

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

Autarquia associada à Universidade de São Paulo

**SOBRE A INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS NOS NÍVEIS
DE RADÔNIO EM CAVERNAS DOS PARQUES ESTADUAIS DO
VALE DO RIBEIRA, SP E AVALIAÇÃO DO EQUILÍBRIO
RADIOATIVO E FATOR DE EQUILÍBRIO ENTRE RADÔNIO E
SEUS DESCENDENTES**

SIMONE ALBERIGI

**Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências na Área de
Tecnologia Nuclear – Aplicações.**

Orientadora:

Dra. Brigitte Roxana Sorenau Pecequilo

SÃO PAULO

2011

Dedico este trabalho aos meus amados:
esposo Caio Lucidius Naberezny Azevedo,
à minha orientadora Dra. Brigitte Roxana Soreanu Pecequilo,
à D. Benedita Elias e Sr. José Rufino Elias “Juca” (*in memoriam*),
e aos meus sobrinhos.

Caio:

“Melhor é serem dois do que um, porque tem melhor paga do seu trabalho. Porque, se um cair, o outro levanta o seu companheiro, mas ai do que estiver só; pois caindo, não haverá outro que o levante. Também se dois dormirem juntos, eles se aquecerão, mas um só como se aquecerá? E se alguém quiser prevalecer contra um, os dois lhe resistirão; e o cordão de três dobras não se quebrará tão facilmente.”
(Eclesiastes 4: 9-12)

“Um verdadeiro amigo é alguém que pega a sua mão e toca o seu coração.”
(Gabriel Garcia Marquez)

Dra. Brigitte:

“O valor das coisas não está no tempo em que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e **pessoas incomparáveis.**”
(Fernando Pessoa)

Beto:

“A amizade é um meio de nos isolarmos da humanidade cultivando algumas pessoas.”
(Carlos Drummond de Andrade)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo amor infinito, por suprir todas as minhas necessidades e por me colocar exatamente onde eu deveria estar, mesmo que por muitas vezes eu relute e não entenda o seu trabalhar em minha vida.

Agradeço à minha mãe pelo amor, dedicação e apoio sempre.

Agradeço ao meu esposo Caio pela paciência, amizade, cumplicidade e bom humor cultivados durante esses anos. Por seu amor, apoio e exaustivo incentivo para que eu não desistisse desta etapa de minha vida. Sem você este momento não aconteceria! Obrigada por trazer paz e felicidade aos meus dias.

Agradeço à minha orientadora Dra. Brigitte pela acolhida quando cheguei ao IPEN em 2003 e por me orientar. Sou uma afortunada por ter tido a oportunidade de conhecer e trabalhar com uma pessoa tão íntegra e rica como a senhora. Muito obrigada por sempre ter tentado me ajudar, sei que passou por cima de muitas coisas preocupando-se com meu bem estar e procurando sempre a melhor forma de me ajudar. Mais que uma orientadora, foi uma mãe para mim aqui no IPEN. Muitas e agradáveis serão as lembranças que levarei comigo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão da bolsa de doutorado e taxa de bancada que proporcionou a compra de equipamentos e todo material de laboratório necessário para a execução deste trabalho, bem como financiamento de algumas viagens de coletas (CNPq processo nº 142165/2006-9).

Agradeço à Dra. Joselene Oliveira por todo apoio e incentivo. Por ter propiciado a viagem ao PETAR para colocação dos monitores de radônio e coletas de água. Por me incluir no plano de manejo relacionado ao tema recursos hídricos, pela ajuda durante as coletas e supervisão com a análise das amostras de água. Muito obrigada pelas palavras de incentivo tentando me motivar sempre.

Agradeço ao Dr. José Antonio Ferrari e ao Dr. Gustavo Armani do Instituto Geológico de São Paulo por toda a ajuda com as trocas dos detectores e fornecimento de dados de chuva na caverna Santana.

Agradeço ao MSc. Heros Lobo por fornecer dados sobre temperatura no interior da caverna Santana e pela colocação dos detectores nas galerias mais profundas desta caverna.

Agradeço a banca examinadora deste trabalho composta pelos professores doutores Ivo Karmann, José Antonio Ferrari, Almy Anacleto da Silva e Reinaldo Pugliesi que contribuíram muito com as discussões, correções e sugestões.

À Dra. Marina Koskinas pela conversa que tivemos no laboratório de traços me incentivando com o trabalho.

Agradeço às minhas amigas Rosa Chura, Elaine Wirney, Lillian Caccuri e ao amigo Zildete Rocha pelo apoio e palavras de incentivo.

Ao amigo José Alberto da Silva (Beto) pela bela amizade. Além dos meus irmãos de sangue tenho certeza que você foi um irmão mandado por Deus. Sei que posso confiar em você em todas as horas. Sinto muito orgulho de poder chamá-lo de amigo.

Ao Instituto Florestal por autorizar a realização das coletas no PETAR.

Ao Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas do Instituto Agrônomo de Campinas por disponibilizar dados de precipitação e temperaturas da região.

Ao Vandir Andrade Junior gerente da Pousada da Diva pela atenção e por prontificar-se em esclarecer todas as dúvidas sobre tempo gasto nas visitas.

Ao IPEN e a USP por permitirem a utilização de toda estrutura física necessária para a realização do trabalho e por dispor de excelente corpo docente que muito contribuiu para minha formação.

À Coordenadoria de Assistência Social (COSEAS) pela concessão da bolsa moradia.

Aos funcionários e colegas bolsistas da Gerência de Metrologia das Radiações.

“Todo o meu patrimônio são os meus amigos.”
(Emily Dickinson)

“Nossas dúvidas são traidoras e nos fazem perder, o quê com frequência poderíamos ganhar, por simples medo de arriscar.”
(William Shakespeare)

“Ainda que eu falasse as línguas dos homens e dos anjos e não tivesse amor, seria como o metal que soa ou como o sino que retine. E ainda que tivesse o dom de profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda a ciência, e ainda que tivesse toda a fé, de maneira tal que transportasse os montes, e não tivesse amor, nada seria.”
(1 Coríntios 13:1-2)

**SOBRE A INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS NOS NÍVEIS DE
RADÔNIO EM CAVERNAS DOS PARQUES ESTADUAIS DO VALE DO
RIBEIRA, SP E AVALIAÇÃO DO EQUILÍBRIO RADIOATIVO E DO
FATOR DE EQUILÍBRIO ENTRE RADÔNIO
E SEUS DESCENDENTES**

Simone Alberigi

RESUMO

No presente estudo foi realizado monitoramento de radônio em cavernas distribuídas em três parques estaduais de São Paulo. As concentrações de radônio foram determinadas nas cavernas Morro Preto e Santana pertencentes ao Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), na caverna do Diabo pertencente ao Parque Estadual de Jacupiranga (PEJ) e na caverna Colorida localizada no Parque Estadual Intervales (PEI).

O monitoramento abrangeu medidas entre Abril de 2009 e Junho de 2010. As concentrações de radônio foram determinadas utilizando a técnica de detecção passiva com detectores de traços nucleares do estado sólido tipo CR-39 e câmaras de difusão NRPB. Os detectores foram expostos em períodos variando desde 30 até 150 dias.

As concentrações de radônio variaram de 132 Bq/m³ a 9456 Bq/m³. Os resultados das concentrações de radônio foram analisados juntamente com informações sobre quantidade de chuvas no local monitorado, valores de temperatura interna e externa ao ambiente da caverna Santana e informações da literatura de chuva e temperatura na região para uma possível relação entre as variações nos níveis de radônio e informações climáticas.

A determinação de ²²⁶Ra em amostras de água coletadas em algumas cavernas e rios da região e de radônio emanado da estalactite coletada na caverna Santana permitiu verificar que o radônio nas cavernas é proveniente das rochas das paredes.

A verificação do equilíbrio radioativo entre ^{222}Rn , ^{218}Po e ^{214}Po nos detectores expostos foi prejudicada pelas altas densidades de traços, comprometendo a eficácia da metodologia empregada.

A dose efetiva anual foi calculada adotando três valores obtidos da literatura para o fator de equilíbrio. Para o cenário mais realista com fator de equilíbrio igual a 0,5 e considerando 52 semanas de trabalho, a dose efetiva anual foi de 5,1 mSv/a.

Para o pior cenário que simula uma situação extrema adotando fator de equilíbrio igual a 1 e 52 semanas de trabalho, a dose efetiva anual é 10,2 mSv/a.

Também com informações recebidas de uma empresa de monitoria da região sobre as horas que seus guias turísticos gastam mensalmente no interior das cavernas, foi feita estimativa de dose que resultou em uma dose efetiva anual total de 8,5 mSv/a para fator de equilíbrio 0,5 e, para a pior situação o resultado foi de 17,0 mSv/a para fator de equilíbrio 1.

Todas as estimativas de doses mantiveram-se abaixo do limite para dose efetiva anual para exposição ocupacional de 20 mSv/a recomendado pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica.

**ON THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON RADON LEVELS
IN CAVES OF RIBEIRA VALLEY STATE PARKS, SP AND EVALUATION OF
RADIOACTIVE EQUILIBRIUM AND EQUILIBRIUM FACTOR BETWEEN
RADON AND ITS PROGENY**

Simone Alberigi

ABSTRACT

In the present study it was carried out the monitoring of radon in caves distributed among three state parks of Sao Paulo. The radon concentration were determinate in Morro Preto and Santana caves, located at PETAR – Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (High Ribeira River Tourist State Park), Diabo cave, situated in PEJ – Parque Estadual de Jacupiranga (Jacupiranga State Park) and Colorida cave located in PEI – Parque Estadual Intervalas (Intervalas State Park PEI).

The monitoring covered measurements between April 2009 and June 2010. Radon concentrations were carried out by using the technique of passive detection with CR-39 solid state nuclear track detectors and NRPB diffusion chambers. The detectors were exposed in periods ranging from 30 to 150 days.

Radon concentrations varied from 132 Bq/m³ to 9456 Bq/m³. The values of radon concentrations were analyzed together with information about rainfall and internal and external temperature values of the Santana cave environment and regional literature values for a possible relationship between radon variations and weather information.

Both the determinations of ²²⁶Ra in water samples collected in some caves and rivers and radon emanation from a stalactite collected at Santana cave allowed to verify that the radon in the caves comes from the walls rocks.

The verification of the radioactive equilibrium between ²²²Rn, ²¹⁸Po and ²¹⁴Po in the exposed detectors was prejudiced by the high tracks densities, committing the methodology effectiveness.

The annual effective dose was calculated for three values obtained from the literature for the equilibrium factor. Considering the most realistic scenario, with equilibrium factor of 0.5 and 52 working weeks, the annual effective dose was 5.1 mSv/y.

Concerning the worst scenario, which simulates an extreme case, adopting an equilibrium factor equal to 1 and 52 weeks of work per year, the annual effective dose is 10.2 mSv/y.

Also with information received from a monitoring company in the region about the hours their touristic guides spent monthly inside the caves, it was estimated the received dose that resulted in a total annual effective dose of 8.5 mSv/y, considering an equilibrium factor 0.5 and, for the worst scenario of an equilibrium factor of 1, the result was 17.0 mSv/y.

All estimated doses values are below 20 mSv/y, which is the upper limit of annual effective dose for occupational exposure recommended by the International Commission on Radiological Protection.

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

