



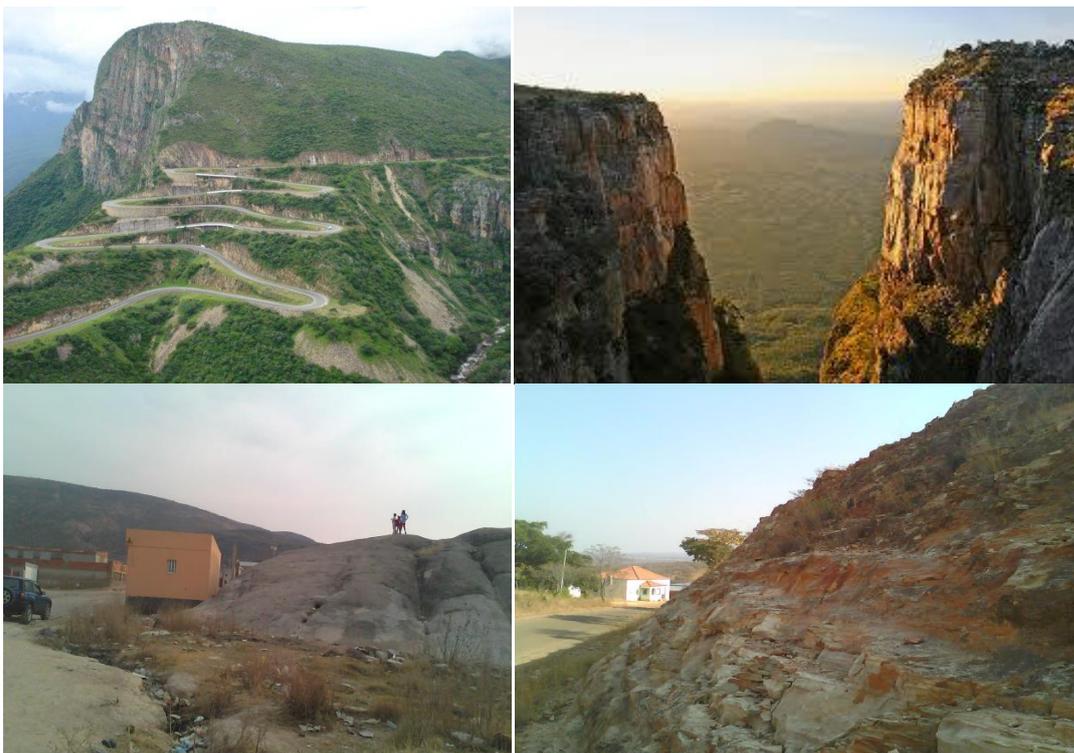
UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Ciências da Terra

**AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RADIOACTIVIDADE
NATURAL NA REGIÃO DO LUBANGO (ANGOLA)**

Henrique Adelino Chiquemba

MESTRADO EM GEOCIÊNCIAS – RAMO AMBIENTE E ORDENAMENTO

Outubro, 2013





UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Ciências da Terra

**AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RADIOACTIVIDADE
NATURAL NA REGIÃO DO LUBANGO (ANGOLA)**

Henrique Adelino Chiquemba

MESTRADO EM GEOCIÊNCIAS – RAMO AMBIENTE E ORDENAMENTO

Orientador científico:

Prof. Doutor Alcides José Castilho Pereira,
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Outubro, 2013

PENSAMENTO

“Evite que alguém faça alguma coisa por ti, mesmo sabendo que é o seu objectivo e que nada te impede de o fazer”.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, em homenagem ao meu Pai, (Faustino Chiquemba), que a terra lhe seja leve, a minha Mãe Arminda Mbutão, Esposa Catarina Cua de Fátima Vilar Chiquemba, Filha Henritiandra Arminda Vilar Chiquemba, Irmã Arminda Faustina Chiquemba e a toda minha família, que sem as quais este trabalho não seria possível.

AGRADECIMENTOS

Durante a execução da presente obra, várias foram as dificuldades que tivemos que ultrapassar, porém o coragem e a vontade de alcançar este objectivo foi mais forte que as adversidades, por isso devo a minha gratidão:

A Deus, pelo Dom da vida, saúde e por todas as graças que me tem proporcionado e por ter permitido que este trabalho chegasse até ao fim.

Ao meu tutor, Professor Dr. Alcides Pereira, pela sugestão do tema, pela maneira como facilitou a aquisição de conhecimentos, pela paciência, maturidade, experiência e dedicação sem as quais este trabalho não teria sucesso.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia, assim como ao Departamento de Ciências da Terra, na pessoa do Professor Dr. Luís J.P.F. Neves, Professor Dr. Alcides J. S. C. Pereira e Professor Dr. José Manuel Azevedo, pelos contributos bibliográficos e por terem permitido o culminar de um longo trabalho nesta data.

A todos os professores do Departamento de Ciências da Terra, pelo empenho e transmissão dos conteúdos curriculares, a todos os funcionários do referido Departamento e Secretária.

Aos bolseiros do Laboratório de Radioactividade Natural de Universidade de Coimbra, Paulo Pinto e Vasco Mantas, pelo apoio em todos os momentos.

A minha Esposa e filha, pelo permanente e integral apoio, pelo encorajamento e compreensão em todos nos momentos.

À toda minha família, com destaque a minha Mãe Arminda Mbutão, Tios Jacinto Chivela, Priscila Chivela, Jerónimo Wassuluvala, Baptista Michael, Paulino Cesário, Adelina, Joaquina Coia, José Mango, Teodoro Chicote, Jinga Chicoti, Mariano, Zé, Sogros: António Vilar e Victória de F. Vilar. Irmãos: Gabriel Chiquemba, Armanda. F. Chiquemba. Primos (as): Albina, José

Henrique Munjanga, Georgina, Felisberto, Guilherme Fernandes, Flora Fernandes, Benita, Domingos Mango, Francisco Mango, Carlitos Kandimba, Adriano, Walter Chivela, Judse Chivela, Paciência, Josimar Chivela.

Cunhados (as):, Pinga, Joaquim, Ambrósio, Isabel, Ruth, Mariana, Tiago, Mary e Rosy .

Ao Instituto Superior Politécnico Tundavala, pela oportunidade de formação que tem proporcionado a classe estudantil de Angola e Lubango em particular. Ao Engenheiro Carlos e a Dra. Margarida Ventura, pelo apoio e compreensão em todo processo.

A todos meus colegas do mestrado, em particular a Otília Vianney, Maurício Clemente, Bartolomeu Cavanchante, Evandro André, pela sua companhia em todos os momentos desta formação

À Direção Provincial de Educação Ciência e Tecnologia da Huila e a Direcção da Escola Secundária da Arimba Antena dos Gambos, pela dispensa para a viagem á Coimbra.

Aos meus colegas de trabalho e amigos: Desidério Graça, Elias Sova, Anastasio, Marcos Cambete, Longa Paquete, Praia, Ludy, Hossi, Tiago Nambalo, Nelson Jamba, Anastácio, Tyapalama, Margarida, Vumbi, Josefina, Generosa, Yuri, Marcelo Braga, Marco Araújo, Francisco Silva, João Elias, Serafim Afonso, Kapalo, Inácio, Sérgio, Mukongo, Anestório, Olívia, Júnior Vianney, Cláudio Vianney, Lucamba, Cesaltino, Paulo Muntomba, Nelmo Vindula, Francisco Tomás, Mota e Mande.

RESUMO

No presente trabalho procurou-se determinar a variação no fundo radiométrico na região do Lubango-Humpata-Bibala-Munhino (Sul de Angola) na base da medição da taxa de débito de dose resultante da exposição à radiação gama. Numa área com cerca de 6000 km² determinou-se o parâmetro em causa em cerca de 2 000 locais tendo-se rastreado rochas ígneas, metassedimentares e metamórficas, maioritariamente associadas aos eventos ligados à Orogenia Eburneana (cerca de 2000 Ma). No primeiro trata-se de rochas graníticas, de tendência granodiorítica, biotíticos, por vezes com diferentes graus de deformação; ocorrem ainda rochas de composição mais básica (dioritos e granodioritos). Rochas metamórficas fortemente deformadas, provavelmente remobilizadas pela Orogenia Eburneana, de natureza pelítica-quartzítica-anfibolítica mas também ígnea (complexo gneisso-migmatítico-granítico), foram também rastreadas no levantamento radiométrico. Rochas metassedimentares, compostas por diferentes fracções (destrítica, vulcânica e carbonatada), integradas no designado “Grupo da Chela” e na Formação da Leba, completam o leque de rochas analisadas.

Os resultados apurados indicaram valores dispostos segundo um largo intervalo de variação (0,04 e 0,41 µSv/h) embora com médias relativamente próximas e a variarem próximo de 0,10 µSv/h. Os valores mais elevados foram observados nos granitos eburneans metaluminosos, biotíticos, apresentando evidências de alterações metassomáticas tardias (0,20 e 0,41 µSv/h). Valores próximos foram também observados em rochas piroclásticas (riolíticas) integradas no Grupo da Chela (Formação da Humpata). As rochas carbonatadas, as quartzíticas, as rochas ígneas de composição média e intermédia eburneanas e as rochas xistentas e anfibolíticas pré-eburneanas apresentam os valores médios mais baixos.

Foi ainda estimada a dose efectiva (média anual) por exposição à radiação gama emitida pelos materiais geológicos (incluindo a contribuição da radiação cósmica). Os valores, em geral, são inferiores à dose para a população mundial mas localmente poderão ser ultrapassados.

ABSTRACT

In this study we attempted to determine the variation in radiometric background in the region of Lubango-Bibala-Munhino (southern Angola) on the basis of the measurement of the dose rate from exposure to gamma radiation. In an area of about 6000 km² the radiological parameter was measured in about 2000 sites tracking igneous, metamorphic and metasedimentary rocks, mostly associated with the events related to Eburnean Orogeny (ca. 2000 Ma). Granites, sometimes granodiorites, biotitic, sometimes with different levels of deformation, are the main igneous rocks; diorites are also present. Strongly deformed metamorphic rocks, probably re-mobilized by eburnean events, with pelitic quartzitic and amphibolitic nature but also of igneous composition (gneisse-migmatites and granites), were also tracked in radiometric survey. Metasedimentary rocks, composed of different fractions (detritus, volcanic and carbonate), integrated into the designated "Chela Group" and the Leba Fomation, complete the range of rocks analyzed in this study.

The dataset ranges in the interval of variation between 0.04 and 0.41 $\mu\text{Sv/h}$ but with averages fairly close to 0.10 $\mu\text{Sv/h}$. The highest values were observed in eburnean metaluminous granites, biotite-rich, showing evidence of late to post-tectonic metasomatic changes (0,20 to 0.41 $\mu\text{Sv/h}$). Related values were also observed in pyroclastic rocks (rhyolitic) integrated in the Chela Group (Humpata Formation). The carbonate rocks, the quartzite, igneous rocks of intermediate composition, all eburnean in age but also the pre-eburnean amphibolitic, politic and psamitic have the lowest averages.

It was also estimated the effective dose (annual average) by exposure to gamma radiation emitted by geological materials (including the contribution of cosmic radiation). The values are generally lower than the dose for the world population but may be exceeded locally.

ÍNDICE GERAL

1-	INTRODUÇÃO.....	01
1.1 -	Objectivos.....	02
1.2 -	Estrutura da Tese.....	03
2-	RADIOATIVIDADE NATURAL.....	05
2.1-	Fontes de radiação ionizante.....	06
2.1.1-	Fontes naturais.....	06
2.1.1.1 -	Radiação cósmica.....	07
2.1.1.1.1-	Distribuição dos elementos radioativos nas rochas e solos.....	07
2.1.2 -	Fontes antropogénicas.....	11
2.2-	A dose como estimador dos efeitos da radiação. Efeitos da radiação ionizantes.....	11
2.2.1-	Efeitos da radiação ionizantes.....	13
3-	ENQUADRAMENTO REGIONAL DA ÁREA EM ESTUDO.....	15
3.1-	Enquadramento geomorfológico.....	15
3.2-	Enquadramento geológico.....	17
4-	MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS.....	30
5-	RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO.....	33
5.1 -	Calcários dolomíticos (Formação da Leba-Tchamalindi).....	34
5.2 -	Rochas detríticas e vulcanoclásticas (Grupo Chela)	37
5.3 -	Granito do Caraculo-Bibala.....	41
5.4 -	Dioritos e granodioritos.....	43
5.5 -	Granitos biotíticos da região central; (Granitos regionais)	44
5.6 -	Complexo gnaisso – migmatítico – granítico.....	60
5.7-	Complexo Xisto – Quartzito – Anfibolítico.....	62
5.8 -	Cálculo da dose por exposição à radiação para a população.....	65
6 -	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	67
7-	Bibliografia.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1-	Distribuição percentual das principais fontes de radiação ionizante.....	10
Figura 3.1-	Esboço geomorfológico da área em estudo e localização da mesma no mapa geral de Angola.....	16
Figura 3.2 –	Mapa geológico da área em estudo (modificado de Carta geológica de Angola, escala 1:1000 000, folha 3).....	18
Figura 3.3 –	Aspectos geológicos diversos referentes às rochas integradas no “Grupo da Chela”	23
Figura 3.4 -	Aspectos geológicos diversos referentes às rochas integradas no “Grupo da Chela” com domínio para as rochas quartzíticas que forma esporões na paisagem.....	24
Figura 3.4 –	Aspectos geológicos relativos aos granitos biotíticos da região central (Granito da chela); realce para os aspectos de episienitização.....	27
Figura 3.5 –	Aspectos geológicos relativos à unidade “Gneisso-migmatítica-granítica.....	29
Figura 4.1 -	Equipamentos usados na recolha de dados no campo	30
Figura 4.2-	Localização dos pontos de amostragem da taxa de débito de dose. A região representada corresponde a uma área superior a 6000 km ²	31
Figura 4.3 -	Procedimentos de medição da taxa de débito de dose no terreno.....	32
Figura 5.1 –	Distribuição espacial dos valores de taxa de débito de dose (em $\mu\text{Sv/h}$) na região em estudo.....	33
Figura 5.2 -	Distribuição de valores da taxa de débito de dose (em $\mu\text{Sv/h}$) obtidos na formação carbonatada da Leba-Tchamalindi. Valores em ordenadas em frequências relativas.....	35
Figura 5.3-	Distribuição de valores da taxa de débito de dose (em $\mu\text{Sv/h}$) obtidos na unidade rochas detríticas e vulcanoclásticas (Grupo da Chela).....	40
Figura 5.4 -	Distribuição de valores da taxa de débito de dose (em $\mu\text{Sv/h}$) obtidas na unidade “Granito do Caraculo-Bibala”	42

Figura 5.5-	Distribuição de valores da taxa de débito de dose (em $\mu\text{Sv/h}$) obtidos em dioritos e granodioritos.....	44
Figura 5.6-	Distribuição de valores da taxa de débito de dose (em $\mu\text{Sv/h}$) obtidas na unidade “Granitos biotíticos da região central”.....	58
Figura 5.7 –	Distribuição espacial dos valores das taxas de débito de dose (em $\mu\text{Sv/h}$) na região urbana do Lubango e envolvente próxima.....	60
Figura 5.8-	Distribuição dos valores da taxa de débito de dose (em $\mu\text{Sv/h}$) obtidos no Complexo gnaisso – migmatítico - granítico.....	61
Figura 5.9-	Distribuição dos valores da taxa de débito de dose (em $\mu\text{Sv/h}$) obtidos na unidade Complexo Xisto – quartzito - anfibolítico....	62
Figura 5.10-	Distribuição de valores da média (em $\mu\text{Sv/h}$) estimada em diferentes unidades geológicas aflorantes na região do Lubango.....	64

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 –	Distribuição dos elementos radioactivos pelos diferentes tipos de rochas (Adaptado de Neves & Pereira, 2004).....	8
Tabela 2.2 -	Concentrações médias de urânio e tório nas rochas da crosta terrestre (adaptado de IAEA, 1979 & Boyle,1982)	9
Tabela 5.1 -	Valores de taxa de débito de dose em rochas carbonatadas da Formação da Leba – Tchamalindi. Coordenadas geográficas em metros.....	34
Tabela 5.2 -	Valores de alguns parâmetros estatísticos relativos aos dados obtidos na unidade “Calcários dolomíticos - Formação da Leba Tchamalindi”.....	36
Tabela 5.3 -	Valores de taxa de débito de dose em rochas detríticas e vulcanoclásticas (Grupo da Chela). Coordenadas geográficas em metros.....	37
Tabela 5.4-	Parâmetros estatísticos calculados para a distribuição dos valores de taxa de débito de dose nas Rochas detríticas e vulcanoclásticas (Grupo da Chela).....	40
Tabela 5.5 –	Valores de taxa de débito de dose obtidos em rochas do designado “Granito do Caraculo-Bibala”. Coordenadas geográficas em metros.....	41
Tabela 5.6 -	Valores de alguns parâmetros estatísticos relativos aos dados obtidos na unidade “Granito do Caraculo-Bibala.....	42
Tabela 5.7-	Valores de taxa de débito de dose em dioritos e granodioritos. Coordenadas geográficas em metros.....	43
Tabela 5.8-	Valores de alguns parâmetros estatísticos relativos aos dados obtidos em dioritos e granodioritos.....	45
		x

Tabela 5.9 –	Valores de taxa de débito de dose obtidos em rochas de granitos biotíticos da região central (Granitos regionais), Coordenadas geográficas em metros.....	44
Tabela 5.10-	Valores de alguns parâmetros estatísticos relativos aos dados obtidos nos granitos biotíticos da região central.....	58
Tabela 5.11-	Valores de taxa de débito de dose obtidos em rochas de complexo gnaisso-migmatítico-granítico. Coordenadas geográficas em metros.....	60
Tabela 5.12-	Valores de alguns parâmetros estatísticos relativos aos dados obtidos na unidade Complexo gnaisso – migmatítico – granítico.....	61
Tabela 5.13-	Valores de taxa de débito de dose obtidos em rochas do Complexo Xisto – Quartzítico - Anfibolítico. Coordenadas geográficas em metros.....	62
Tabela 5.14-	Valores de alguns parâmetros estatísticos relativos aos dados obtidos na unidade Complexo Xisto – quartzito – anfibolítico.....	63