeste em regiões com baixa densidade demográfica, conforme Apêndice – MAPA 11. Considerando o valor de referência da UNSCEAR (2000), de 0,5 mSv/ano, o valor da dose ponderada foi superior em 32%. Comparando os valores obtidos com o estudo de Sachett (2002) – TAB. 5, que foi de 0,80 mSv/ano para a zona urbana, os valores foram inferiores.

No MAPA 12 (Apêndice) observa-se que três setores censitários rurais ao extremo oeste de Caldas, com densidades demográficas entre 0 e 25 habitantes por km<sup>2</sup> apresentaram os maiores níveis do município, com valores médios de 2,50 mSv/ano (Campo do Cercado e Mineração de Urânio), com 1,36 mSv/ano (Morro do Taquari) e 0,98 mSv/ano (Setor rural Oeste).

Aplicam-se os mesmos argumentos de Andradas para os valores encontrados quanto à localização geográfica dentro da caldeira vulcânica, além de incluir as duas anomalias de elevada radiação natural reconhecidas internacionalmente neste município. A FIG. 14 e a FIG. 15 mostram a distribuição das frequências das doses, entre as zonas urbana e rural, respectivamente. Nos MAPAS 5 e 6 são evidenciados os valores acima de 1,0 mSv/ano, nas zonas urbana e rural.

FIGURA 13 – Boxplot da dose gama em Caldas, MG – em mSv/ano



Segundo a classificação de área de radioatividade (UNSCEAR 2000), em mSv/ano

- Existem alguns pontos discrepantes acima de 5 e inferiores a 15 mSv/ano, na zona rural, sendo as áreas com esses valores classificadas como de nível médio de radioatividade.
- 100% da zona urbana está no nível normal, assim como a maioria da rural.

*Torna-se necessário um estudo complementar (exposição indoor) para concluir a dose efetiva da radiação natural.*

FIGURA 14 – Histograma da dose gama na zona urbana de Caldas\*

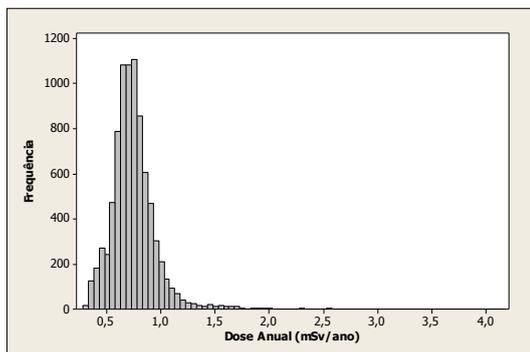
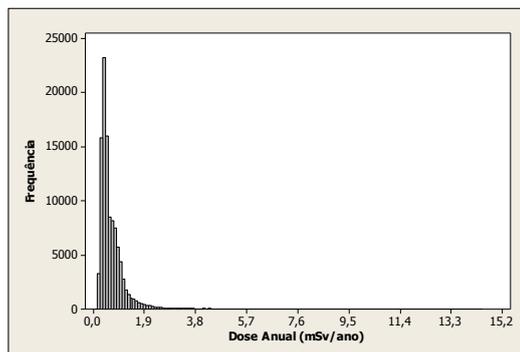
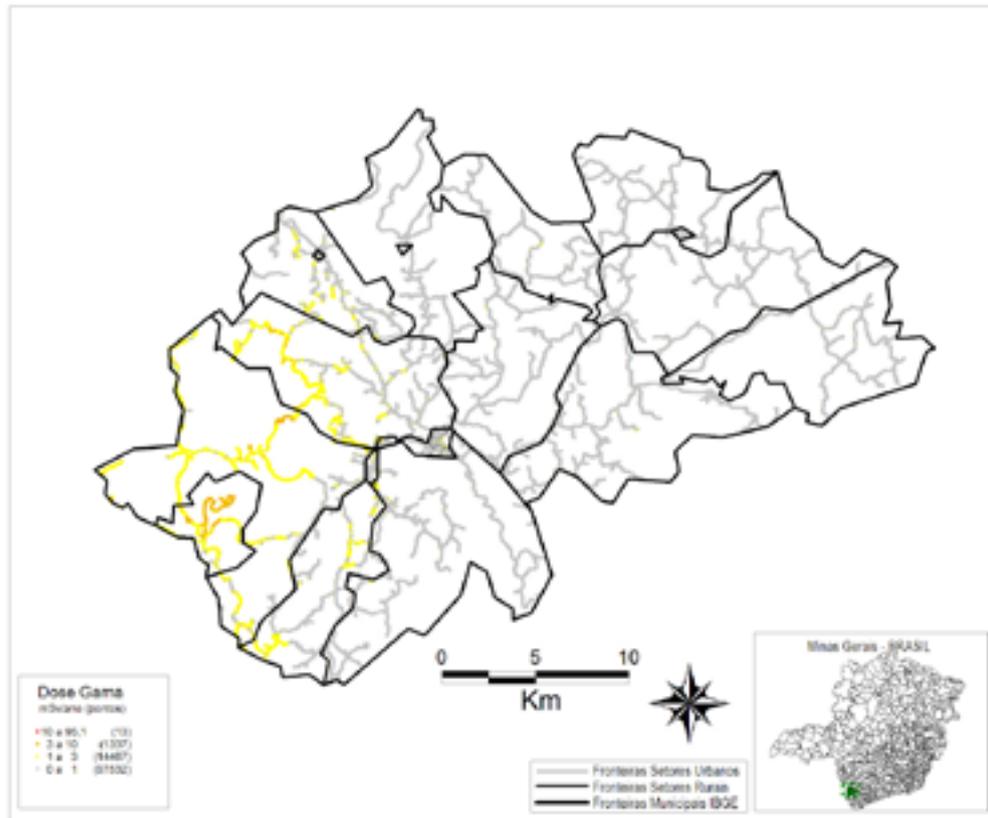


FIGURA 15 – Histograma da dose gama na zona rural de Caldas\*

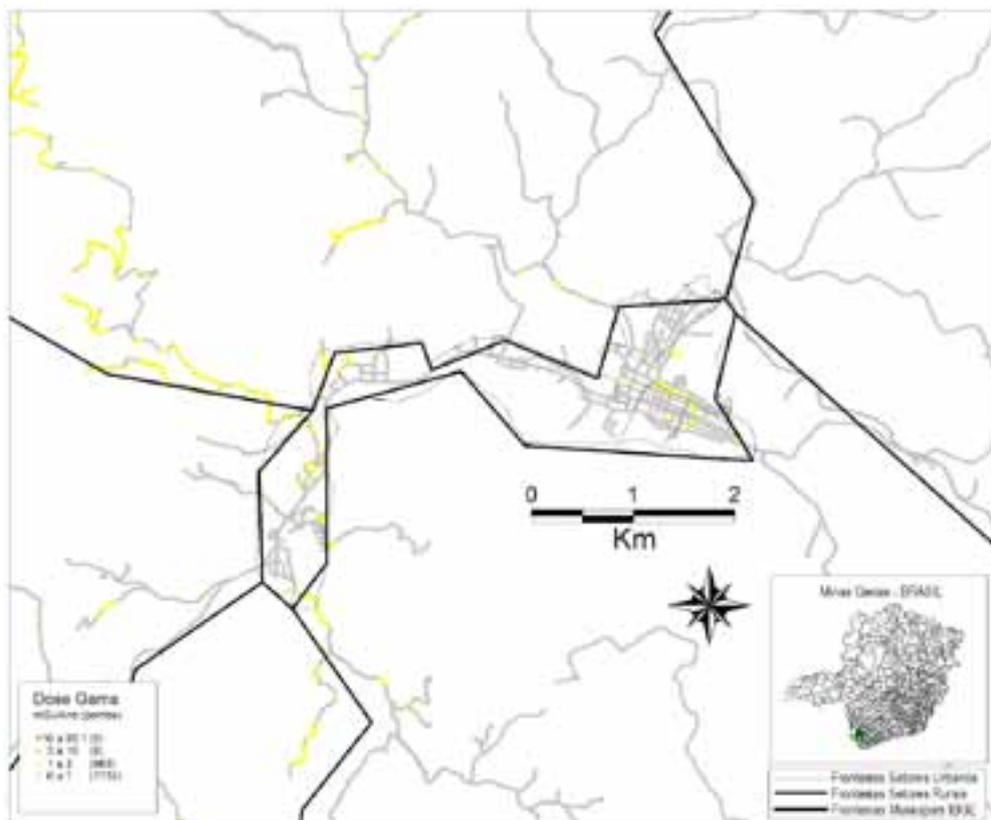


\* Histogramas com diferentes escalas de frequência.

MAPA 5 – Dose gama externa no município de Caldas



MAPA 6 – Dose gama externa na zona urbana de Caldas



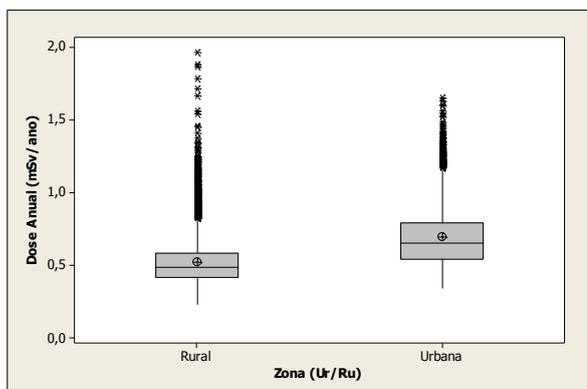
## 2.8.4 Ibitiúra de Minas – Minas Gerais – Brasil

Para este município, verificou-se uma dose média total de 0,55 mSv/ano (urbana=0,70 e rural=0,52), segundo a TAB. 8. Já a dose ponderada total foi de 0,62 mSv/ano (urbana=0,69 e rural=0,51), demonstrando que não houve uma concentração de doses elevadas segundo a zona de residência. Considerando o parâmetro de 0,5 mSv/ano da UNSCEAR (2000), o valor da dose ponderada foi superior em 24%.

Não foram obtidos valores de referência na literatura para este município, uma vez que a maior parte de sua localização geográfica está fora da caldeira vulcânica, mas serve de parâmetro de comparação para as demais regiões. Ressalte-se que a inclusão desse município no presente estudo deve-se à sua localização dentro de um raio de 20 km, a partir do centro da mina de urânio, conforme a metodologia eleita.

A FIG. 17 e a FIG. 18 mostram a distribuição das frequências das doses, entre as zonas urbana e rural, respectivamente. Nos MAPAS 7 e 8 são evidenciados onde ocorreram os valores pontuais acima de 1,0 e abaixo de 3,0 mSv/ano (os mais elevados nesse município).

FIGURA 16 – Boxplot da dose gama em Ibitiúra de Minas, MG – em mSv/ano



Segundo a classificação de área de radioatividade (UNSCEAR 2000), em mSv/ano:

- 100% das zonas urbana e rural estão no nível normal (até 5 mSv/ano).
- Na zona rural ocorrem os valores extremos mais elevados do município.
- A zona urbana apresenta doses mais elevadas que a zona rural.

É desejável um estudo complementar (exposição indoor).

FIGURA 17 – Histograma da dose gama na zona urbana de Ibitiúra de Minas\*

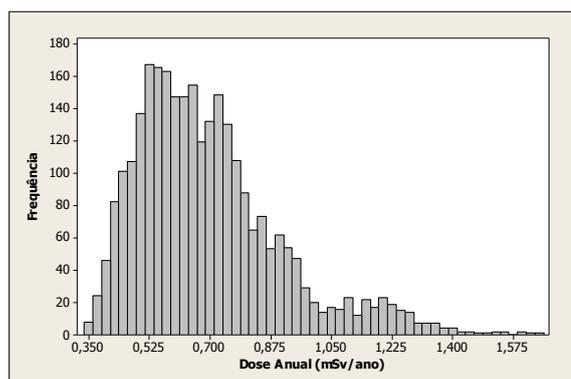
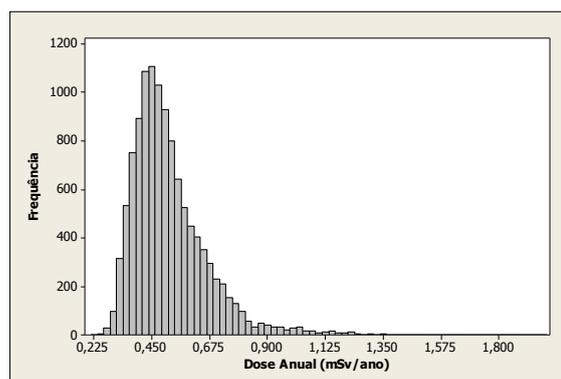


FIGURA 18 – Histograma da dose gama na zona rural de Ibitiúra de Minas\*

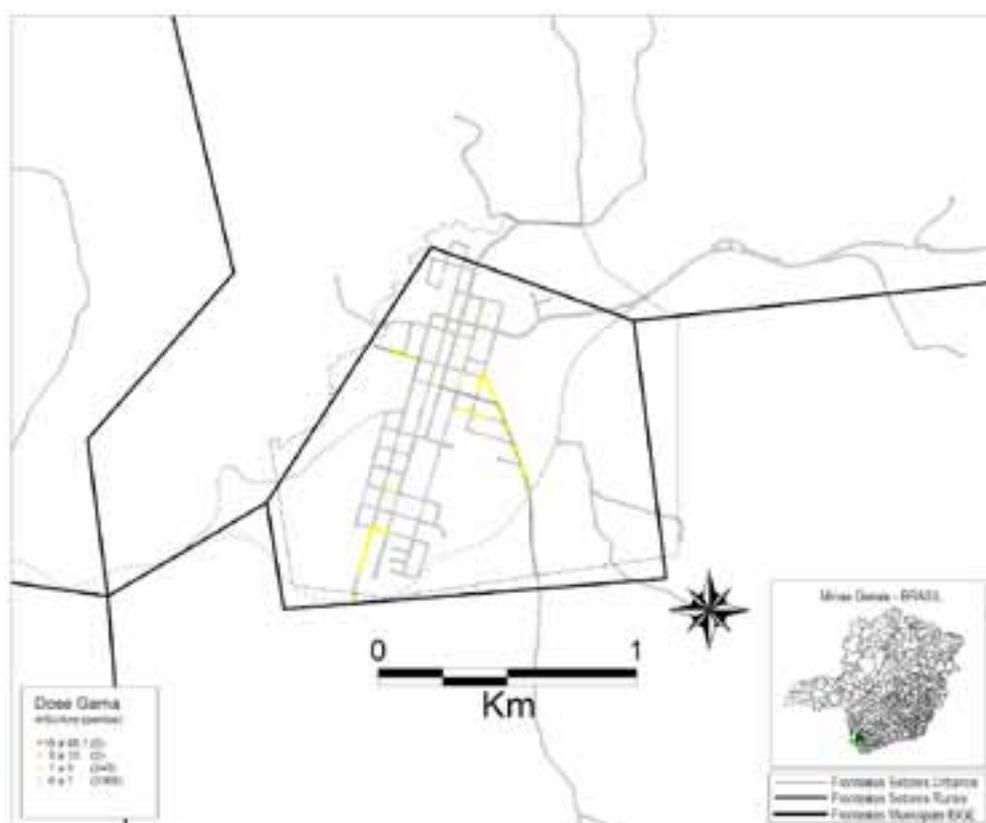


\* Histogramas com diferentes escalas de frequência.

MAPA 7 – Dose gama externa no município de Ibitiúra de Minas



MAPA 8 – Dose gama externa na zona urbana de Ibitiúra de Minas



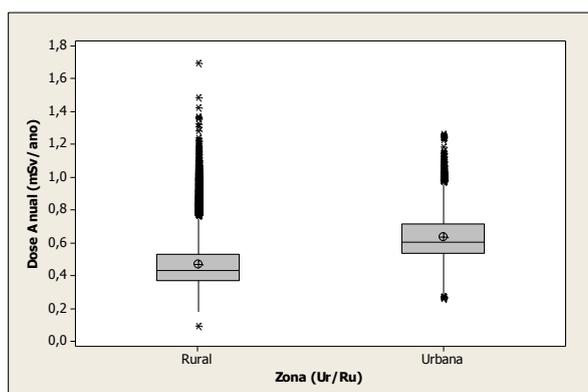
## 2.8.5 Santa Rita de Caldas – Minas Gerais – Brasil

Para este município, verificou-se uma dose média total de 0,48 mSv/ano (urbana=0,64 e rural=0,47), segundo a TAB. 8. Já a dose ponderada total foi de 0,57 mSv/ano (urbana=0,64 e rural=0,47), demonstrando que este município não apresentou concentrações de doses elevadas, segundo a zona de residência. Considerando o parâmetro de 0,5 mSv/ano da UNSCEAR (2000), o valor da dose ponderada foi superior em 14%.

Não foram obtidos valores de referência na literatura para este município, uma vez que a maior parte de sua localização geográfica fica fora da caldeira vulcânica, mas serve de parâmetro de comparação para as demais regiões. Ressalte-se que a inclusão desse município no presente estudo deve-se à sua localização dentro de um raio de 20 km, a partir do centro da mina de urânio, conforme a metodologia anteriormente apresentada.

A FIG. 20 e a FIG. 21 mostram a distribuição das frequências das doses, entre as zonas urbana e rural, respectivamente. Nos MAPAS 9 e 10 são evidenciados onde ocorreram os valores pontuais acima de 1,0 e abaixo de 3,0 mSv/ano (os mais elevados nesse município), a maioria na zona urbana.

FIGURA 19 – Boxplot da dose gama em Santa Rita de Caldas, MG – em mSv/ano



Segundo a classificação de área de radioatividade (UNSCEAR, 2000), em mSv/ano

- 100% das zonas urbana e rural estão no nível normal (até 5 mSv/ano.).
- A zona rural ocorre valores extremos mais elevados no município.
- A zona urbana apresenta maior variabilidade e também média de doses mais elevadas que a zona rural.

É desejável um estudo complementar para verificar a exposição indoor.

FIGURA 20 – Histograma da dose gama na zona urbana de Santa Rita de Caldas\*

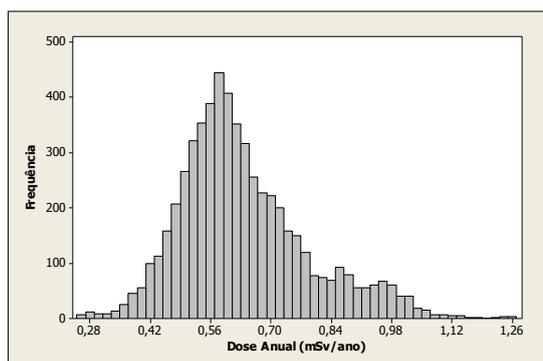
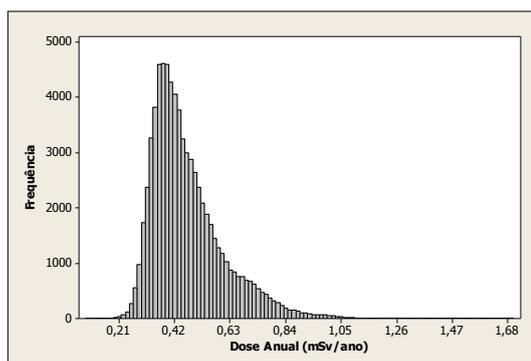
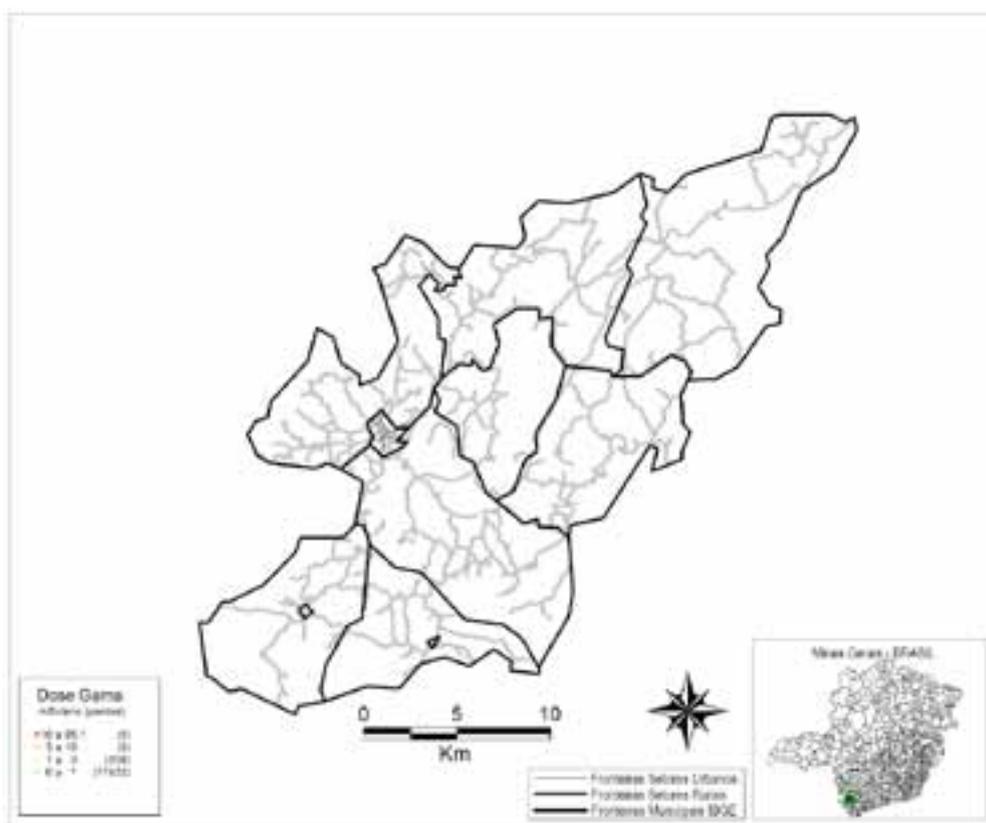


FIGURA 21 – Histograma da dose gama na zona rural de Santa Rita de Caldas\*

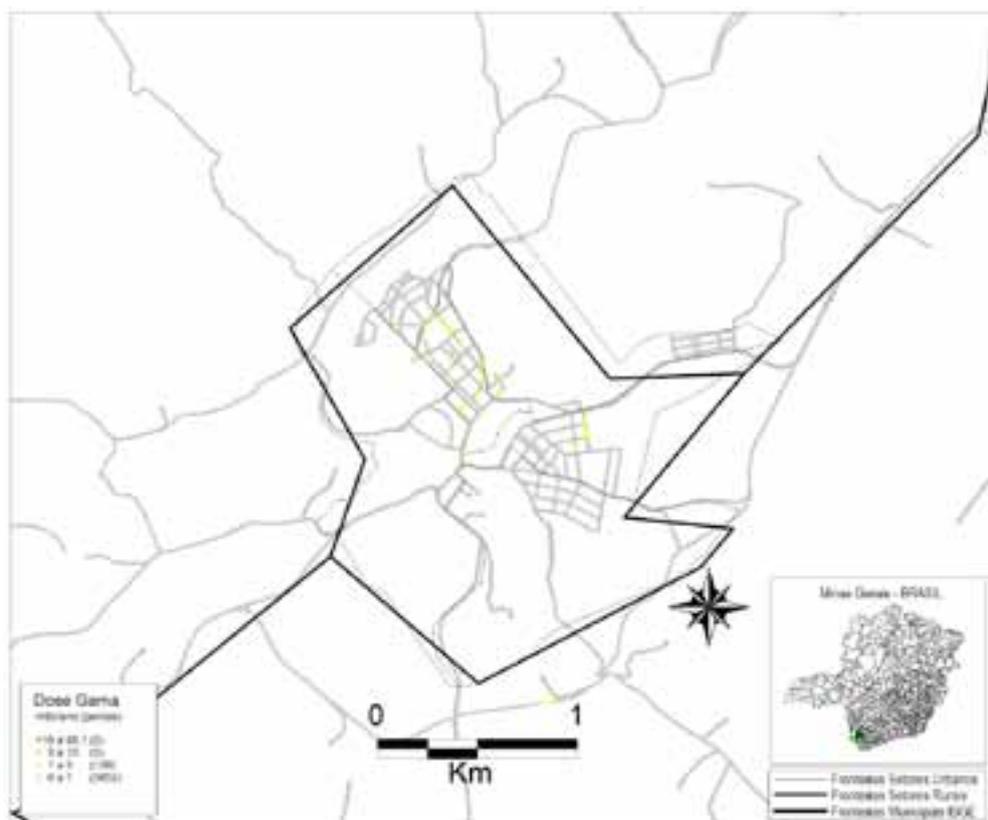


\* Histogramas com diferentes escalas de frequência.

MAPA 9 – Dose gama externa no município de Santa Rita de Caldas



MAPA 10 – Dose gama externa na zona urbana de Santa Rita de Caldas



## 2.9 RESULTADO DO PLANALTO POÇOS DE CALDAS

Considerando que a radiação ionizante natural externa gama terrestre, proveniente do solo, não deve sofrer alteração ao longo de muitos anos, as medições realizadas poderão subsidiar novos estudos, uma vez que os dados estão disponíveis tanto em valores médios de dose como também em medições de dose.

Os valores da dose populacional dependem da evolução quantitativa da população, fornecida pelo IBGE, ressaltando-se a necessidade de novos cálculos a cada atualização do censo. O presente estudo assumiu que as doses externas *indoor* e *outdoor* sejam equivalentes, e as melhorias que podem ser realizadas são as medições da dose externa *indoor*, do Fator de Ocupação – que define o tempo de exposição diário e as medições da dose interna – através da medição de radônio, permitindo assim realizar análise fidedigna do risco à saúde. Para a Saúde Pública, a forma de cálculo com base no tamanho da população é a mais indicada (TAB. 3).

Em relação à dose média ponderada pela população, cujo valor de referência da radiação ionizante natural externa gama terrestre é de 0,5 mSv/ano, segundo UNSCEAR (2000), os resultados encontrados não foram superiores ao dobro desse parâmetro. Não é possível afirmar se esses valores são elevados (ou não) considerando a limitação na representatividade da população mundial no cálculo da estimativa da dose global (SACHETT, 2002). Por outro lado, o comitê admite que muitos locais apresentam níveis típicos de exposição à radiação natural que excedem os níveis médios mundiais, em fatores de 10 e até mesmo de 100 mSv/ano.

Foram encontrados três locais com doses bastante elevadas, todos no interior da caldeira vulcânica: no Morro do Ferro (95,5 mSv/ano), zona rural de Poços de Caldas; no Campo do Cercado – Mina de Urânio (14,43 mSv/ano) e no Morro do Taquari (13,56 mSv/ano), o primeiro na zona rural de Poços de Caldas e os dois últimos na zona rural de Caldas. Essas áreas possuem baixa (ou nula) densidade demográfica.

Os valores levantados até o momento neste projeto respondem por apenas uma parcela da dose total. Os futuros levantamentos a se realizarem dentro das residências fornecerão doses que serão ponderadas com o tempo de permanência média da população em cada ambiente. Por esse motivo, os pontos alterados, encontrados em áreas despovoadas, contribuirão apenas com a dose *outdoor*, podendo ser atenuados pela ausência de dose *indoor*.

As áreas no interior da caldeira vulcânica apresentaram os maiores valores de dose aritmética, entretanto, na área urbana, as doses populacionais foram mais altas somente para o município de Poços de Caldas (0,98 mSv/ano), por estar totalmente contido na referida caldeira, enquanto Caldas, que está na borda, apresentou 0,71 mSv/ano. Andradas – 0,54 mSv/ano, Santa Rita de Caldas – 0,64 mSv/ano e Ibityúra de Minas – 0,69 mSv/ano, que estão mais distantes. Caldas e Ibityúra de Minas apresentam valores bem próximos, o que aponta para uma situação de não relação entre valor de dose média e distância da caldeira.

Embora Andradas e Santa Rita de Caldas tenham apresentado valores em torno da média mundial, devem receber atenção especial devido aos pontos com doses elevadas que neles foram constatados.

Percebe-se que independentemente dos níveis de radônio que corresponderiam à dose interna (ainda não medidos), pode-se dizer que algumas regiões do planalto se enquadrariam nas categorias de média (dose entre 5-10 mSv/ano), de elevada (dose entre 20 e 50 mSv/ano) e muito elevada radiação natural (dose superior a 50 mSv/ano). Ressalta-se que essas regiões não são habitadas demandando ações do poder público para que não ocorra construção de moradia nestas áreas.

Considerando a norma CNEN 3.01/007 que estabelece em 10 mSv/ano o valor genérico de referência para uma ação de intervenção em situações de exposição crônica da população a radiação natural, pode-se destacar os valores individuais analisados por município, acima desse valor de referência dos picos das três anomalias já conhecidas, todos na área rural, na ordem: Morro do Ferro em Poços de Caldas (46 pontos), Mina de Urânio (8 pontos) e Morro do Taquari (5 pontos), esses últimos em Caldas. Além desses, há um ponto isolado na área periurbana de Poços de Caldas. Na área urbana, todos ficaram abaixo desse valor de referência, exceto em Caldas, que apresentou um pico de 4,13 mSv/ano, e Poços de Caldas, com um pico de 3,74 mSv/ano.

Das 60 medições com valores acima de 10 mSv/ano (FIG. 22), observa-se que a maior parte desses pontos apresenta valor menor do que 20 mSv/ano. Note-se que essa análise se refere aos valores medidos em pontos específicos e não representam doses médias de exposição. A vigilância em saúde deve monitorar a movimentação de pessoas nessas imediações. Em relação à Mina de Urânio, a CNEN cumpre seu papel fiscalizador, monitorando os níveis de radiação dos trabalhadores e do ambiente do entorno.

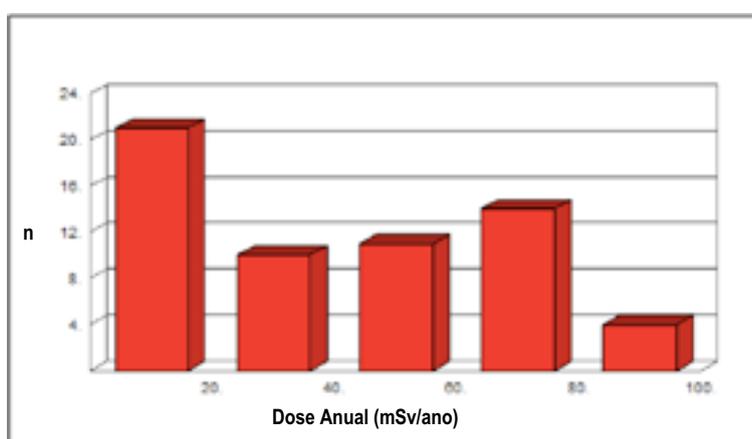


FIGURA 22 – Número absoluto de medições de dose, segundo categorias de doses acima de 10 mSv/ano

Comparando com estudos anteriores, o atual contribuiu com um levantamento sistemático e não amostral dos valores de dose, classificados por município e por zona urbana e rural. Todos os pontos levantados (mais de 417.324) estão georreferenciados, podendo ser tomados pontualmente ou agrupados por qualquer critério. Também aponta exatamente os locais que merecem maior atenção quanto à vigilância em saúde.

Na FIG. 23, observa-se na zona urbana que a maior variabilidade ocorre em Caldas e Poços de Caldas; entretanto, mesmo os valores discrepantes encontram-se no nível normal de radioatividade.

Na zona rural, a maior discrepância é verificada em Poços de Caldas, com valores tão elevados que foi preciso usar uma escala mais elevada de doses do que a utilizada para a zona urbana. Observe-se que esses valores discrepantes correspondem às duas anomalias, do Morro do Taquari e Morro do Ferro, reconhecidas internacionalmente.

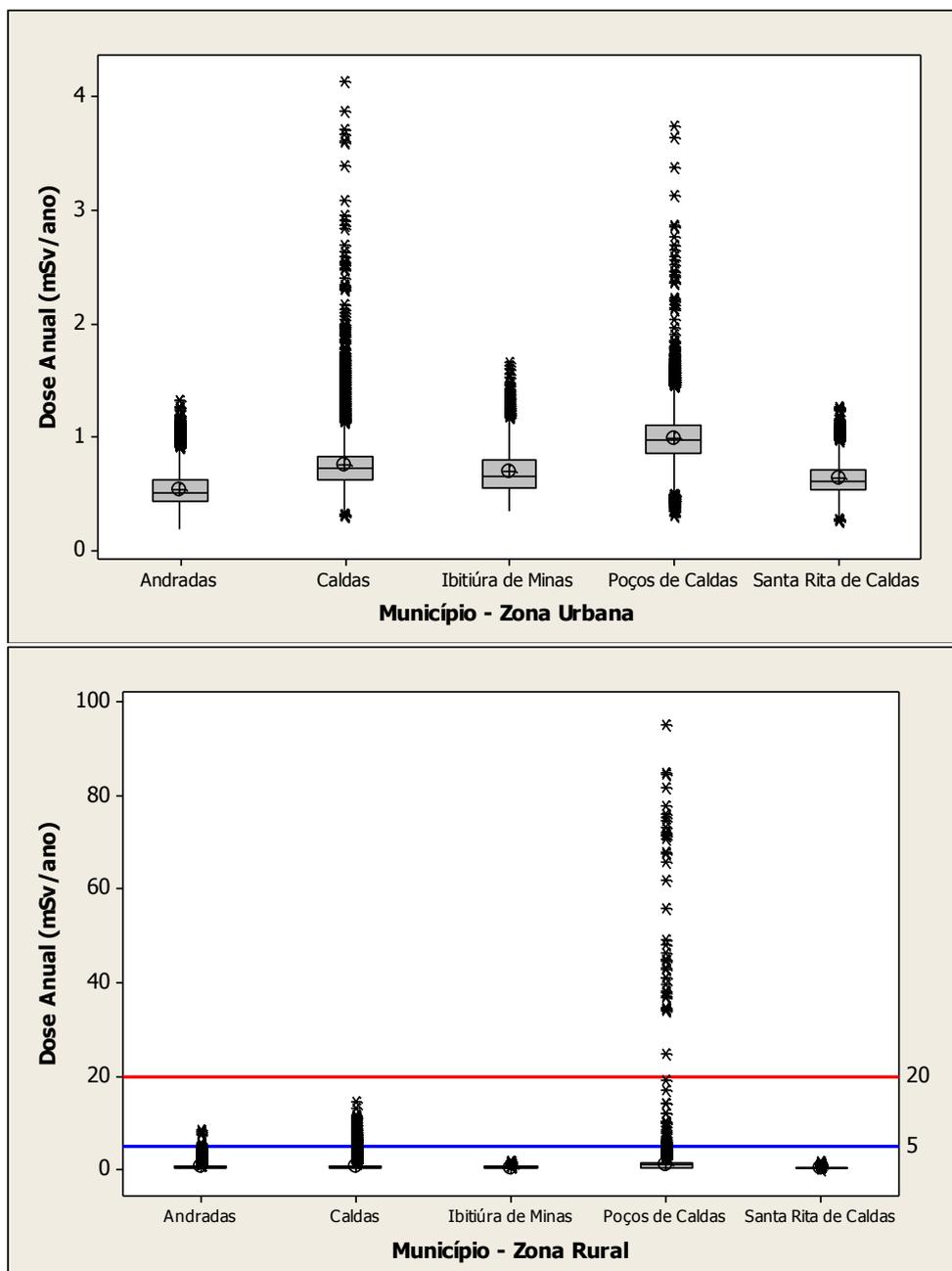


FIGURA 23 – Dose gama externa – Áreas urbana e rural dos municípios

Na FIG. 24, considerando todas as áreas dos municípios, apenas em Poços de Caldas a medição de dose ultrapassou o valor de 20 mSv/ano, de elevada radioatividade (20-50 mSv/ano) e muito elevada (> 50 mSv/ano). Nos outros municípios, as maiores variabilidades foram, por ordem: Caldas e Andradas, que tiveram valores discrepantes que correspondem a área de radioatividade média. Em Ibitiúra de Minas e Santa Rita de Caldas não são observadas variações, com todos os valores no nível normal. Todos os municípios apresentaram os valores medianos de doses correspondentes às áreas de radioatividade normal (< 5 mSv/ano).

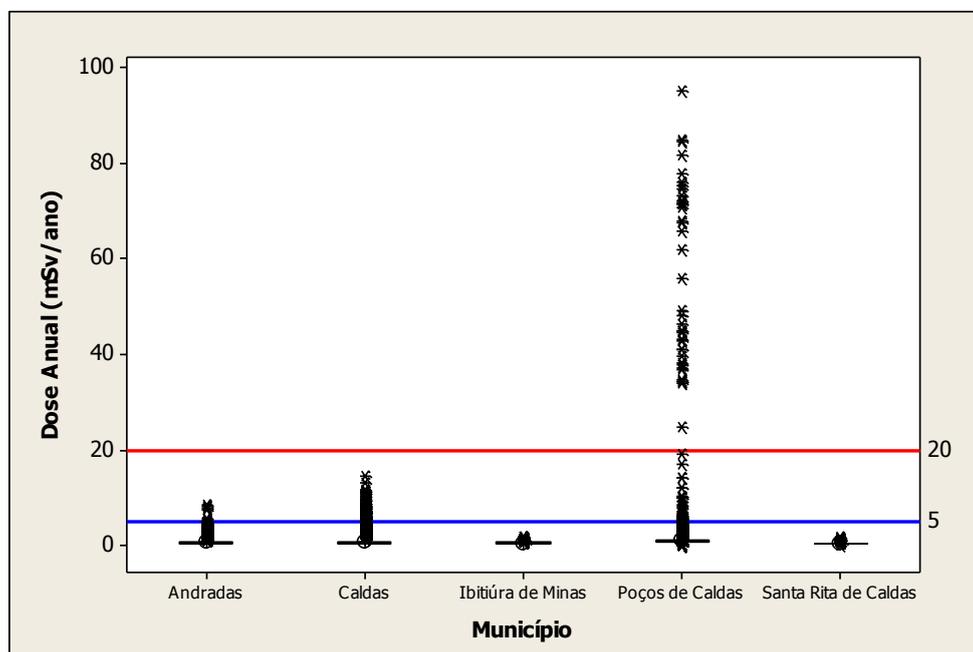


FIGURA 24 – Dose gama externa nos municípios

## Dos Mapas

Em relação à espacialização, vários mapas foram produzidos em diferentes combinações de variáveis, e o banco de dados permite que inúmeros outros sejam criados, conforme a necessidade. Foram aqui selecionados 16 mapas por serem considerados os mais representativos desse estudo. Com o acesso por meio digital, a visualização dos mapas poderá ser melhorada significativamente (*zoom*), o que facilitará a observação dos pequenos detalhes.

Torna-se importante destacar que esses mapas tiveram sete categorias, segundo os valores das medições, por ser essa estratégia mais apropriada para uma melhor visualização da localização dos pontos mais elevados, intermediários ou baixos. Portanto, um valor pode ser considerado elevado se comparado com as outras medições da pesquisa e, contrariamente, ser considerado como “normal” segundo a classificação das áreas de radioatividade proposta por Sohrabi (1998), UNSCEAR (2000) e Hendry *et al.* (2009).

Se a categorização das cores fosse realizada com base nessa última classificação, em torno de 99% dos pontos estariam no mesmo nível (normal, até 5 mSv/ano) e numa mesma cor, o que conferiria um padrão visual homogêneo e faria perder o detalhamento conferido na espacialização dos pontos da pesquisa. Essa técnica também facilitou a visualização do parâmetro de 0,5 mSv/ano, que é a fração atribuída pela UNSCEAR (2000) à radiação natural externa gama terrestre na dose efetiva mundial com base populacional, que foi o parâmetro adotado para as análises.

Outro aspecto é o uso da tecnologia atual com o GPS, que possibilitou obter um mapa com muito mais detalhes do que aquele produzido na década de 1950, relatado por Resk Fraya (1962), por levantamento aéreo, na época da descoberta dos elementos radioativos na região, antes do início da mineração. Pela precisão das medições atuais, torna-se necessária a retificação da frequente citação encontrada na literatura, de que a região do Planalto Poços de Caldas é de elevada radiação natural.

Em relação aos mapas apresentados no Apêndice desse documento, são ressaltadas as seguintes considerações:

### **MAPA 11 – Densidade demográfica dos cinco municípios do Planalto Poços de Caldas por setores censitários – Minas Gerais – População Ano 2000 (IBGE)**

Observa-se que, em todos os municípios pesquisados, as áreas mais densamente povoadas são as zonas urbanas e ocorre uma variação nas zonas rurais. Em Poços de Caldas observa-se um território praticamente dividido em duas partes, de maior densidade demográfica no centro (zona urbana) e no norte da zona rural e menor (sul). Em Andradas e Ibitiúra de Minas ocorre uma distribuição mais homogênea da população nas zonas rurais, enquanto em Santa Rita de Caldas e Caldas a população rural concentra-se em algumas áreas específicas. A distribuição populacional provavelmente se deve às atividades econômicas e ao relevo da região (vide TAB. 6).

### **MAPA 12 – Doses de radiação gama externa na malha viária dos cinco municípios do Planalto Poços de Caldas – Minas Gerais – Períodos: 2002/2003 e 2006/2008**

Há uma visualização diferenciada na área que compreende a caldeira vulcânica, que concentra os pontos de maior dose. Essa área abrange a quase totalidade do município de Poços de Caldas e parte de Caldas e Andradas. Estão destacados em cor vermelha e preta os pontos de maior valor, no Morro do Ferro, na Mina de Urânio e no Morro do Taquari. Os valores máximos de dose encontrados em Ibitiúra de Minas e Santa Rita de Caldas não podem ser visualizados por serem pontos isolados e de valores relativamente baixos.

### **MAPA 13 – Doses interpoladas de radiação gama externa na malha viária dos cinco municípios do Planalto Poços de Caldas – Minas Gerais – Períodos: 2002/2003 e 2006/2008 – Por hectare**

A importância dessa técnica no presente estudo foi propiciar o cálculo das doses médias populacionais. A diferença com o MAPA 12 é o maior destaque visual obtido pelo espalhamento da dose pelas áreas contíguas aos pontos levantados, refletindo basicamente as mesmas feições já observadas, apenas realçando a influência de cada ponto no seu entorno.

## **MAPA 14 – Doses máximas de radiação gama externa na malha viária dos cinco municípios do Planalto Poços de Caldas – Minas Gerais – Períodos: 2002/2003 e 2006/2008 – Por hectare.**

Este mapa mostra o maior valor de dose gama externa encontrado em cada hectare do Planalto Poços de Caldas. Observa-se que os níveis encontrados são superiores aos mostrados no MAPA 13 em diversas regiões, demonstrando anomalias pontuais não encontradas no mapa anterior. Este mapa é fundamental para a vigilância da saúde da população residente muito próximo a essas anomalias. No entanto, é necessário frisar que a dose registrada em cada hectare é do maior ponto encontrado, e não de sua área total, pois foram desconsiderados todos os demais pontos.

## **MAPA 15 – 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**

Observa-se que há um distanciamento entre os óbitos e as anomalias que concentram os valores mais elevados de dose. Entretanto, apenas os estudos epidemiológicos de correlação poderão responder cientificamente à questão.

Ressalte-se que em Ibitiúra de Minas e Santa Rita de Caldas não ocorreram óbitos pelos cânceres selecionados, entre 1999 a 2005 e, conseqüentemente, eles não são observados nesses municípios.

## **MAPA 16 – Doses máximas 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**

Mesmo considerando as doses pelo seu valor máximo, que configura a pior das hipóteses, observa-se uma visualização próxima à dos valores médios e ainda à distância entre óbitos e regiões de medições mais elevadas (MAPAS 15 e 16).

## **PRINCIPAIS DESTAQUES NOS RESULTADOS DAS MEDIÇÕES**

As medições da radiação natural gama terrestre realizadas no presente estudo demonstraram que existe uma variação espacial coerente com a geologia da região. Devido à cobertura total da malha viária, foi possível identificar pontualmente onde existem os maiores valores de dose, ou seja, onde podem ser planejados monitoramentos especiais e ações de proteção, sendo esse o diferencial em relação aos estudos anteriores que foram baseados em amostras.

Os pontos mais elevados indicam os locais que merecem maior atenção quanto à vigilância em saúde. Por outro lado, ao demonstrar que o problema é pontual e não geral na região, é provável que a conhecida citação região de elevada radiação natural venha a ser alterada para alguns locais da região, uma vez que a maioria dos valores até agora encontrados são muito inferiores a 5 mSv/ano, classificado como de baixa radiação natural.

Comparando com estudos anteriores, o atual contribuiu com um levantamento sistemático, e não amostral, dos valores de dose, classificados por município e por zona urbana e rural. Todos os pontos levantados estão georreferenciados, podendo ser tomados individualmente ou agrupados por qualquer critério. O banco de medições obtido é uma conquista que deve ser atribuída à integração interinstitucional em virtude da complexidade técnica, operacional, custo, tempo de duração, entre outros fatores envolvidos. Essa realização era necessária, uma vez que esse tipo de radiação pode variar entre pontos muito próximos.

O banco de dados das medições, com 417.324 pontos medidos, permite várias possibilidades de análise e diversas combinações de espacialização. Foram apresentadas nesse documento algumas dessas técnicas, por exemplo, dois tipos de cálculos de dose efetiva da radiação natural gama terrestre baseadas na média aritmética dos valores medidos e na média ponderada pela população. A primeira de inegável valor devido à sua estabilidade ao longo dos anos, por depender apenas da concentração dos elementos radioativos do solo. A segunda por estar associada à exposição populacional e, por esse motivo, ser de maior interesse para a gestão da vigilância em saúde.

Até o momento, o presente estudo encontrou apenas três locais, a mina de urânio, o Morro do Ferro e o Morro do Taquari, que se enquadram na classificação proposta por Sohrabi (1998), sendo considerado como nível de muita elevada radioatividade (20-50 mSv/ano) e os últimos de nível médio (5-20 mSv/ano). Os 60 pontos mais elevados (acima de 10 mSv/ano) representam 0,01% do total de medições realizadas. Para os demais locais, a medição da dose interna (radônio) e da dose externa *indoor* é de fundamental importância para seja calculada a dose efetiva global.

O alerta é que esses locais de pontos mais elevados de cada município sejam monitorados sistematicamente pela vigilância em saúde, sendo desejável uma ação conjunta com a CNEN. Os pontos com valores superiores a 10 mSv/ano, o Morro do Ferro (zona rural de Poços de Caldas), a Mina de Urânio e o Morro do Taquari (ambos na zona rural de Caldas) estão sujeitos a ações de intervenção estabelecida na norma CNEN 3.01/007, de janeiro de 2007. Os Morros do Ferro e do Taquari não são habitados, o que não exclui a possibilidade de ocorrer alguma movimentação de pessoas nesses locais, sendo necessárias, portanto, medidas de proteção. Em relação à mina de urânio, a CNEN a fiscaliza desde 1959, o que não exclui que ocorra futura ocupação e uso da terra após a conclusão do seu processo de fechamento.

Como precaução, recomenda-se que as áreas com valores de dose acima de 1,0 mSv/ano sejam reconhecidas e monitoradas pela vigilância de saúde municipal.

## **PARTE III – CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES**



## 3.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitas vezes, o local reconhecido como área de radioatividade natural elevada causa receio na população, a qual atribui à radiação possíveis aumentos da incidência de câncer e outras doenças radioinduzidas. O medo do risco evidente gera o descrédito nas avaliações oficiais de segurança.

O perfil populacional aqui apresentado evidenciou elevados indicadores de desenvolvimento humano e uma expectativa de vida superior à média nacional. O envelhecimento aumenta as chances do surgimento de doenças crônicas, entre as quais o câncer. Outros fatores de risco não menos importantes também foram citados, como o uso do tabaco, ingestão de bebidas alcoólicas, alimentação inadequada, etc. Portanto, não é possível atribuir a um risco isolado a causalidade do câncer nessas populações.

O Projeto Planalto Poços de Caldas foi criado para obter informações científicas confiáveis, tecnicamente precisas e eticamente seguras sobre os efeitos da radiação na saúde da população. Os resultados aqui apresentados apenas iniciam uma longa trajetória para atender aos vários e complexos aspectos relacionados à saúde, ao câncer e à radiação. Portanto, várias etapas foram realizadas e outras serão necessárias.

Os estudos realizados fazem parte de um processo que visa ao alcance dos objetivos propostos assim como à divulgação dos resultados encontrados. A investigação dos óbitos por cânceres de pulmão, leucemia e linfoma, denominado estudo de validação, apesar de não ter concretizado o seu principal objetivo teve resultados não menos importantes, pois fundamentou ações para a melhoria dos sistemas de informação, cuja qualidade interfere diretamente no planejamento gerencial fidedigno com a realidade local e no planejamento de ações preventivas no controle das doenças.

Do estudo epidemiológico, o principal resultado foi o fortalecimento da vigilância em saúde nesses municípios, através da implantação dos registros de câncer, de base populacional e hospitalar. Outro importante aspecto foi a sensibilização dos profissionais de saúde para um correto e completo preenchimento dos laudos de diagnóstico e prontuários médicos. Várias instituições também promoveram a melhoria na guarda e segurança da documentação médica.

A implantação do Registro de Câncer de Base Populacional de Poços de Caldas (RCBP) é um importante passo para se estabelecer o cenário do câncer. Apenas esse tipo de registro gera dados de incidência, que é uma informação ainda inexistente nesses municípios. Apenas o RCBP poderá responder sobre a real ocorrência da doença na população e das condições relacionadas à sua causalidade.

O Registro Hospitalar de Câncer da Santa Casa de Misericórdia de Poços de Caldas já está gerando bases de dados para subsidiar os estudos clínicos e avaliar a efetividade da assistência. Ambos os registros de câncer fazem parte da rede estadual e nacional do sistema de informação da doença.

Em relação ao estudo da radiação ionizante natural externa gama terrestre, o presente estudo identificou três locais com valores de doses médias acima de 10 mSv/ano: o Morro do Ferro (zona rural de Poços de Caldas), a Mina de Urânio e o Morro do Taquari (ambos na zona rural de Caldas).

Para esses locais deve-se cumprir a determinação federal Norma CNEN 3.01/007, por ser “valor genérico de referência para uma ação de intervenção em exposição crônica de membros do público”. Os Morros do Ferro e do Taquari não são habitados, o que não exclui a possibilidade de ocorrer alguma movimentação de pessoas nesses locais; portanto, são cabíveis medidas de proteção. Em relação à mina de urânio, desde 1959 há uma fiscalização pela CNEN, o que não exclui que ocorra uma melhor comunicação com o público sobre o assunto.

Os demais locais apresentam valores de doses inferiores a 5 mSv/ano, e as áreas correspondentes são consideradas como de nível normal de radioatividade. Para esses locais serão necessários novos estudos da radiação ionizante natural interna por inalação (radônio), nos domicílios.

Uma das maiores contribuições desse estudo foi a produção de um banco de dados de 417.334 pontos de medição de dose não amostral, cujos valores são classificados por município e zona de residência, que podem ser tomados individualmente ou agrupados por qualquer critério. Portanto, permite várias possibilidades de análise e de diversas combinações de espacialização. Algumas dessas técnicas foram aqui apresentadas, como os mapas de dose, cuja perspectiva de utilização se estenderá futuramente durante muitos anos.

É importante mencionar que, após a complementação do estudo da radiação natural (radônio), novas abordagens poderão ser propostas, para outros tipos de radiação ou para avaliação de risco à saúde, considerando a importância de se obter um cenário mais abrangente e esclarecedor.

A integração de várias instituições possibilitou reunir profissionais de várias especialidades para atender aos objetivos desse projeto. Nos últimos cinco anos, cerca de cem pessoas estiveram envolvidas nessa realização e contribuíram para o êxito dos resultados aqui apresentados.

Pretende-se que a divulgação desses resultados ao público promova um novo olhar na necessária mudança de hábitos para a conquista de um estilo de vida saudável, sendo essa atitude tão prioritária na saúde humana quanto o respeito e o cuidado com a natureza.

A COMISSÃO COORDENADORA

## 3.2 PRINCIPAIS ASPECTOS E RECOMENDAÇÕES

Os resultados apontaram para:

- 1) A necessidade de melhora dos registros médicos em laudos e prontuários, bem como o adequado arquivamento dessa documentação por constituírem a comprovação legal do histórico de saúde do paciente. Com isso, o Sistema de Informações sobre Mortalidade ganhará maior qualidade e cumprirá a sua finalidade em informar e subsidiar estudos sobre a doença e no embasamento das ações gerenciais e de vigilância.
- 2) A necessidade de se obterem informações detalhadas sobre a incidência da doença através da implantação do Registro de Câncer de Base Populacional nos municípios, tendo em vista a demanda de esclarecimento sobre a questão por parte da população e dos profissionais de saúde locais.
- 3) A importância da integração do setor saúde com o Laboratório de Poços de Caldas - CNEN, responsável pela medição da radiação na região e que possibilitou uma realização conjunta desde a elaboração do projeto, o trabalho de campo, a análise e a divulgação dos resultados, que gerou informações científicas confiáveis, tecnicamente precisas e eticamente seguras nos vários aspectos da saúde, câncer e radioatividade.
- 4) A importância do banco de dados com medições detalhadas que permitirá trabalhos pontuais nas áreas de interesse, com inegável ganho para a região. Por outro lado, com a abrangência dada, poderá também ser utilizado de forma municipal ou regional. Um dos aspectos que passa a ser da responsabilidade da vigilância em saúde municipal é o monitoramento das áreas atualmente despovoadas e que se apresentam com maiores níveis de radiação natural externa.
- 5) A CNEN e o setor saúde local passam a identificar pontualmente as áreas que necessitam de um maior monitoramento, seja nos pontos elevados (acima de 20 mSv/ano), cujas ações já são definidas pela Norma CNEN 3.01/007, seja naqueles outros que demandem estudos complementares (radiação natural *indoor*), o que permitirá o cálculo da totalidade da dose média efetiva. Antes disso, não é possível afirmar que exista necessidade de ações especiais.
- 6) Um aproveitamento de longuíssimo prazo, uma vez que as medições de radiação natural gama externa são estáveis ao longo do tempo. Dessa forma, o cálculo da dose média aritmética será constante.
- 7) Atualização dos cálculos a cada novo censo, em razão da variação esperada da população residente.

Essa realização é uma iniciativa pioneira no Brasil e cuja metodologia poderá ser replicada em outras áreas similares do País. Esse método já é amplamente utilizado em outros países que apresentam características semelhantes.

### 3.3 COMUNICAÇÃO GERENCIAL DOS RESULTADOS



*(À esquerda) Reunião da equipe coordenadora com os secretários municipais de saúde (E) de Andradas, Caldas e Ibitiúra de Minas. (À direita) com o secretário municipal de saúde de Poços de Caldas e a comissão assessora do RCBP-Poços de Caldas.*



*Subsecretário de Vigilância em Saúde, Dr. Luiz Felipe Almeida Caram (ao centro) e Superintendência de Epidemiologia: Francisco Leopoldo Lemos (à direita), Norma Sônia Fernandes Dias, coordenadora estadual do VIGISUS (centro), e Berenice Navarro Antoniazzi. Preparação do lançamento da publicação, em 04/11/09.*

## REFERÊNCIAS



## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA FILHO, R.; PARADELLA, W.R. **Estudo do maciço alcalino de Poços de Caldas através de imagens Landsat com ênfase em mineralizações radioativas**. São José dos Campos: INPE, 1977.130 p. [INPE-111-TPT/060].
- ALMEIDA FILHO, R. Integração, manipulação e análise espacial de dados na pesquisa mineral através de modelos empíricos de prospecção: um exemplo no planalto de Poços de Caldas. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 13, n.2, p.127-142, 1995.
- ALVARENGA, D. A. **Sistema de informação geográfica para a mortalidade por cânceres selecionados no Planalto de Poços de Caldas**. 2008. 83 f. Monografia (Curso de Gestão de Tecnologias em Saúde) - Faculdade de Ciências Médicas de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- AMARAL, E. C. S.; ROCHEDO, E. R. R.; PARETSKE H. The radiological impact of agricultural activities in area of high natural radioactivity. **Radiation Protection Dosimetry**, v. 45, p. 289-292, 1992.
- ANTONIAZZI, B. N.; D'ALESSANDRO, T. A. L.; TEIXEIRA, R. A. Epidemiologia do câncer de colo do útero: o câncer no mundo. Fatores de risco. **Rev. Prática Hospitalar**, ano x, n. 60, nov./dez., p. 99-10, 2008.
- ANTONIAZZI, B. N. **Informações básicas para a suspeita e detecção precoce do câncer**. Belo Horizonte: [s.n.], 2007. p. 4. [Programa de Avaliação e Vigilância do Câncer].
- ATLAS de Desenvolvimento Humano**. Índice de Desenvolvimento Humano Médio. [S.l.]: PNUD, 2000.
- BASUALDO, C. C. Câncer e agentes fitoquímicos nutricionais. **Rev. Prática Hospitalar**, ano xi, n.65, p. 43-47, set./out, 2009.
- BRASIL. Instituto Nacional de Câncer - INCA. **A situação do câncer no Brasil**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. p. 21-24, 28-31, 46-47.
- \_\_\_\_\_. Instituto Nacional de Câncer - INCA. Prevenção e Controle do Câncer. Norms and Guidelines. **Rev. Brasileira de Cancerologia**, v.48 n.3, p. 330, 2002.
- \_\_\_\_\_. Instituto Nacional de Câncer - INCA. Sociedade Brasileira de Oncologia Pediátrica. **Câncer na criança e no adolescente no Brasil**: dados dos registros de câncer de base populacional. Brasília: Ministério da Saúde, 2008. p. 20-24.
- CASTRO, H. A.; GOUVEIA, N.; ESCAMILLA-CEJUDO, J. A. Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde. **Rev. Bras. Epidemiologia online**, v. 6, n. 2, p. 135-149, jun. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php>>. Acesso em: 04 set. 2009.
- CDC. Centers of Disease Control and Prevention. American Cancer Society. Global Cancer Control. **The cancer atlas**. [S.l.]: CDC/UICC, 2006, p.128.
- CIPRIANI, M. **Percepção de riscos e de impactos socioeconômicos**. Belo Horizonte: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2003.
- \_\_\_\_\_. **Mitigação dos impactos sociais e ambientais decorrentes do fechamento definitivo das minas de urânio**. 2002. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2002.
- CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Diretrizes básicas de proteção radiológica**: norma CNEN-NN-3.01. Resolução CNEN nº 027, de 17 de dezembro de 2004.
- \_\_\_\_\_. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Níveis de intervenção e de ação para exposição crônica**. Posição Regulatória. 3.01/007. [D.O.U. de 24 de novembro de 2005].

- COSTA, P. C. G.; DELGADO, S. L.; CARMO, C. C. C. **Projeto hidrogeoambiental das estâncias hidrominerais de Poços de Caldas**. Belo Horizonte: Companhia Mineradora de Minas Gerais – COMIG, 2001. 69 p.
- CULLEN, T. L. Review of the Brazilian investigations in areas of high natural radioactivity. Part I: Radiometric and Dosimetric Studies. In: **International Symposium on areas of high natural radioactivity Poços de Caldas, Brazil**. Rio de Janeiro: T. L. Cullen and E. Penna Franca/Academia Brasileira de Ciências, n. 2, p. 49, 1975.
- DATASUS. Departamento de Informática do SUS. Sistema de Informação sobre Mortalidade. **Dados de declaração de óbito 1997-2001**. Brasília: Ministério da Saúde, 2004. Disponível em: <<http://www.datasus.gov.br>>. Acesso em: 05 set. 2009.
- EINSENBUD, M. **Environmental radioactivity**. New York: McGraw-Hill, 1963, p. 656.
- ELLERT, R. Contribuição à geologia do maciço alcalino de Poços de Caldas. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. Geologia**. v. 18, p.5-63, 1959.
- FRAENKEL, M. O.; SANTOS, R. C., LOURENÇO, F. E. V. L.; MUNIZ, W. S. Jazida de urânio no planalto de Poços de Caldas, Minas Gerais. In: **Principais depósitos minerais do Brasil**. Brasília: DNPM, 1985. v. 1, cap. 5, p. 89-103.
- FRAYHA, R. Urânio e Tório no Planalto de Poços de Caldas: relatório preliminar. **Boletim DNPM**, Brasília: Ministério das Minas e Energia, n. 116, 75 p., 1962.
- HENDRY J. H. *et al.* Human exposure to high natural background radiation: what can it teach us about radiation risks? **Journal of Radiological Protection**: official journal of the Society for Radiological Protection, v. 29, n. 2 A, p. A 29-42, 2009.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2000 e malha digital**. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2000. [Base de dados na Internet]. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 05 set. 2009.
- LEINZ, V. **Geologia geral**. 2. ed. São Paulo: Editora Nacional. 1998. 475 p.
- LSS. Life Span Study. Studies of mortality of atomic bomb survivors. **Radia Res**, v. 160, n. 4. p. 381-407, 2003.
- MINAS GERAIS. Assembléia Legislativa do Estado de Minas Gerais. **Informações dos Perfis dos Municípios Mineiros**. Disponível em: <<http://www.almg.gov.br>>. Acesso em: 04 set. 2009.
- \_\_\_\_\_. Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais. **Registros hospitalares de câncer de Minas Gerais**. Belo Horizonte: SES-MG. v. 1, p. 99-100, 2008.[Programa de Avaliação e Vigilância do Câncer].
- \_\_\_\_\_. **6º Informativo da Vigilância do Câncer e seus fatores de risco**. Belo Horizonte: SES-MG, 2008. p. 1-3, 26-27. [Programa de Avaliação e Vigilância do Câncer].
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Ações de Resposta da Área de Saúde nos Acidentes Radiológicos e Nucleares**. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental, 2007. Disponível em: <[http://www.disaster-info.net/lideres/portugues/brasil\\_07/apresentacoes/Nucleares.pdf](http://www.disaster-info.net/lideres/portugues/brasil_07/apresentacoes/Nucleares.pdf)> acesso em 10/10/2009.
- \_\_\_\_\_. **Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada a Fatores Físicos – VigiFis**. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. [200-?]. Disponível em: <[http://portal.saude.gov.br/portal/saude/profissional/visualizar\\_texto.cfm?idtxt=21590](http://portal.saude.gov.br/portal/saude/profissional/visualizar_texto.cfm?idtxt=21590)> acesso em 10/10/2009.
- MONTEIRO, G.T.R.; KOIFMAN, S. KOIFMAN, R. J. Confiabilidade e Validade dos atEstados de óbito por neoplasias. II. Validação do Câncer de Estômago como causa básica dos atEstados de óbito no Município do Rio de Janeiro. **Cad. Saúde Pública**. Rio de Janeiro: v.13 Sup. 1. P. 52-65, 1997.

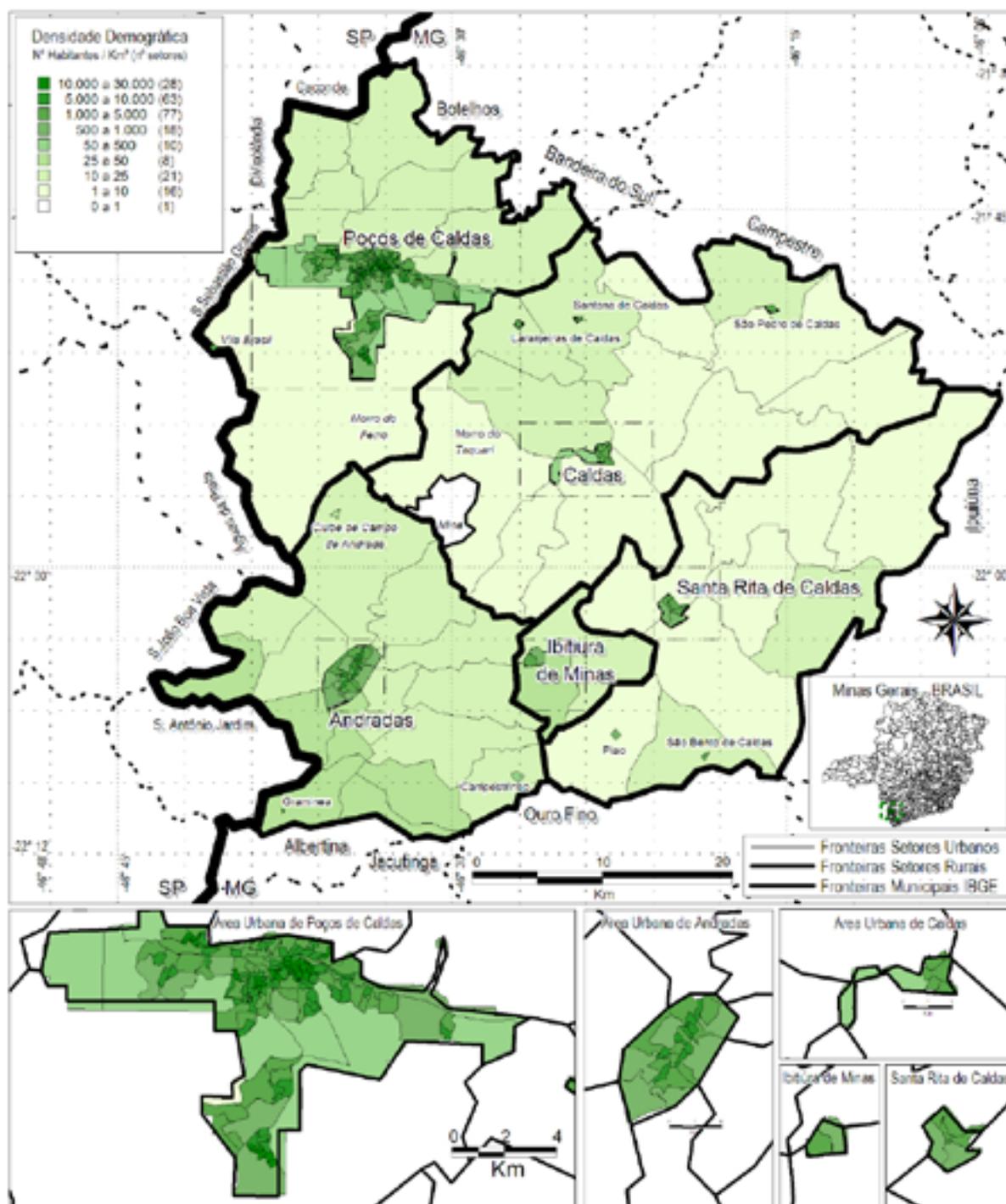
- OLIVEIRA, A. G. Mineralização de urânio e molibdênio no planalto de Poços de Caldas, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, 1974. **Anais...** Porto Alegre, 1974, v. 17, p.185-190.
- OLIVEIRA, R. O. E. **Doses populacionais de radiação ionizante na cidade de São Paulo**: medidas de dose gama a céu aberto. 2001. Dissertação. (Mestrado) – Instituto de Física da Universidade de São Paulo - USP. São Paulo, 2001.
- OTERO, U. B. *et al.* Aplicação de uma metodologia de screening para avaliar a mortalidade por câncer em municípios selecionados do Estado de Minas Gerais, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, Supl. 4, p. 537-548, 2007.
- PENNA FRANCA, E. *et al.* Status of investigations in the Brazilian areas of high natural radioactivity. **Health Physics**, v. 11, p. 699-712, 1965.
- PENNA FRANCA, E. Review of Brazilian Investigations in Areas of High Natural Radioactivity. Part II: Internal Exposure and Cytogenetic Survey. In: **International Symposium on areas of high natural radioactivity Poços de Caldas, Brazil**. Rio de Janeiro: T. L. Cullen and E. Penna Franca/Academia Brasileira de Ciências, 1977.
- PINTO, M. Custos de doenças tabaco-relacionadas: uma análise sob a perspectiva da economia. **Rev. Rede Câncer**, Brasília: INCA, jun., 2008.
- ROSER, F. X.; CULLEN, T. L. External radiation levels in high background region of Brazil. In: **Natural Radiation Environment**. Chicago: University of Chicago Press, 1964. p. 855-872.
- SACHETT, I. A. **Caracterização da radiação gama ambiental em áreas urbanas utilizando uma unidade móvel de rastreamento**. 2002. 195 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.
- SOHRABI, M. The State-of-the art on worldwide studies in some environments with elevated naturally occurring radioactive materials (NORM). **Applied Radiation Isotopes**, v. 49-3, p. 169-188, 1998.
- TOLBERT, J. The uraniferous zirconium deposits of the Poços de Caldas plateau, Brazil. **U.S. Geological Survey Bulletin**. n. 1185-C, 1966. 28 p.
- ULBRICH, H. H. G. J. **A petrografia, a estrutura e o quimismo de nefelina sienito do maciço alcalino de Poços de Caldas, MG**. 1984. 446 f. Dissertação [Livre Docência]. (Mestrado) – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 1984.
- UNSCEAR. **Sources and effects of ionizing radiation**. United Nations Scientific Committee on the effects of atomic radiation. UNSCEAR 2000. Report to the General Assembly. v. I. Sources. Annex B-Exposures from natural radiation sources, p. 111, 2000.
- \_\_\_\_\_. **Sources and effects of ionizing radiation**. United Nations Scientific Committee on the effects of atomic radiation. UNSCEAR 2000. Report to the General Assembly. v. II. Effects. United Nations Sales Publication. New York, 2000.
- \_\_\_\_\_. **Report of the United Nations Scientific Committee on the effects of atomic radiation to the general assembly**, p. 2-5, 9-10, 2005.
- VEIGA, L. H. S. *et al.* Preliminary indoor risk assessment at the Poços de Caldas Plateau, MG – Brazil. **Journal of Environmental Radioactivity**, v. 70, p. 161-176, 2003.
- WISSMAN, F. Variation observed in environmental radiation at ground level. **Radiation protection dosimetry**, v. 123, p. 190- 208, 2006.



## APÊNDICE

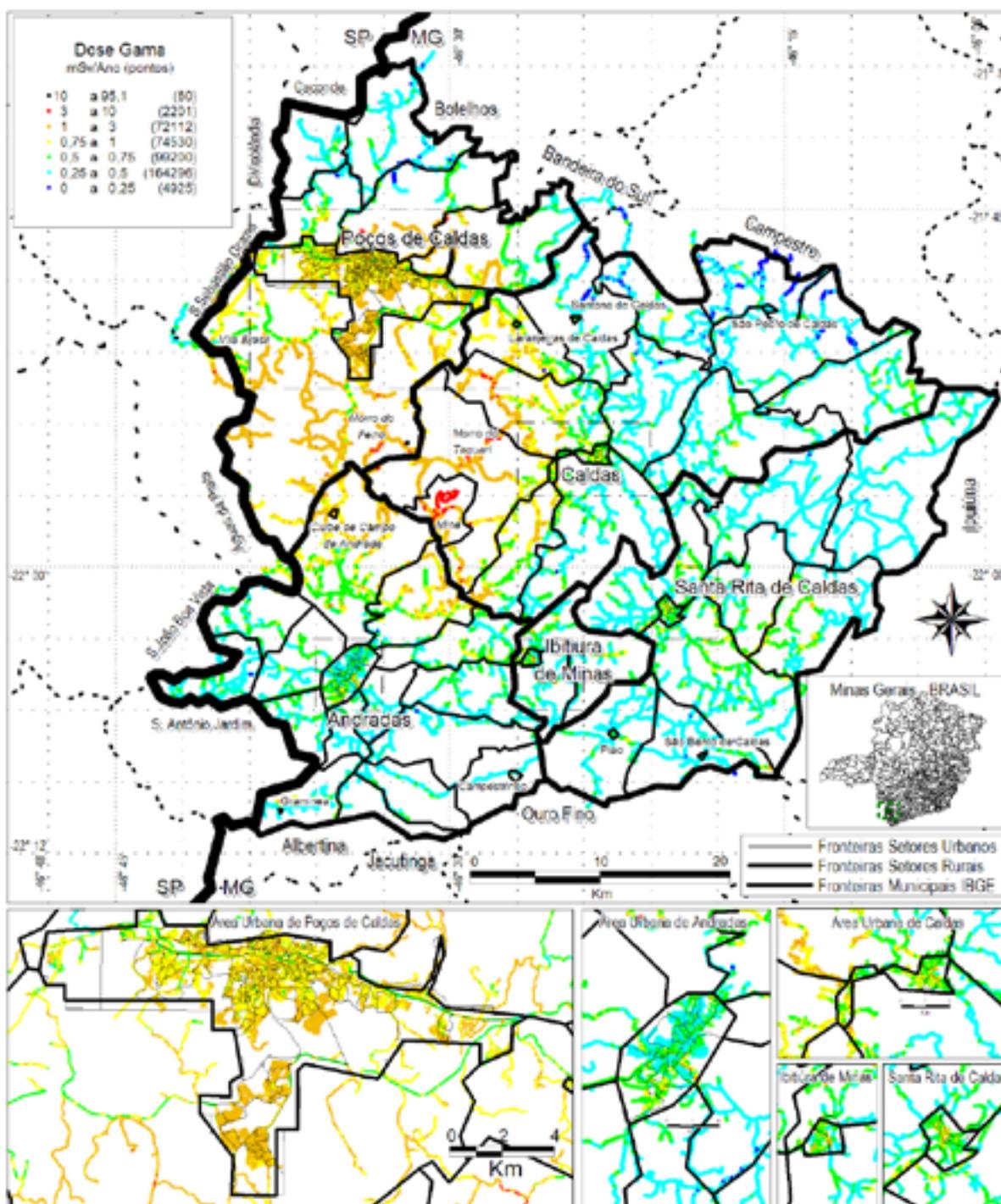


MAPA 11 – Densidade demográfica dos cinco municípios do Planalto Poços de Caldas por setores censitários – Minas Gerais  
População: Ano 2000



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2000

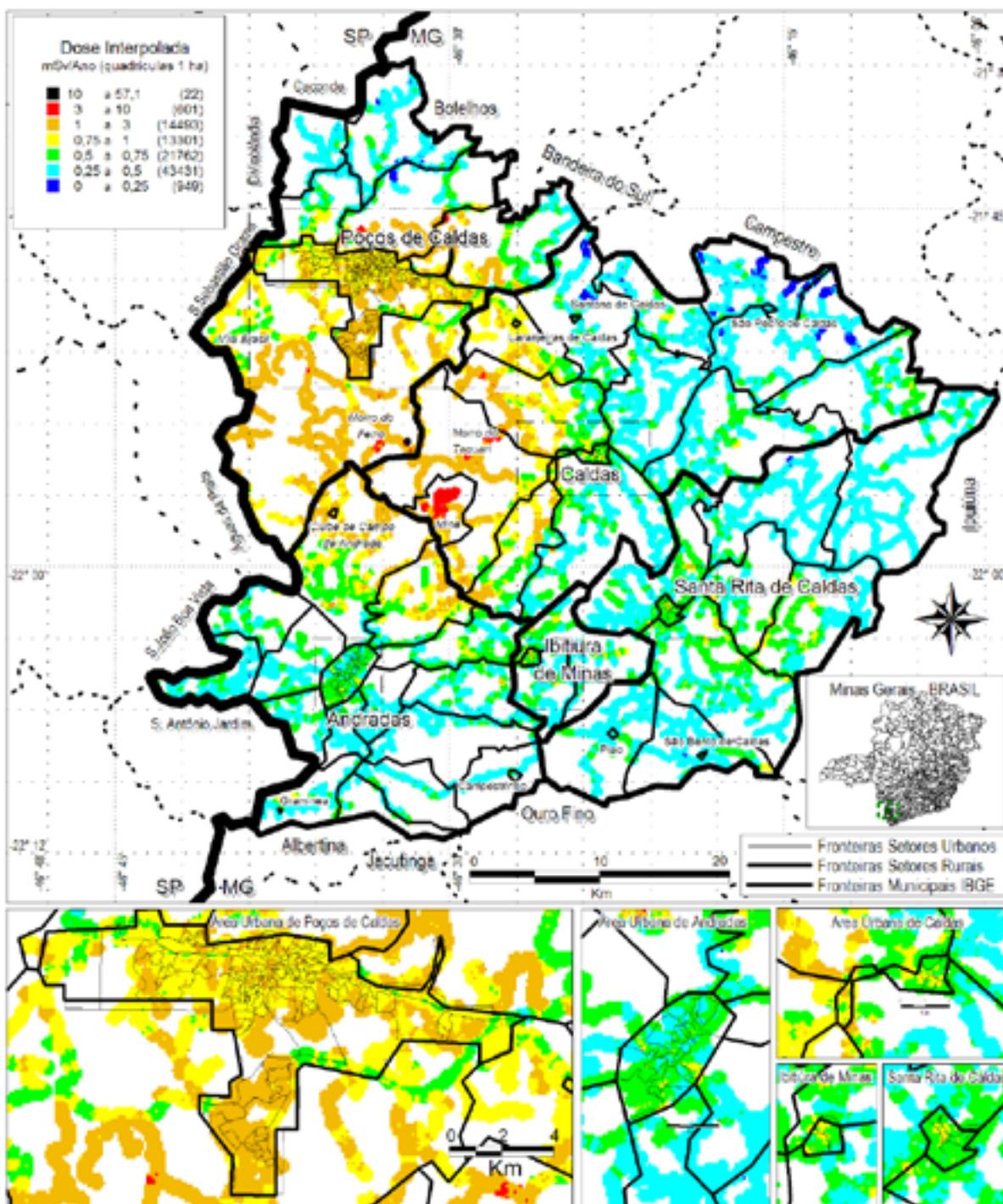
MAPA 12 – Doses de radiação gama externa na malha viária dos cinco municípios do Planalto Poços de Caldas – Minas Gerais  
 Períodos: 2002/2003 e 2006/2008.



Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas – Malha digital IBGE, 2000

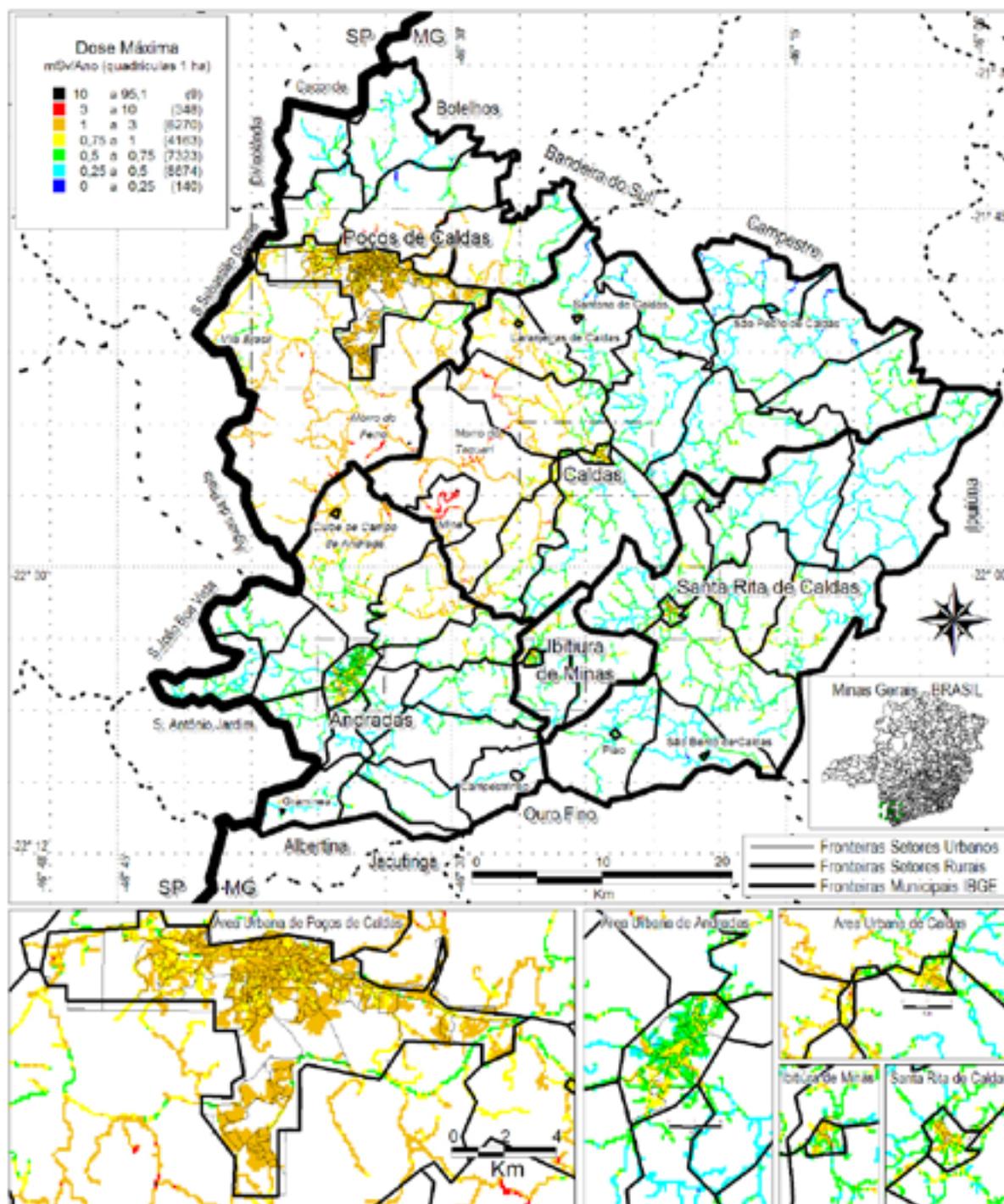
MAPA 13 – Doses interpoladas de radiação gama externa na malha viária dos cinco municípios do Planalto Poços de Caldas – Minas Gerais (por hectare)

Períodos: 2002/2003 e 2006/2008



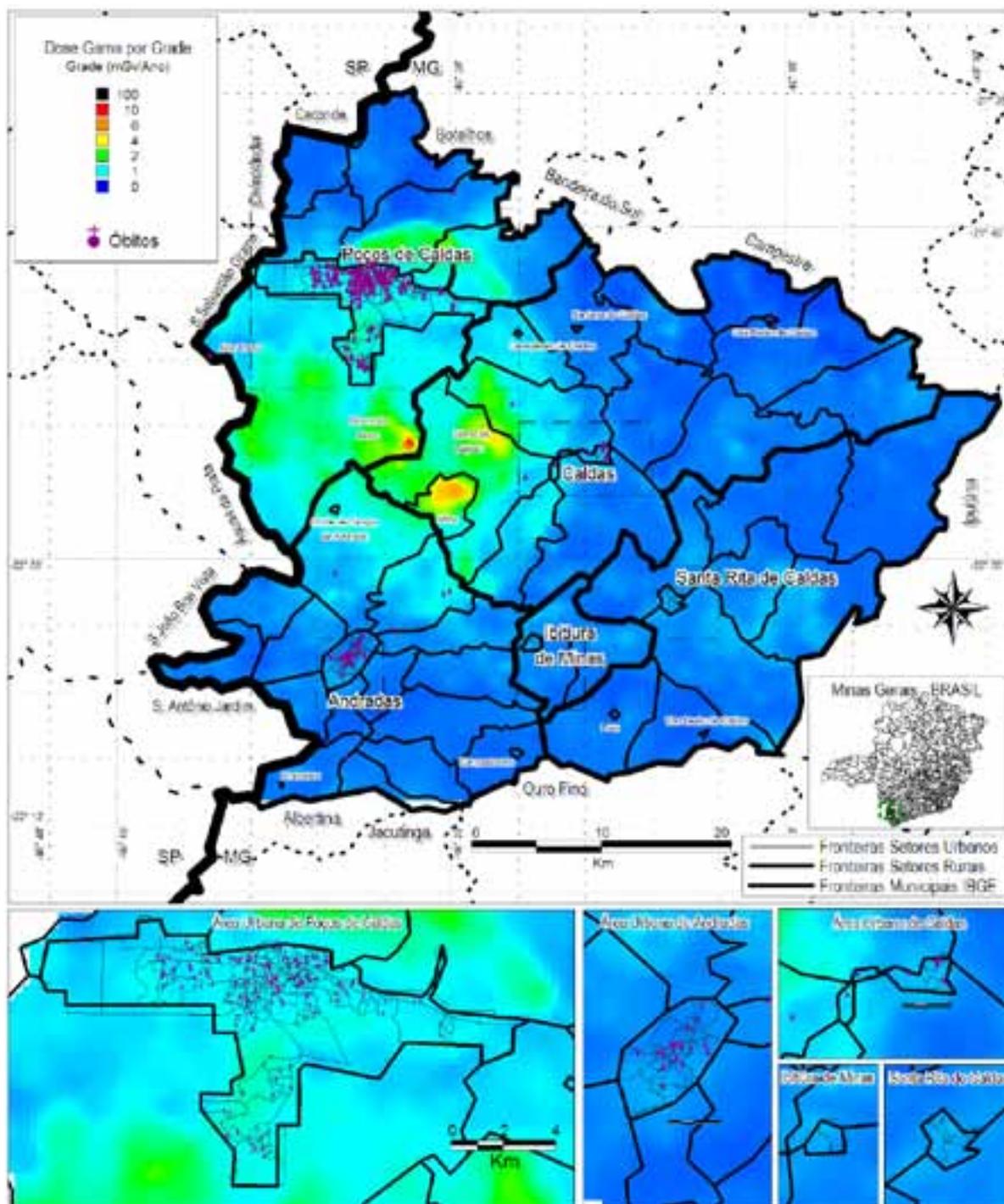
Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas – Malha digital IBGE, 2000

MAPA 14 – Doses máximas de radiação gama externa na malha viária dos cinco municípios do Planalto Poços de Caldas – Minas Gerais (por hectare)  
 Períodos: 2002/2003 e 2006/2008



Fonte: Projeto Planalto Poços de Caldas – Malha digital IBGE, 2000

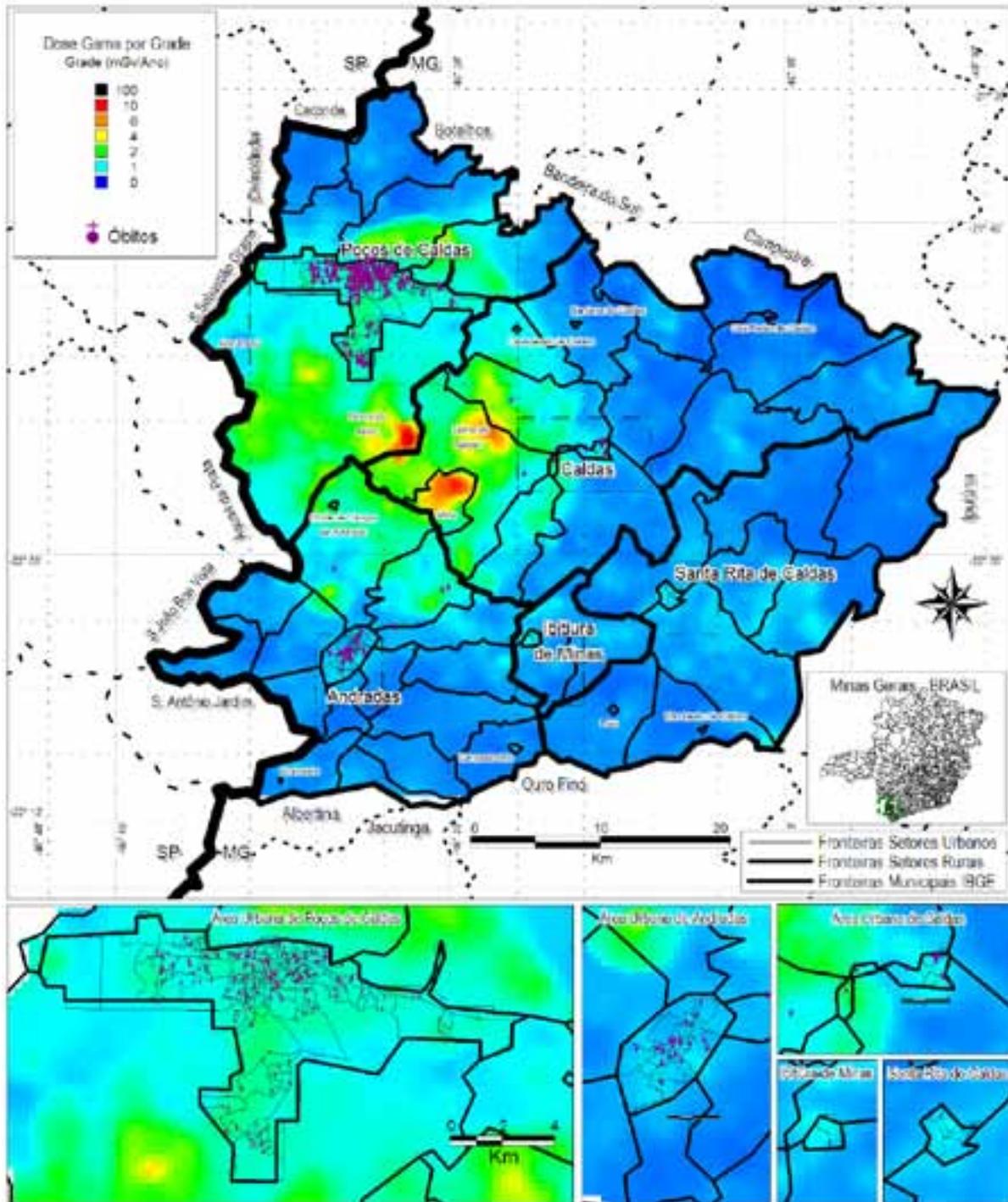
MAPA 15 – Doses médias interpoladas de radiação gama externa segundo óbitos por câncer e municípios selecionados do Planalto Poços de Caldas  
 Períodos das medições: 2002/2003 e 2006-2008 – Período dos óbitos: 1999-2005



Fonte: SIM, 1999-2005; Medições 2002-2003/2006-2008; Malha digital IBGE, 2000

Tamanho da célula: 0,3 km	Dimensões da Grade: 232 x 199
Expoente: 2	Radio de busca: 9,9 km
Fronteira da Grade: 0 km	Agregação: Média

MAPA 16 – Doses máximas 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



Fonte: SIM, 1999-2005; Medições 2002-2003/2006-2008; Malha digital IBGE, 2000

Tamanho da célula: 0,3 km      Dimensões da Grade: 232 x 199  
 Expoente: 2                      Radio de busca: 9,9 km  
 Fronteira da Grade: 0 km      Agregação: Máximo

**ANEXOS**



# I FÓRUM REGIONAL DOS CÂNCERES RELACIONADOS AO MEIO AMBIENTE E DA OCUPAÇÃO DO PLANALTO POÇOS DE CALDAS

Período: 09 a 12 de Novembro de 2005  
Local: Cassino Palace – Poços de Caldas – Minas Gerais

Detalhamento das atividades

**Realização: Secretaria Municipal de Saúde de Poços de Caldas**

A **Comissão Organizadora** do evento foi composta por:

- **Nível local:** Moacir Cipriani (LAPOC/ CNEN)
- **Nível estadual:** Berenice Navarro Antoniazzi (PAV/SE/SES/MG)
- **Nível federal:** Área de Vigilância do Câncer Ocupacional e Ambiental – INCA/ CONPREV, sob a responsabilidade técnica de Silvana Rubano Turci.

O evento de Poços de Caldas foi aberto para outros municípios vizinhos, iniciativa que possibilitou uma importante participação de Andradas, Caldas e Ibitiúra de Minas. Outras representações também se fizeram presentes, como os municípios de Pouso Alegre, Catalão (Goiás), Caitité (Bahia) e membros da sociedade civil organizada. Observe-se que Catalão e Caitité são municípios expostos ao mesmo fator de risco ambiental.

## **Dia 08/11/05 – 3ª. Feira – Atividade preliminar**

Visita ao laboratório da CNEN em Poços de Caldas e à Indústria Nacional Brasileira (INB), pelos técnicos da SE/SES-MG, Ministério da Saúde/Secretaria da Vigilância em Saúde/CGVAM e da área da Vigilância do Câncer Ocupacional e Ambiental/ CONPREV do Instituto Nacional de Câncer. O fiscal da CNEN Dr. Moacir Cipriani conduziu o grupo técnico da SE/SES-MG: Berenice, Ângela, João e Flávia da Diretoria do Meio Ambiente, os três primeiros do Programa de Avaliação e Vigilância do Câncer (PAV-MG) e de seus fatores de riscos e os dois últimos da Diretoria do Meio Ambiente. A equipe estadual solicitou a realização de fotos na visita da mina, o que foi autorizado pela gerência. Posteriormente foram realizadas as visitas dos técnicos da Divisão do Meio Ambiente e da Ocupação do INCA (Silvana e Ubirani) e do Ministério da Saúde/SVS/CGVAM – Vigilância Ambiental (Tarcísio).

## **Dia 09/11/05 – 4ª. Feira – Fórum/palestras**

A abertura foi realizada pelo senhor prefeito de Poços de Caldas, Dr. Sebastião Navarro Vieira Filho. As autoridades que proferiram palavra na solenidade foram o secretário municipal de Saúde (Dr. Márcio Ribeiro do Valle), o coordenador do CNEN (Dr. Antonio Luiz Quinelato), a representante da CONPREV/Instituto Nacional de Câncer (Dra. Silvana Rubano Turci) e a coordenadora do Programa de Avaliação e Vigilância do Câncer do Estado de Minas Gerais (Dra. Berenice Navarro Antoniazzi), que expressaram sobre as expectativas da realização do evento.

Após a solenidade, a Dra. Berenice coordenou os trabalhos do dia, que consistiram na ministração de palestras e discussões dos temas, nos períodos da manhã e da tarde. Os palestrantes responderam a todas as perguntas realizadas pelo público presente de aproximadamente 150 pessoas.

### **Ministradores convidados e temas, por sequência de apresentação:**

(Manhã)

- Silvana Rubano Turci (Área de Câncer Ocupacional e Ambiental CONPREV/INCA/MSaúde):  
**Vigilância dos Fatores de Riscos de Câncer;**  
Ubirani B. Otero (epidemiologista do INCA/ CONPREV) e Berenice N. Antoniazzi (epidemiologista PAV/SE/SES/MG):  
**Estudo da Mortalidade por Cânceres relacionados ao Meio Ambiente e Ocupação no Planalto Poços de Caldas, entre 1998 a 2002;**
- Lene Holanda Sadler Veiga (epidemiologista do IRD):  
**Riscos Associados à Radiação Ionizante.**

Discussão

- Marcos Eduardo de Andrade (médico oncologista do CACON SCMC – Poços de Caldas)  
**Aspectos da Saúde no Planalto Poços de Caldas em relação ao Câncer;**
- Resk Fraya (geólogo pesquisador do Departamento Nacional de Tradução Mineral):  
**Radioatividade Natural do Planalto Poços de Caldas;**
- Moema Miranda Siqueira (socióloga e doutora em Administração Pública)  
**Radioatividade Natural, Imaginário Social e Gestão de Risco;**
- Moacir Cipriani (pesquisador, Laboratório CNEN – Poços de Caldas)  
**Projeto Planalto Poços de Caldas;**
- Berenice Navarro Antoniazzi (epidemiologista Vigilância Câncer e Riscos, SE/SES-MG)  
**Registros de Câncer, de base hospitalar e de base populacional;**
- Tarcísio Neves Cunha (coordenador Geral da Vigilância Ambiental do Ministério da Saúde/ CGEVAM/SVS)

### **Análise de Risco.**

Durante as discussões foi possível verificar uma preocupação dos presentes nos vários aspectos relacionados à radiação e os enfoques principais dos temas apresentados foram:

1. A necessidade de se criar um mecanismo pelos órgãos competentes para disponibilizar as informações sobre as medições realizadas da radioatividade na região, visando à clareza do processo para eliminar ou suavizar o medo imaginário, pernicioso à saúde mental e social da população, normalmente aumentados pelas dúvidas ou pelos fatos irrealizados criados pela cultura popular

Esse cenário imaginário foi coerente aos Estudos da Percepção do Risco (perspectiva socioantropológica) apresentados que também considerou são os fatores intervenientes da gestão: a credibilidade das informações, a capacidade do controle da informação, a credibilidade nas autoridades, a política de divulgação e estudantes como multiplicadores. Outro enfoque foi dado para que o risco objetivo não se oponha ao risco subjetivo, de acordo o risco e responsabilidade social.

Esse tema foi complementado com outra palestra, sobre um estudo de caso sobre a Percepção de Risco no Planalto Poços de Caldas que encontrou os seguintes fatos:

- A população tem medo da radiação e associa a ela elevado número de cânceres na região;
- Frequente uso político do medo da população;
- A empresa produtora e os órgãos reguladores não souberam lidar com o problema;
- A empresa foi considerada segura por todas as comissões de avaliação, formadas ao longo de sua vida.

Por razão dos fatos citados, foi apresentada uma proposta de desdobramento do Projeto Planalto Poços de Caldas, com o objetivo geral de disponibilizar para população do Planalto Poços de Caldas informações científicas, tecnicamente seguras e eticamente confiáveis, sobre os efeitos da radiação na saúde da população e sobre o meio ambiente da região e que possam servir de ferramentas para os decisores e órgãos reguladores na implementação de ações para melhorar a qualidade de vida.

## 2. Outros Estudos apresentados:

### *Radiação e Câncer:*

- ✓ A pesquisadora do IRD Lene Veiga apresentou as pesquisas epidemiológicas mundiais sobre a radiação natural que concluíram que os riscos são inconsistentes e muito pequenos perante outros fatores de risco ambientais para câncer, como fumo, álcool, dieta, exposição ocupacional, entre outros.
- ✓ Do estudo realizado em Poços de Caldas (1998), pela mesma pesquisadora, apenas a zona rural de Poços de Caldas pode ser classificada como área de médio nível de radiação natural.
- ✓ Não existem evidências científicas de que os níveis de radiação ambiental encontrados nestas áreas possam causar dano à saúde da população.

### *Estudo da Mortalidade por cânceres relacionados ao Meio Ambiente e Ocupação:*

- ✓ As pesquisadoras do INCA (Ubirani Otero) e da SES-MG (Berenice Navarro) apresentaram o estudo de excessos de óbitos por cânceres considerados nas macrorregiões e municípios selecionados.

Foram relatadas as limitações dos resultados e a conclusão de que outros estudos complementares são necessários, para maior fidedignidade (como novas medições da radiação natural ou validação dos óbitos avaliados) ou para produzir dados ainda inexistentes, como a incidência do câncer no município.

3. Um importante momento ocorreu com o respeitado palestrante Dr. Resk Fraya, geólogo, que falou sobre a radioatividade natural do Planalto Poços de Caldas, destacando a radiação artificial como a mais importante, e também discorreu sobre a necessidade que sejam diferenciados o que é lixo nuclear de resíduo. Esse palestrante mereceu um grande respeito do público presente.

4. Foram colocadas as dificuldades encontradas pelo CACON de Poços de Caldas, desde a sua implantação até o momento atual. A população de abrangência desse centro é de aproximadamente um milhão de habitantes, referenciadas pelos municípios de Guaxupé, Machado, Alfenas, Poços de Caldas e Pouso Alegre.

5. Foi apresentado que a gestão do risco atualmente tem uma nova abordagem, pois acresce à avaliação clássica do risco estabelecido (estudos, análises, etc.) o risco percebido, que incorpora as informações culturais. Desta forma, a comunicação de risco tem como princípio a precaução com o envolvimento de todas as partes interessadas, que define o modelo atual de Vigilância em Saúde em três pilares: Direito à Saúde, Direito à Informação e o Princípio da Precaução.

Após a finalização dos trabalhos do primeiro dia, os presentes foram convidados a participar do segundo dia, sobre a realização da Matriz da O.M.S.

### **Dias 10 e 11/ 11/ 05 – 5ª. Feira – Fórum: Matriz da O.M.S.: F.P.E.E.E.A. Força motriz, pressão, estado, exposição, efeito, ações.**

O início das atividades foi uma breve palestra sobre o objetivo da realização da matriz com o público presente, proferida pelo coordenador desses trabalhos, Marcelo Moreno dos Reis, da Área do Câncer Ocupacional e Ambiental, INCA/ CONPREV, para a construção de indicadores da saúde ambiental. O público formado por técnicos e representantes da sociedade civil organizada foi dividido em dois grupos, que contou com colaboradores de outros municípios também presentes:

#### 1. Grupo de Poços de Caldas:

Facilitadores: Marcelo Moreno dos Reis e Ubirani Barros Otero (INCA)

#### 2. Grupo de Andradas, Caldas e Ibityúra de Minas:

Facilitadores: Fátima Sueli Neto Ribeiro e Tarcísio Cunha (INCA e CEDEVAM)

O Grupo 2 solicitou uma reunião com os secretários municipais ou seus representantes, que foi realizada no dia 11/11/05 (6ª. Feira), tendo como pauta a criação de uma Comissão Intermunicipal de Vigilância do Câncer Relacionado ao Trabalho e ao Meio Ambiente.

Os facilitadores dos Grupos 1 e 2 realizaram posteriormente os relatórios preliminares.

### **Dia 12/11/05 – Relatório consolidado do evento.**

Cria a Comissão Assessora de Registro de Câncer de Base Populacional, define responsabilidades da Secretaria Municipal de Saúde referentes ao sigilo dos dados contidos nos registros das incidências de câncer, dá outras providências.

O Secretário de Saúde, gestor do Sistema Único de Saúde do município de Poços de Caldas, no uso de suas atribuições, tendo em vista o disposto no inciso X do artigo 15 da Lei nº 13317 de 24 de setembro de 1999 e considerando:

- Que o câncer é um problema de saúde pública e uma das principais causas de morte por doença no País;
- Que é competência da SMS a coleta das ocorrências de câncer verificadas no município, para o conhecimento da prevalência e incidência da patologia;
- A necessidade de desenvolver no município o “Programa Nacional de Avaliação e Vigilância do Câncer e seus fatores de riscos” pela institucionalização dos Registros de Câncer de Base Populacional-RCBP/MG. Consoante os termos do convênio celebrado nº. 761/99 celebrado entre o Ministério da Saúde/MS, Instituto Nacional do Câncer/INCA e a SES/SU/MG;
- A necessidade de padronizar os dados a serem coletados nos estabelecimentos de saúde do município, que subsidiarão os RCBP/MG;
- A necessidade de gerar informações por meio da coleta de dados, para posterior análises do INCA/MS;
- A necessidade de desenvolver um trabalho visando à sensibilização dos profissionais de saúde, dos conselhos e associações regionais de classe das áreas afins, para o fornecimento e preenchimento dos dados de forma legível, completa e correta;
- A necessidade de garantir o sigilo médico, fora do âmbito administrativo dos RCBP/MG, quanto às informações coletadas, não identificando as fontes notificadoras e a identidade do paciente e
- A necessidade de garantir a confidencialidade dos dados coletados pela equipe técnica dos RCBP/MG em observância ao disposto parte final do art. 108 do Código de Ética Médica

Resolve:

Art. 1º- Fica criada a Comissão Assessora de Registros de Câncer de Base Populacional, com a finalidade de desenvolver estudos referentes à implementação de normas e procedimentos complementares ao “Manual de Normas e procedimentos para Registros de Câncer de Base Populacional-INCA/MS”, verificando a qualidade da informação das ocorrências de câncer geradas pelos RCBP/MG, em consonância com o disciplinado no item 1.3 do referido Manual, com a seguinte composição, sob a coordenação do primeiro:

- I- Yula de Lima Merola – Coordenadora da Divisão de Vigilância Epidemiológica da Secretaria Municipal de Saúde;
- II- Rosimere Garcia – Técnica em Laboratórios da Divisão de Vigilância Epidemiológica da Secretaria de Saúde
- III- Reinaldo Lima – Digitador da Divisão de Vigilância Epidemiológica
- IV- Helena Maria L Barbosa – Médica Oncologista
- V- Victor Cardillo – Hospital da Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de Poços de Caldas
- VI- Rosane Aterje – Médica Pediatra
- VII- André Almeida Schenka – Médico Patologista
- VIII- Nivaldo Carlos da Silva – Físico do Departamento de Pesquisas em Radioatividade Natural da Comissão Nacional de Energia Nuclear
- IX- Romeu Nacarato – Cirurgião Geral

Parágrafo único: Os profissionais identificados nos incisos IV, V, VI, VII, VIII e IX deste artigo exercerão suas funções a título de colaboração, sem ônus para o município.

Art. 2º A comissão terá a seu cargo, além de atribuições contidas no artigo anterior, o monitoramento da questão ética e legal nos trabalhos a serem desenvolvidos pelos RCBP/MG-Programa BASEPOP, inclusive quando necessária à publicidade dos dados dos registros das ocorrências de câncer, bem como os trabalhos necessários à sensibilização dos Conselhos e das Associações Regionais de Medicina e Odontologia.

Art. 3º- Fica instituída a ficha de coleta de dados padronizados pelo INCA/MS, como instrumento oficial para registros das ocorrências de câncer de base populacional-RCBP/MG – Programa BASEPOP.

§1º os dados da ficha de coleta das ocorrências poderão ser complementadas de acordo com as necessidades locais;

§ 2º Os estabelecimentos de saúde, bem como os profissionais das áreas de oncologia, deverão ser cadastrados pelos RCBP/MG como fontes notificadoras das ocorrências de câncer;

§ 3º Serão sempre mantidos em sigilo a identidade dos pacientes e de fontes notificadoras, inclusive quando necessária a publicidade dos dados estatísticos por parte da Divisão de Vigilância Epidemiológica do Departamento de Vigilância em Saúde da Secretaria Municipal Saúde.

Art. 4º Esta resolução entra em vigor na data de sua publicação e revogadas as disposições em contrário.



# PROGRAMA DE AVALIAÇÃO E VIGILÂNCIA DO CÂNCER E SEUS FATORES DE RISCOS DE MINAS GERAIS – PAV-MG

Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais – SES-MG  
Subsecretaria de Vigilância em Saúde - SVS  
Superintendência de Epidemiologia - SE  
Gerência de Vigilância Epidemiológica - GVE

Novembro de 2009

## Coordenadora

BERENICE NAVARRO ANTONIAZZI (epidemiologista)

## Estatísticos

RENATO AZEREDO TEIXEIRA

THAYS APARECIDA LEÃO D'ALESSANDRO

## Analista de Sistemas

DAVIDYSSON ABREU ALVARENGA

## Supervisão do Registro de Câncer de Base Populacional

KARINA ELIZABETH EVANGELISTA

## Registadores de Câncer – Trabalho de campo do RCBP-BH

CARLA CRISTIANA DE SOUZA

EVANDRO BRÍGIDO DAMASCENO

GILCÉA APARECIDA MARTINHO

MARIA ELIZA DE MATOS SALDANHA ROSA

MARIA HELENA OLIVEIRA SILVA

NIVIA RODRIGUES ALVES DE OLIVEIRA

MARCONDES SOARES DE AZEVEDO

PAULA BISPO VIEIRA

## Supervisão de Registros Hospitalares de Câncer de Minas Gerais

MARIA CRISTINA VIEGAS CANÇADO (médica)

CLAUDINA AGNESE CASALE (supervisão de campo)

## Codificação do RCBP-BH – Supervisão de Inquéritos - Apoio Administrativo

ANGELA MARIA DO AMPARO

Esta publicação é uma produção da Superintendência de Epidemiologia da Subsecretaria de Vigilância em Saúde da SES/MG, com recursos dos Rendimentos do Convênio INCA/MS/SES-MG nº 199/02 – Prevenção e Controle do Câncer – Minas Gerais – Ações de Vigilância.

## CONTATO

Av. Afonso Pena, 2300 – 15º andar – CEP 30130-130 – Belo Horizonte, MG

Telefone/Fax: (31) 3215-7246 / 3215-7247

E-mail: pav.se@saude.mg.gov.br

