

## 1- Introdução

Angola é um país em franco crescimento e desenvolvimento, apresenta grandes transformações em vários sectores a título de exemplo: económico, social e de formação de quadros. Contudo, a avaliação precisa do potencial de crescimento é dificultada pela pouca ou inexistência de informação de base que permita validar os modelos de previsão. Pretende-se que este trabalho possa também contribuir para a redução daquelas incertezas. Assim, procura-se a obtenção de dados científicos relacionados com a avaliação de radioactividade natural, visto que existe pouca informação inerente a este tema em Angola, especialmente na região do Lubango.

Apesar de que existem já alguns estudos na região de Benguela, isso é apenas uma gota de água num País tão grande como Angola, por isso considera-se importante e uma mais-valia a obtenção de dados de outras regiões do país. Os dados disponíveis até ao momento na região de Benguela-Lobito são apresentados nos trabalhos de António (2011), Chipalavela (2011), Pascoal (2011) e Jombi (2012).

O presente trabalho tem como tema central a avaliação dos níveis de radioactividade natural na região do Lubango, através da medição da taxa de débito de dose com origem na emissão de radiação gama, utilizou-se métodos e técnicas analíticas similares aos descritos nos trabalhos anteriores pelo que poderá ser feita uma comparação directa com toda a informação actualmente disponível, o que se fará de seguida.

Chipalavela (2011) obteve valores que variaram entre o mínimo de 0,01  $\mu\text{Sv/h}$ , em rochas metamórficas e graníticas, e o máximo de 0,51  $\mu\text{Sv/h}$  em areias de praia e aluviões recentes, e é nesta área onde também foi obtida a média mais elevada (0,12  $\mu\text{Sv/h}$ ). A mais baixa obteve-se na unidade margo-carbonatada do Albiano Superior 0,04  $\mu\text{Sv/h}$ . Estudos posteriores e de maior detalhe efectuados na unidade “areias de praia e aluviões recentes” indicaram valores variáveis entre um mínimo de 0,03  $\mu\text{Sv/h}$  e um máximo de 0,72  $\mu\text{Sv/h}$ , com média de 0,10  $\mu\text{Sv/h}$  e mediana de 0,08  $\mu\text{Sv/h}$  (Jombi, 2012).

Quanto aos restantes trabalhos para além da exposição à radiação gama mediram-se também os fluxos de radiação alfa, beta e gama nas superfícies das rochas, colocando o equipamento de medição em contacto directo com a rocha, expressando-se os valores obtidos em cpm ou choques por minuto. António (2011) obteve os valores mais elevados, correspondente a 130 cpm, nas camadas sedimentares compostas por argilitos ou silto-argilitos e os mais baixos nas rochas carbonatadas com valores de 92 cpm, enquanto Pascoal (2011) obteve valores mais altos nas rochas ígneos-metamórficas, que integram o designado complexo metamórfico de idade pré-câmbrica, com valor máximo de 109 cpm, registando-se os valores mais baixos nas rochas sedimentares carbonatadas dominantes nas Formações Catumbela e Quissonde ambas da idade cretácica cujo valor mínimo é 27 cpm.

### **1.1- Objectivos**

O presente trabalho de investigação científica tem como objectivo principal a avaliação dos níveis de radioactividade natural na região de Lubango;

Objectivos específicos, que são:

1. Caracterização geológica da área em estudo;
2. Avaliação da distribuição da taxa de débito de dose por exposição à radiação gama e identificação dos factores geológicos responsáveis pela variação;
3. Calcular a dose por exposição à radiação para a população na base de cenários realistas.

Para o cumprimento destes objectivos traçou-se como objecto de estudo uma área 6000 km<sup>2</sup> integrando parte da província da Huíla e parte da província do Namibe.

## 1.2- Estrutura da Tese

O presente trabalho científico estrutura-se nos seguintes capítulos:

- 1- Introdução: aqui descreve-se a motivação que levou à realização do trabalho, do interesse e importância do tema para Angola, apresenta-se resultado dos trabalhos com o mesmo tema já realizados no país, bem como do objecto e objectivos do presente trabalho:
- 2- Radioactividade Natural: neste capítulo apresentam-se alguns conceitos básicos (de forma muito genérica) sobre a radioactividade e discute-se em particular as diferentes fontes, em especial as naturais, Fala-se também sobre as diferentes formas de exposição à radiação ionizante, os limites de exposição definida na legislação e os impactes na saúde por exposição à radiação ionizante;
- 3- Enquadramento regional da região em estudo: No terceiro capítulo faz-se menção da área em estudo (localização, enquadramento fisiográfico, ocupação humana) com destaque para a geomorfologia e geologia.
- 4- Métodos e técnicas utilizadas: No capítulo em referência revela-se as formas ou procedimentos usados para a obtenção dos dados radiológicos, os instrumentos usados na recolha dos dados e, por fim, ilustra-se a forma foram feitas a recolha dos dados. Indica-se ainda a localização do conjunto de pontos medidos.
- 5- Apresentação dos resultados obtidos e sua discussão: Neste capítulo apresentam-se e discutem-se os dados obtidos (análise global e específica para cada unidade geológica aflorante na região em estudo. Analisa-se o significado dos resultados obtidos à luz da comparação com a base de dados já disponível em Portugal e em Angola. Avalia-se o impacte radiológico na população através da estimativa da dose por exposição à radiação gama (dose média anual);

- 6- Conclusões e recomendações: Apresenta-se em síntese os conteúdos inerentes ao trabalho assim como se faz algumas recomendações úteis.
- 7- Bibliografia: Apresentamos aqui as referências bibliográficas referidas no trabalho.

## 2- Radioatividade Natural

Toda a matéria que constitui o Universo é composta por rearranjo de átomos, os quais são integrados por prótons, nêutrons e elétrons. A diferença quantitativa dos elementos integradores dos átomos é o que confere a cada material característica físico-química distinta que caracterizam sua singularidade. Todavia, um elemento pode se apresentar de diversas formas na natureza, mas com comportamento químico idêntico. Um exemplo disso são os isótopos, cujo conceito se refere à característica de átomos apresentarem o mesmo número de prótons, mas com diferente número de nêutrons, tornando-os instáveis, (<http://www.mundofisico.joinville.udesc.br>). Essa instabilidade pode ser definida como excesso de energia acumulada pelo átomo, e que pode ser liberada como radiação. Assim, o átomo ao perder energia se torna mais estável (processo denominado decaimento). Alguns átomos emitem partículas, alterando conseqüentemente as propriedades químicas do mesmo. Logo, átomos que decaem, e emitem radiação são denominados radioativos. Esse processo é definido como nuclear, uma vez que ocorre no núcleo, região central do átomo, onde se localizam os prótons e nêutrons. Portanto radioatividade é um processo natural ou artificial no qual o átomo emite energia em forma de radiações a fim de se tornar estável. O processo leva a transmutação de elementos químicos e a libertação de energia (<http://www.mundofisicos.joinville.udesc.br>).

Nos finais do século XIX, na seqüência de investigações com materiais fluorescentes ou os chamados sais de urânio, o cientista francês Henri Baccquerel (1852-1908) descobriu que ocorria a geração de raios muito penetrantes e que designou por raios X, tendo esta descoberta marcado o nascimento da radioatividade, o que sucedeu em 1896 (Neves e Pereira, 2004).

Os elementos radioactivos fazem parte da natureza, estando contidos no ar, na água, no solo, em materiais de construção, em alguns produtos alimentares e, até em alguns órgãos do ser humano. Estes, podem ser agrupados em três espécies: primordiais (existentes na natureza desde a formação do Planeta), cosmogénicos (resultam de interacções dos raios cósmicos) e antropogénicos (originados pela acção humana), Franco (1984).

A radioatividade é uma forma de energia nuclear, por exemplo é usada em medicina (radioterapia), e consiste no fato de alguns átomos como os do urânio, rádio e tório serem “instáveis”, perdendo constantemente partículas alfa, beta e gama (raios-X). O urânio, por exemplo, tem 92 protões, através do tempo vai perdendo-os na forma de radiações, até terminar em chumbo, com 82 protões estáveis. Foi observada pela primeira vez pelo francês Henri Becquerel em 1896 enquanto trabalhava em materiais fosforescentes.

As fontes naturais fornecem a dose mais alta de radiação à qual a maioria das pessoas está normalmente exposta, (IAEA, 1994; in Faria 2002).

## **2.1- Fontes de radiação ionizante**

Radiação ionizante é a radiação que possui energia suficiente para ionizar átomos e moléculas. A energia mínima típica da radiação ionizante é de cerca de  $10 \text{ eV}^{-1}$ .

As fontes da radiação ionizante são divididas em duas grandes categorias que são: naturais e antropogénicas (Neves e Pereira, 2004) e que se descrevem seguidamente de forma mais detalhada.

### **2.1.1- Fontes naturais**

Estas fontes são aquelas que estão presentes na Natureza e que produzem radiações sem intervenção do homem, dos quais pode-se apresentar alguns exemplos: a radiação cósmica e a radiação produzida pelos materiais geológicos.

### **2.1.1.1 - Radiação cósmica**

Raios cósmicos são partículas extremamente penetrantes, dotadas de alta energia, que se deslocam a velocidades próximas à da luz no espaço sideral. Portanto, raios cósmicos não são raios, mas partículas. A radiação cósmica tem origem no Sol bem como nos processos que ocorrem nas galáxias associados à evolução das estrelas. A radiação proveniente do Sol é necessária para a iluminação e aquecimento dos seres vivos bem como o funcionamento dos órgãos vitais. Esta forma de radiação é constituída por prótons, neutrões, electrões, partículas subatómicas que se deslocam a velocidades muito elevadas (400 a 800 Km/s) e radiação electromagnética de elevada frequência.

Essas partículas, ao chegarem à Terra, colidem com os núcleos dos átomos da atmosfera, a cerca de 10 mil metros acima da superfície do planeta, e dão origem a outras partículas, formando uma “chuva” de partículas com menos energia, os chamados *raios* cósmicos secundários. O número de partículas que chegam ao nível do mar, em média, é de uma partícula por segundo em cada centímetro quadrado. Os raios cósmicos secundários são inofensivos à vida na Terra, mas os raios cósmicos primários são perigosas para os astronautas no espaço (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Raio>)

A radiação cósmica é parcialmente absorvida pela atmosfera sofrendo também desvios por parte do campo magnético da Terra pelo que o seu impacte nos ecossistemas variará com a altitude, sendo a sua intensidade mais baixa a nível do mar (Jombi, 2012).

#### **2.1.1.1.1 - Distribuição dos elementos radioactivos nas rochas e solos**

Os elementos radioactivos encontram-se associados aos minerais que formam as rochas e distribuídas pela natureza nos três grandes grupos de rochas: sedimentares, metamórficas e ígneas. Assim, estes materiais podem também ser fontes de radiação. Na tabela 2.1 resume-se, de forma semi-quantitativa, a distribuição de urânio, tório e o potássio nas rochas

Tabela 2.1 – Distribuição dos elementos radioactivos pelos diferentes tipos de rochas (Adaptado de Neves &amp; Pereira, 2004).

Litologia	Urânio (U)	Tório (Th)	Potássio (K)
<b>Rochas sedimentares</b>			
Carbonatos	-	-	-
Conglomerados	-	-	-
Arenitos	-	-	-
Argilitos	=	+	=
<b>Rochas metamórficas</b>			
Xistos	=	=	=
Metagrauvaques	-	-	-
Quartzitos	-	-	-
Gneisses	=	=	=
Anfibolitos	-	-	-
<b>Rochas ígneas</b>			
Gabros, Dioritos	-	-	-
Tonalitos, Granodioritos	=	=	=
Granitos	+	+	+

*Concentrações típicas de algumas litologias mais correntes relativamente à média da crosta continental superior. Inferior (-), próxima da média (=) e superior à média (+). No que respeita às rochas ígneas, os valores referidos valem para os equivalentes vulcânicos das litologias indicadas.*

As rochas mais enriquecidas em elementos radioactivos integram-se nas rochas ígneas, em especial nas rochas graníticas, e nas sedimentares de granulometria mais fina, em particular nas rochas argilosas.

Na tabela 2.2 apresentam-se as concentrações médias apuradas para diferentes tipos de rochas, em acordo, pois, com as considerações extraídas da tabela anterior, com os valores mais elevados a ocorrerem nas rochas sedimentares e ígneas. Nestas últimas os teores mais elevados observam-se



nas de natureza ácida, onde se incluem os granitos, com valores próximos de 5 ppm (U) e 18 ppm (Th). No caso das rochas sedimentares destacam-se os sedimentos mais finos, em particular os xistos negros (8 ppm) e rochas de características particulares, como é o caso das carapaças lateríticas onde os teores médios podem atingir 10 ppm (U) e 50 ppm em tório. Nas rochas metamórficas os valores são significativamente mais baixos, situando-se abaixo dos 3 ppm (caso dos gneisses).

Tabela 2.2 - Concentrações médias de urânio e tório nas rochas da crosta terrestre (adaptado de IAEA, 1979 & Boyle, 1982).

LITOLOGIA	Urânio (ppm)	Tório (ppm)
Média crustal	2	8
Rochas Ígneas máficas	1	3
Rochas Ígneas intermédias	2,3	9
Rochas Ígneas ácidas	4,5	18
Rochas Ígneas arenosos	1	3
Sedimentos argilosos	4	16
Calcários	2	2
Xistos negros	8	16
Carapaças lateríticas	10	50
Quartzitos, metagrauvasques e metaconglomerados	1,5	5
Mármore e dolomias	0,5	1
Filitos, metargilitos e ardósia	2,5	10
Xistos de origem ígnea	2	6
Xistos de origem sedimentar	2	10
Anfibolitos	0,5	2
Gneisses	3	10
Comeanas pelíticas	2	10

O urânio e o tório integram os isótopos U-238, U-235 e Th-232 que, por decaimento, dão origem, cada um deles, a cadeias de decaimento radioactivo em que os diferentes isótopos, também radioactivos, são sólidos com excepção de Rn-219, Rn-220 e Rn-222, designados por actinão, torão e radão, que são gases. Estes últimos originam-se nas cadeias, respectivamente, do U-235, Th-232 e U-238. O potássio contém também um isótopo radioactivo (K-40) que ao decair emite também radiação beta e gama, contribuindo também para a exposição a que o homem está sujeito.

A exposição à radiação ionizante produzida pelo decaimento dos isótopos radioactivos que integram os materiais geológicos resulta da emissão de radiação gama, da inalação dos gases radioactivos e seus descendentes e da ingestão da água e de alimentos que contenham os elementos radioactivos.

A fonte mais importante, como se pode observar na figura 2.1 é a que resulta da inalação do gás radão.

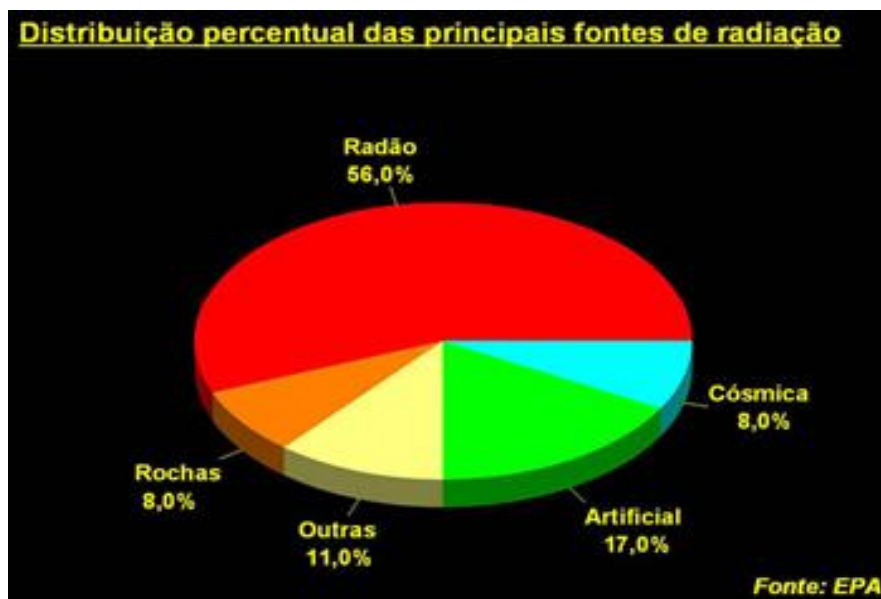


Figura 2.1- Distribuição percentual das principais fontes de radiação ionizante

De acordo os dados referenciados na figura 2.1, mostra claramente que com acima de 50% o gás radão é a maior fonte de radiação ionizante, de seguida com 17% vem a radiação artificial, que é sucedida por outras fontes de radiação com a percentagem de 11%, e por último e com igual percentagem vêm as das fontes das rochas e cósmica com equivalência de 8%.

### **2.1.2 - Fontes antropogénicas**

São aquelas fontes que emitem radiação por acção ou intervenção do homem, e destas, referem-se as seguintes:

A queima do carvão nas centrais térmicas, a libertação de isótopos artificiais na envolvente às centrais nucleares, em acidentes nestas mesmas centrais e em testes militares na atmosfera e utilização de radioisótopos na medicina, em técnicas de diagnóstico ou de tratamento são alguns exemplos. A maior parte da exposição deve-se às técnicas aplicadas na medicina como meio de diagnóstico por exemplo os raios X ou a tomografia axial computadorizada (TAC).

Com a queima do carvão mineral, são multiplicadas as concentrações (nas cinzas) de elementos radioactivos gerados pelo decaimento natural dos isótopos radioactivos. Elementos voláteis como o radão e o Po-210 são também libertados para a atmosfera.

### **2.2- A dose como estimador dos efeitos da radiação. Efeitos da radiação ionizantes**

O termo dose é a palavra utilizada para designar a energia fornecida à matéria por transformações nucleares (Temporal et al., 2005) e procura, assim, medir os efeitos das radiações nos materiais celulares (efeitos biológicos). Exposição, dose absorvida, dose equivalente e dose efectiva são diferentes termos cujo uso é em dosimetria e que se descrevem resumidamente de seguida.

A exposição é uma grandeza que procura quantificar os efeitos exclusivamente induzidos pelas radiações  $\gamma$  e raios X e define-se como a carga depositada por fotões  $\gamma$  numa massa unitária de ar seco, sob condições de pressão e temperatura normais (Aramburu e Bisbal, 1994). A unidade no Sistema Internacional (S.I.) é o Coulomb por Kg ( $C.Kg^{-1}$ ), sendo usada ainda outra unidade, o roentgen (R). A relação entre as duas unidades pode exprimir-se do seguinte modo:

$1 \text{ R} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ C.Kg}^{-1}$  ou  $1 \text{ C.Kg}^{-1} = 3876 \text{ R}$  (Aramburu e Bisbal, 1994).

A dose absorvida significa a quantidade de energia absorvida por qualquer material, sujeito ao efeito da radiação ionizante. O Sistema Americano utiliza como unidade de medida o *rad* (“*radiation absorbed dose*”) e no S.I. usa-se o *gray* (Gy), que corresponde à absorção de um joule de energia por quilograma de qualquer material. A dose absorvida depende do tipo de radiação, da sua intensidade e da natureza do material ou tecido irradiado (Aramburu e Bisbal, 1994). A unidade da dose no S.I. é o  $\text{J.Kg}^{-1}$  ou Gray (Gy), em que  $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J.Kg}^{-1}$ ; são ainda utilizados os submúltiplos mGy ( $10^{-3} \text{ Gy}$ ),  $\mu\text{Gy}$  ( $10^{-6} \text{ Gy}$ ) e nGy ( $10^{-9} \text{ Gy}$ ).

Alguns tipos de radiação são mais eficazes do que outras a causar efeitos ou danos biológicos nos tecidos que atravessa. A dose equivalente tem em conta esta situação resultando da multiplicação da dose absorvida por um factor de ponderação ou factor de qualidade ( $Q_R$ ). No caso das radiações beta e gama o factor é 1 enquanto no caso da radiação alfa é de 20. A unidade de dose equivalente no S. I. é o  $\text{J.Kg}^{-1}$ , denominado Sievert (Sv), ou o Rem, cujos a equivalência é dada por:  $1 \text{ Sv} = 100 \text{ Rem} = 0,01 \text{ Sv}$

A dose efectiva corresponde, em termos de efeitos biológicos, a exposição equivalente de corpo inteiro, A reacção dos diversos tecidos à radiação é também muito variável, sendo uns mais sensíveis que outros, A dose efectiva tem em conta esta situação obtêm-se pela multiplicação da dose equivalente por um factor designado por tecidular e específico de cada tecido; valores mais altos significam maior sensibilidade. Assim, o valor da dose estimado para o corpo inteiro determina-se pela soma das doses parciais ponderadas para todos os tecidos e órgãos do corpo, através do factor tecidular, apropriado para irradiação interna e externa, A unidade do S.I. para a dose efectiva é também o  $\text{J/Kg}$ , denominado Sievert (Sv).

### 2.2.1- Efeitos da radiação ionizantes

O homem está exposto continuamente à radiação ionizante, que, como já atrás referido tem origem em fontes naturais, como é caso da inalação pelo gás radão. Uma das maiores estudosas da radioactividade, Marie Curie, foi ela própria uma vítima dos efeitos biológicos das radiações, por manipular materiais radioactivos; esses efeitos consistiam na inflamação nas pontas dos dedos tendo falecido de leucemia.

Naturalmente quanto maior for a exposição à radiação maior é a possibilidade de uma pessoa desenvolver cancro e outras doenças como a anemia, pneumonia e até a falência do sistema imunológico, porque o radão afecta as células do DNA. A radiação pode ser danosa para o tecido vivo devido o seu poder ionizante sobre a matéria (Consiglio & Ramos, 2011). Esta ionização pode danificar células vivas directamente, quebrando as ligações químicas de moléculas biologicamente importantes (DNA, RNA), ou indirectamente, criado por radicais livres a partir de moléculas de água presentes nas células, que por sua vez podem atacar moléculas biologicamente e quimicamente importantes. Estima-se que a maior parte dos danos causados a uma célula pela radiação ionizante, ocorre pela acção indirecta. No mecanismo de acção indirecta, as moléculas de água do meio celular são ionizadas (radiólise), dando origem tanto a espécies moleculares como radicais livres ( $H^+$  e  $OH^-$ ). Estes radicais são bastante reactivos e são responsáveis por uma série de reacções com outras moléculas do meio. De certo modo, estas moléculas são reparadas por processos naturais (acção de enzimas), contudo, a eficiência desta reparação depende da extensão do dano. Obviamente, se a reparação for bem-sucedida, nenhum efeito é observado, mas, se a reparação não é realizado ou defeituoso, a célula pode sofrer de três causas possíveis: morte (da célula), efeitos somáticos (cancro), ou uma alteração permanente da célula (efeito genético; Gil, 2008).

Devido a atmosfera terrestre absorver parte da radiação cósmica, as pessoas que vivem em maiores altitudes recebem maiores doses do que aquelas que vivem em altitudes mais baixas. Geralmente para cada aumento

de 30 metros na altitude existe um incremento na dose anual de 10  $\mu\text{Sv}$  (Sanches, 2001). Por conseguinte, as viagens aéreas também contribuem para a nossa exposição a radiação cósmica.

As regiões do mundo com mais altos índices de radioactividade situam-se no Irão, Índia, China e Brasil. Para que se tenha uma ideia, a dose de radiação recebida pelos indivíduos que moram na proximidade de uma central nuclear operando em condições normais é de 0,05 mSv/ano (Jombi, 2013), por outro lado, a dose de radiação recebida por um individuo que vive na cidade de Guarapari no Esperito Santo (Brasil) pode chegar a 35 mSv/ano (Jacomino, 2005).

Para limitar os efeitos da exposição às radiações tem vindo a ser produzida legislação específica, como é o caso também da legislação portuguesa. Como exemplo, refere-se a lei nº 222/2008 de 17 de Novembro do Ministério da Saúde de Portugal, artigo quarto os Limites de dose para os trabalhadores expostos estão abaixo descritos:

1 — O limite de dose efectiva para os trabalhadores expostos é fixado em 100 mSv por um período de cinco anos consecutivos, na condição de esse valor não ultrapassar uma dose efectiva máxima de 50 mSv em cada ano.

2 — Sem prejuízo do limite disposto no número anterior, são ainda fixados os seguintes:

- a) O limite de dose equivalente para o cristalino é fixado em 150 mSv por ano;
- b) O limite de dose equivalente para a pele é fixado em 500 mSv por ano;
- c) O limite de dose equivalente para as extremidades é fixado em 500 mSv por ano.

Os limites propostos para a concentração média anual de radão em habitações em Portugal é de 400  $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ . Nos Estados Unidos esse limite é de 150  $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  propondo a Organização Mundial de Saúde 300  $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  (Neves e Pereira, 2004)

### **3- Enquadramento regional da área em estudo**

#### **3.1 Enquadramento geomorfológico**

A área em estudo apresenta fortes contrastes morfológicos (ver figura 3.1), composta por planaltos associados a antigas peneplanícies entretanto dissecadas pela erosão hídrica, e por relevos abruptos por vezes terminando em vigorosos degraus de erosão (esporões) que, nalgumas zonas, assume o aspecto de verdadeiro escarpa, por vezes revestido de rochas nua.

A segunda das regiões referidas (região sub-planáltica), cujas cotas oscilam 1600 e os 1000 metros, mostra exuberante relevo, e é limitada a sul e este, pelo degrau de erosão já referido. A altitude média do esporão existente no sudoeste, e que se despõe sobranceiramente à cidade do Lubango anda a volta de 2100 metros e na serra do Onomono a cota máxima ascende aos 1912 metros.

A região planáltica apresenta notável cobertura superficial essencialmente arenosa. Os rios que a drenam, correndo em vales muito abertos, quase inexistentes, serpenteando continuamente, apresentando características de rios de uma velha peneplanície.

A região sub-planáltica, apresenta-se, como já se disse, intensamente trabalhada por uma erosão activa que modelou o relevo existente. Nesta região os rios apresentam-se profundamente encaixados, sobretudo junto às nascentes, os depósitos superficiais são pouco abundantes, e o solo, nas zonas escavadas de relevo abrupto, é quase somente constituído pelo rególito.

A ocidente da cadeia de montanhas a altitude cai bruscamente em degraus, de que são exemplos a Serra da Leba e o degrau onde se situa a Fenda da Tundavala. O limite Oeste da província coincide com o bordo da escarpa da cadeia de montanhas designada por "Serra da Chela". Com excepção da região Noroeste, no município de Quilengues, todo o território da província apresenta um relevo acidentado.

Constituem locais de visita obrigatória a cascata da Huíla, e a Fenda da Tundavala, situada a cerca de 10 km do Lubango, com uma paisagem magnífica que se estende por dezenas de quilómetros. É nos penhascos da Tundavala que se inicia o planalto central de Angola.



Figura 3.1- Esboço geomorfológico da área em estudo e localização da mesma no mapa geral de Angola.

O município do Lubango está situado na zona SW da província da Huíla, a uma altitude média superior a mil metros e onde se destacam dois maciços, um a sul, a Serra da Chela, e outro, a norte, a Serra da Chicuma.



### 3.2- Enquadramento geológico

Na região onde se localiza a área em estudo, ocorrem uma vasta variedade litológica integrada várias formações geológicas conforme a figura 3.2. Dominam as rochas ígneas e metamórficas a que se sobrepõem depósitos sedimentares de espessura variável. De acordo com a folha 3 da carta geológica de Angola (escala 1: 1 000 000) identificaram-se as seguintes unidades, ordenadas pela idade, do mais recente para o mais antigo:

- I - Depósitos sedimentares de cobertura
- II – Rochas filonianas de natureza ácida e básica
- III - Leucogranitos do sudoeste
- IV – Calcários dolomíticos (Formação da Leba-Tchamalindi)
- V – Rochas detríticas e vulcanoclásticas (Grupo Chela)
- VI – Pórfiros félsicos e rochas vulcânicas associadas
- VII – Granito do Caraculo-Bibala
- VIII – Dioritos e granodioritos
- IX – Complexo metassedimentar (Utende-Cela)
- X – Granitos biotíticos da região central (granitos regionais)
- XI – Complexo gneisso-migmatítico-granítico
- XII – Complexo xisto-quartzítico-anfibolítico

As rochas ígneas e metamórficas associam-se à orogenia eburneana (cerca 2 Ga) tendo sido geradas durante a evolução desta orogenia ou remobilizados pelos mesmos processos geológicos (Pereira et al., 2011); os complexos ígneos e metamórficos mais antigos aflorantes na área em estudo (XI e XII) são exemplo daquela última situação. Descrevem-se a seguir os litótipos que integram cada uma das unidades acima referidas.

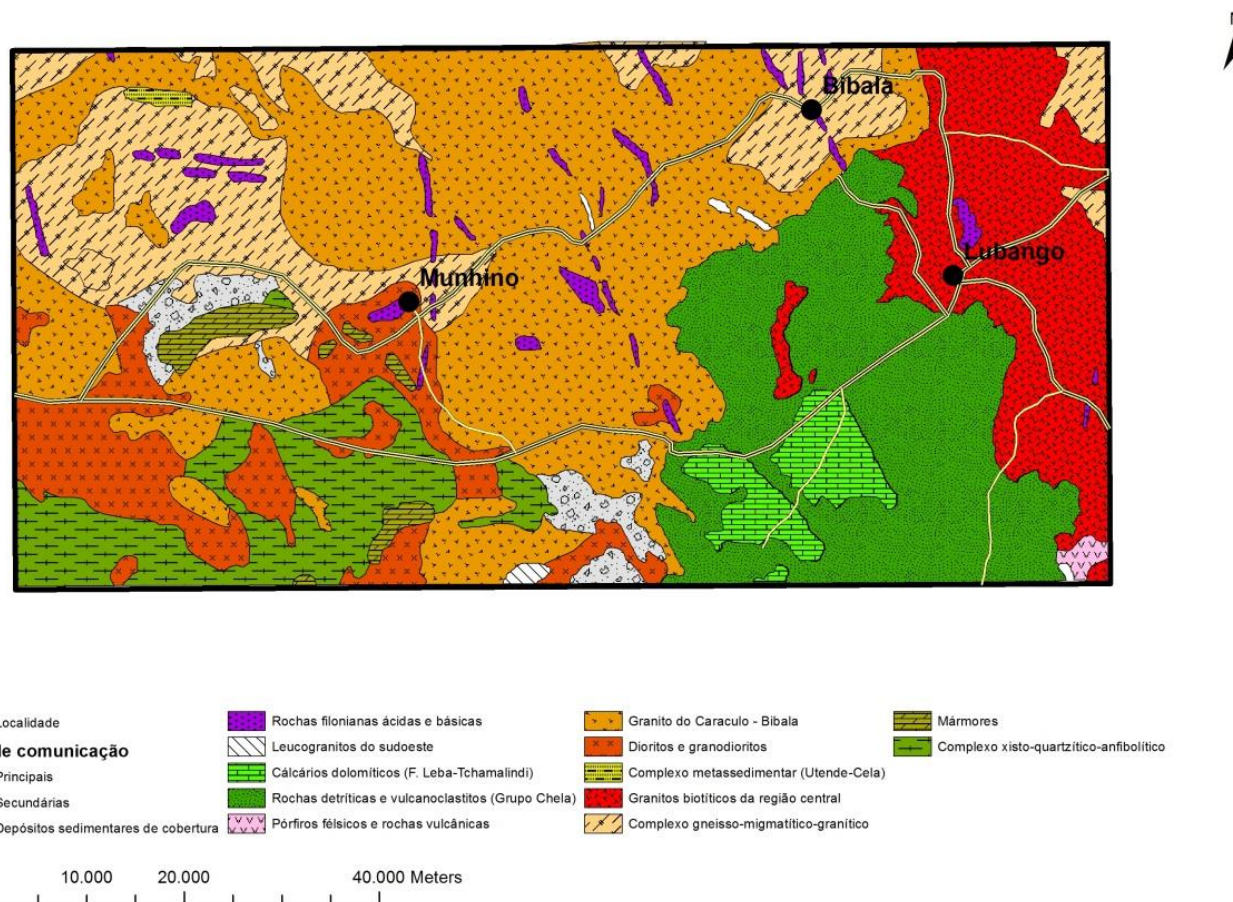


Figura 3.2 – Mapa geológico da área em estudo (modificado de Carta geológica de Angola, escala 1:1000 000, folha 3)

## I - Depósitos sedimentares de cobertura

Incluem-se neste grupo os depósitos eluvionares e os aluvionares resultantes da dinâmica fluvial, de espessura e extensão variáveis e compostos por areias, siltes e cascalheiras.

De idade oligocénica-pliocénica serão os depósitos de material grosseiro que se encontram na encosta oeste e no sopé da Serra da Chela essencialmente constituídos por areias, calhaus e blocos das rochas gresos-quartzíticas.

Serão ainda pliocénicas, ou talvez um pouco mais antigas, algumas das couraças lateríticas existentes na região planáltica sobretudo a norte e nordeste. Na região sub-planáltica as laterites são muito raras. (Vale. F.S., Gonçalves F. G., & Simões M. C. 1971)

## II – Rochas filonianas de natureza ácida e básica

Na região em estudo ocorre uma densa e diversificada rede filoniana de natureza ácida e básica. A idade de implantação é também variada, do final da orogenia eburneana (1,2 – 1,1 Ga) até ao Cretácico, associadas aos processos que levaram à abertura do Oceano Atlântico.

Neste último caso trata-se de basaltos olivínicos, que ocorrem em massas filonianas, mais ou menos extensas, de possança variável, geralmente dispostas no sentido NE-SW.

Rochas como alguma semelhança petrográfica (doleritos) mas de implantação mais antiga, ocorrem também na área. Estas rochas, de cor verde escura, quase preta, quando observadas ao microscópio revelam textura variando de sud-ofítica a ofítica, e são essencialmente, constituídas por labradorite de composição aproximadamente  $Ab_{16} An_{64}$  augite ou titanaugite e minerais opacos. Geralmente apresentam avançado grau de alteração, como o provam a saussuritização de plagioclase e uralitização da piroxena. (Vale. F.S., Gonçalves F. G., & Simões M. C. 1971)

Os noritos serão da mesma idade destas últimas e são do conjunto de rochas filonianas as mais bem representadas, constituindo extensos diques, dispostos, sensivelmente, na direcção Norte-Sul. São rochas melanocratas, de cor escura-cinzenta esverdeada. Microscopicamente, revelam textura sub-ofítica, podendo contudo, apresentar variantes texturais e mesmo mineralógicas, consoante, se aproximam mais do dolerito ou do gabro. Os constituintes primários são plagioclase, orto e clinopiroxena.

As rochas de natureza ácida integradas neste grupo são essencialmente pegmatitos e aplitos que constituem, por vezes, massas filonianas de apreciáveis dimensões. Os pegmatitos apresentam a estrutura característica destas rochas, sendo fundamentalmente constituídos por microclina, ortose e quartzo. A moscovite, é também um dos minerais, que normalmente se encontra nestas rochas mas, apenas em pequenas placas ou pontuações. Granadas também foram por vezes identificadas, e num filão assinalou-se a presença de molibdenite e de sulfuretos da família das pirites. Quanto aos aplitos, cujos filões, se encontram no geral, dispostos lado a lado com os pegmatitos, os mesmos, apresentam uma textura xenomórfica granular, por vezes de tendência equigranular, sendo essencialmente constituídos por microclina (nalguns casos pertítica), plagioclase e quartzo, tendo acessoriamente, mirmequite, moscovite, biotite verde e grãos opacos. Algumas destas rochas, contêm notável percentagem de epídoto, resultante da alteração dos feldspatos, estando a cor esverdeada, que apresentam, relacionada com a presença desse mineral.

### III - Leucogranitos do sudoeste

Trata-se de granitos de cor clara, mais ou menos circunscritos, associados ao evento designado por “evento tectonotermal do Namibe” (Torquato, 1974) com idade de implantação estimada entre 1552 e 1760 Ma (Pereira et al., 2011).

#### IV – Calcários dolomíticos (Formação da Leba-Tchamalindi)

Dominam os calcários dolomíticos em bancadas, frequentemente silicificadas, sendo vulgar a existência de bandas de sílex paralelas à estratificação. Nalguns locais estes calcários contêm estromatólitos. A idade da deposição terá ocorrido no intervalo entre 1810 e 1550 Ma.

As camadas de calcário dolomítico apresentam quase sempre uma disposição horizontal ou sub-horizontal. A passagem às rochas do topo do Grupo da Chela faz-se através de uma ligeira discordância angular.

Os calcários dolomíticos ocupam extensas zonas na região planáltica (planalto da Humpata) e são ali largamente utilizados para o fabrico de cal.

#### V – Rochas detríticas e vulcanoclásticas (Grupo Chela)

Segundo a notícia explicativa da carta geológica nº 355, a sequência estabelecida para este grupo é a seguinte, de cima para baixo: xistos argilosos (cinzentos, amarelos, castanhos ou vermelhos); siltitos vermelhos; grés vermelhos ferruginosos grés branco feldspático de grão fino; quartzitos (róseos, brancos ou acinzentados) passando gradualmente a grés e vice – versa e em que há intercalações de «chert». (Vale. F.S., Gonçalves F. G., & Simões M. C. 1971)

Na figura 3.2 apresentam-se alguns aspectos relativos às rochas integradas nesta unidade geológica.

Correia (1973, 1976) definiu 4 formações distintas no planalto da Humpata, depositadas entre 1950 e 1810 Ma (final da Orogenia Eburneana; Pereira et al., 2011), designadas, de baixo para cima por: Tundavala, Humpata, Bruco e Cangalongue. Na formação da Humpata foram identificados níveis compostos por cineritos e rochas vulcanoclásticas de natureza riolítica.

Os xistos são rochas essencialmente argilosas de cor arroxeadada, amarelada ou acinzentada. Além da argila, estas rochas contêm determinada

percentagem de quartzo, finamente disseminado na matriz argilosa, a qual se apresenta, quase sempre, fortemente impregnada de óxidos de ferro, em parte, transmitem a estas rochas as tonalidades já referidas.

Os siltitos são rochas de transição entre a notável espessura greso-quartzítica e os xistos argilosos. Sobrepondo-se ao grés vermelhos ferruginosos estas rochas apresentam um aspecto compacto e quase sempre uma cor vermelha característica. São geralmente constituídas por minerais de argila e óxidos de ferro, apresentando-se esta mistura impregnada por sílica finamente dividida.

Grés vermelho (grés ferruginoso) são rochas em que a dimensão de grão varia consideravelmente. A sua cor resulta do cimento estar impregnado por minerais de ferro.

Os grés feldspáticos de tendência arcósica são no geral rochas coerentes de grão fino e cor clara. Vistos ao microscópio, verifica-se que os grãos de quartzo apresentam extinção ondulante e que o cimento é essencialmente constituído por caulinite e sericite.

Quanto às rochas greso-quartzíticas, que constituem a base da série, as mesmas apresentam-se sob diversas tonalidades. A dimensão do grão varia também muito. Ao microscópio verifica-se a existência duma textura granulosa; os grãos de quartzo apresentam quase sempre extinção ondulante e o cimento é essencialmente silicioso, sendo por vezes, representado por calcedónia. Óxidos de ferro e palhetas micáceas (sericites) são ainda frequentes nestas rochas.

São ainda observados conglomerados e brechas em lenticulas descontínuas e materiais piroclásticos de cor creme a avermelhada de dimensão silto-argilosa. (Ver figuras 3.3 e 3.4)



Figura 3.3 – Aspectos geológicos diversos referentes às rochas integradas no “Grupo da Chela”

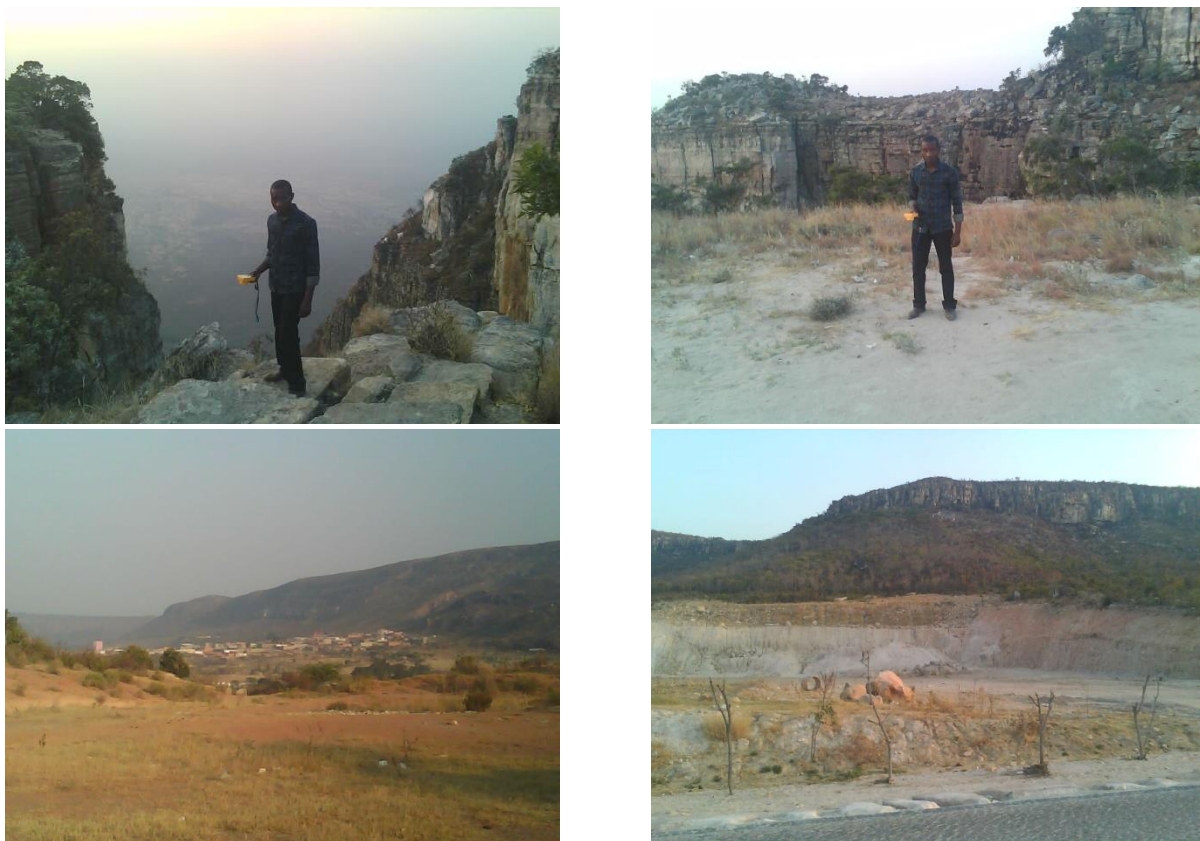


Figura 3.4 - Aspectos geológicos diversos referentes às rochas integradas no “Grupo da Chela” com domínio para as rochas quartzíticas que forma esporões na paisagem.

#### VI – Pórfiros félsicos e rochas vulcânicas associadas

Estas rochas são de natureza ácida ocorrendo maioritariamente com modo de jazida filoniano: contudo, estas rochas, apresentam-se por vezes em pequenos «stocks» que podem ser interpretadas como resto de chaminés vulcânicas (complexos sub-vulcânicos). Dominam os pórfiros de natureza granítica ocorrendo ainda rochas extrusivas de natureza riolítica.

Estas últimas, podem apresentar ligeiras variantes, mais de carácter textural do que propriamente de composição mineralógica. Microscopicamente, são rochas porfíricas, com uma matriz variando de vítrea a semi-vítrea, quase sempre fluidal nos vitrófiros. Nestes últimos, a pasta essencialmente quartzo-feldspática, microgranular, constitui, não raramente, mistura eutética, que com



frequência forma agregados esferolíticos; dispersas na matriz vêm-se palhetas de biotite.

Os pórfiros graníticos, apresentam-se com as tonalidades acastanhadas, esverdeadas ou cinzentas. Apresentam diferenciações texturais, passando algumas vezes a pórfiros granofíricos, em que, a matriz é formada por intercrescimentos de quartzo e feldspato com belos aspectos micrográficos, por vezes esferolíticos, ou a microgranitos, em que a textura é granular, de grão fino. (Vale. F.S., Gonçalves F. G., & Simões M. C. 1971)

#### VII – Granito do Caraculo-Bibala

Ocorre em maciços geralmente circunscritos, implantados no final da Orogenia Eburnena, com idade estimada entre 1947 e 1810 Ma (Pereira et al., 2011), São rochas homogéneas, de cor rósea, por vezes com tendência avermelhada em zonas de fractura, de textura equigranular, com grão médio a grosseiro, ligeiramente porfiróide e não deformadas (Pereira et al., 2011). A composição é de natureza granítica, raramente granodiorítica, como biotite e hornoblenda como minerais essenciais. Zircão, rútilo, ilmenite, apatite, alanite, esfena, moscovite e epídoto ocorrem como minerais acessórios e secundários.

#### VIII – Dioritos e granodioritos

As rochas dioríticas ou granodioríticas apresentam no geral, uma tonalidade mais escura que as rochas graníticas sendo constituídos por uma plagioclase de tipo oligoclase-andesina a que se associa quase sempre quartzo e mafitos. Biotite e hornoblenda são os mafitos essenciais ocorrendo como minerais acessórios a microlina, esfena, normalmente em cristais euédricos, apatite, zircão, alanite, rútilo e grãos opacos, tendo ainda sido identificada pirite. Epídoto, clorite, calcite e quartzo, são os minerais secundários.

### IX – Complexo metassedimentar (Utende-Cela)

Rochas formadas em bacias, provavelmente do tipo intra-montanoso, durante a Orogenia Eburneana (2200 Ma?) e compostas por metagrauwaques, conglomerados e quartzitos. (Vale, F.S., Gonçalves F. G., & Simões M. C. 1971)

### X – Granitos biotíticos da região central (granitos regionais)

Trata-se de granitos sin a sin a tardi-tectónicos, deformados, ocupando uma vasta área na região central de Angola, e daí a designação frequente de “granitos regionais”. Terão implantação associada às primeiras fases da deformação eburneana (2038 a 1959 Ma; Pereira et al., 2011) sendo rochas heterogéneas, variando de fácies migmatítica a gnáissica, integrando encraves metassedimentares. A foliação dominante orienta-se no quadrante N40°-50°W. Em termos de composição varia de quartzo-diorito a granito, sendo mineralogicamente compostos por quartzo, oligoclase (An<sub>20</sub>), microclina e biotite (Pereira et al. 2011). Como acessórios referem-se ilmenite, apatite, esfena, epidoto, clorite e rara hornblenda (ver figura 3.4) São rochas de características peraluminosas (Pereira et al. 2011).



Figura 3.4 – Aspectos geológicos relativos aos granitos biotíticos da região central (Granito da chela); realce para os aspectos de episenitização.

### XI – Complexo gneisso-migmatítico-granítico

Este complexo tem vindo também a receber a designação de complexo de base é composto essencialmente por gneisses (paragneisses), migmatitos e também granitos de anatexia. Macroscopicamente, os migmatitos existentes na área são rochas de cor parda, cuja tonalidade pode, porém, variar em função duma maior ou menor percentagem de minerais claros.

Ao microscópio, revelam textura granoblástica ou granolepidoblástica, assumindo esta, com frequência, aspectos cataclásticos e mesmo «miloníticos». Microclina, plagioclase, quartzo, apatite, zircão, rútilo e grãos opacos, são acessórios; como secundários observou-se sericite e epídoto.

A plagioclase, dum maneira geral alterada, corresponde a uma oligoclase de composição média, podendo variar até andesina; neste caso, a rocha apresenta fácies quartzodiorítica, e contém maior percentagem de mafitos. Normalmente a plagioclase contém mirmequites.

### XII – Complexo xisto-quartzítico-anfibolítico

Esta unidade integra um conjunto variado de litótipos de natureza metassedimentar e metamórfica tendo sido reconhecidos filádios quartzosos, xistos mosqueados, xistos biotíticos, micaxistos, anfibolitos e gnaisses bem estratificados, rochas a que se associam com frequência quartzitos e mármore. Ocorrem ainda rochas migmatíticas e anfibolitos e gneisses que cortam os litótipos anteriores (ver figura 3.5)

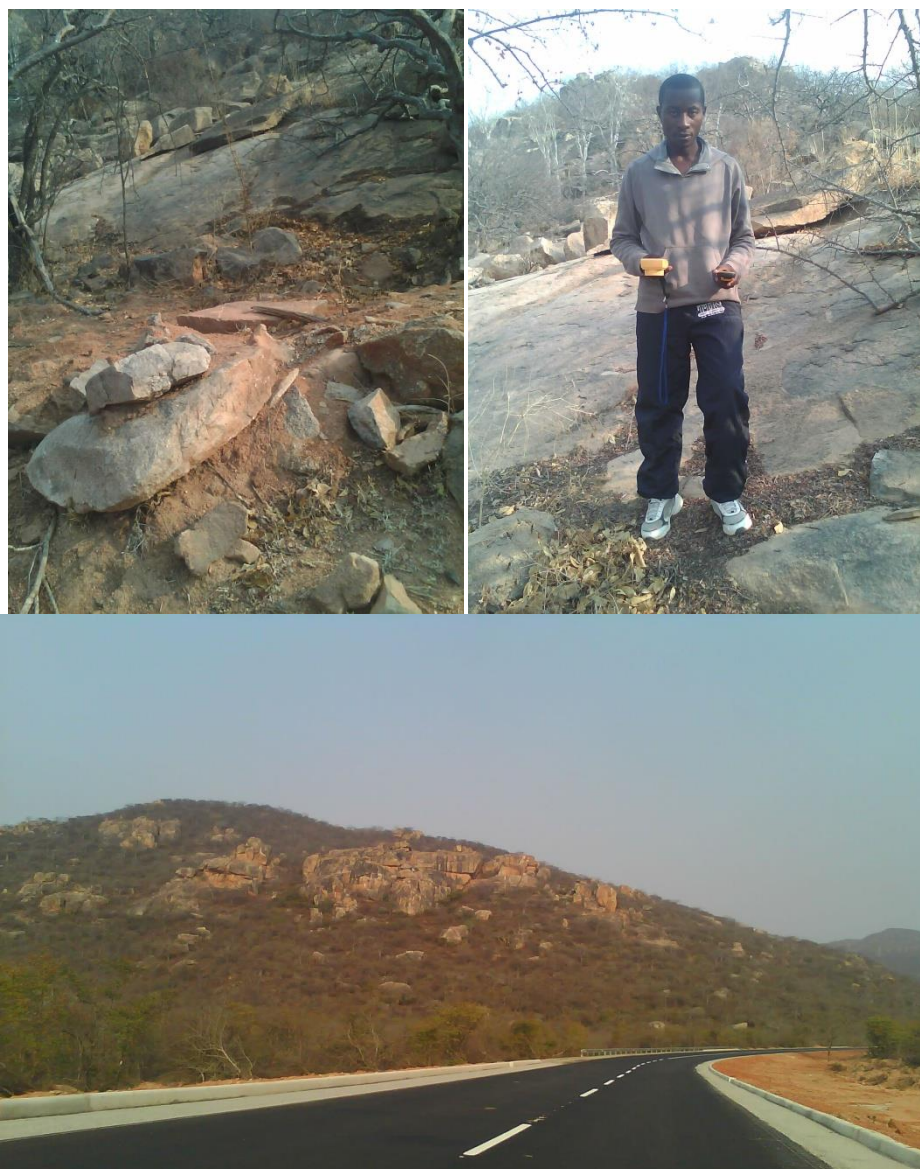


Figura 3.5 – Aspectos geológicos relativos à unidade “Gneisso-migmatítica-granítica

Estas rochas, provavelmente de idade pré-eburneana, foram posteriormente afectadas pelos processos tectónicos associados à Orogenia Eburneana, pelo que se encontram, em geral, intensamente deformados.

#### 4- Métodos e técnicas utilizadas

De acordo com os dados disponível na carta geológica do sudoeste de Angola (folha 3, escala 1:1 000 000) e das cartas geológicas à escala 1: 100 000 do Lubango e da Humpata (folha nº 336 e 355) projectaram-se um conjunto de perfis transversais às principais estruturas geológicas da região em estudo mas com maior incidência na área urbana do Lubango e arredores. Ao longo destes perfis mediu-se pontualmente a taxa de débito de dose por exposição à radiação gama exprimindo-se os resultados em  $\mu\text{Sv/h}$ . Para o efeito utilizou-se o equipamento RDS-40WE (*Wide Energy Survey Meter*), da empresa Mirion Technologies, equipado com detector Geiger-Muller (figura 4.1); no total foram obtidas 2095 medições, efectuadas à altura estandardizada de 1 m e cuja localização é ilustrada na figura 4.2. Nos mesmos locais foram ainda determinadas as coordenadas geográficas com apoio em equipamento GPS de marca Garmin – Etrex 10 (ver Figura 4.1). Toda a informação foi organizada em ambiente SIG (ArcGis 10).

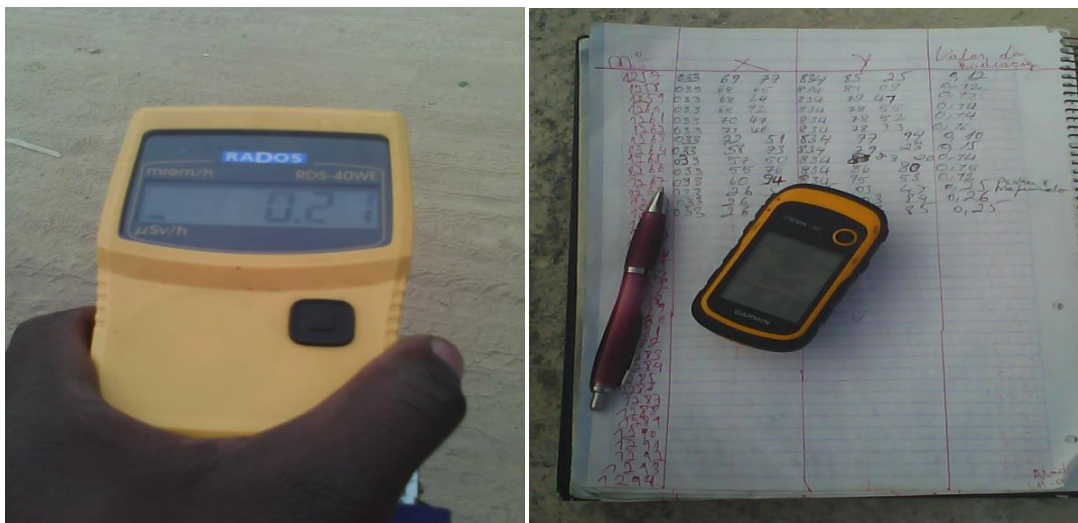


Figura 4.1 - Equipamentos usados na recolha de dados no campo

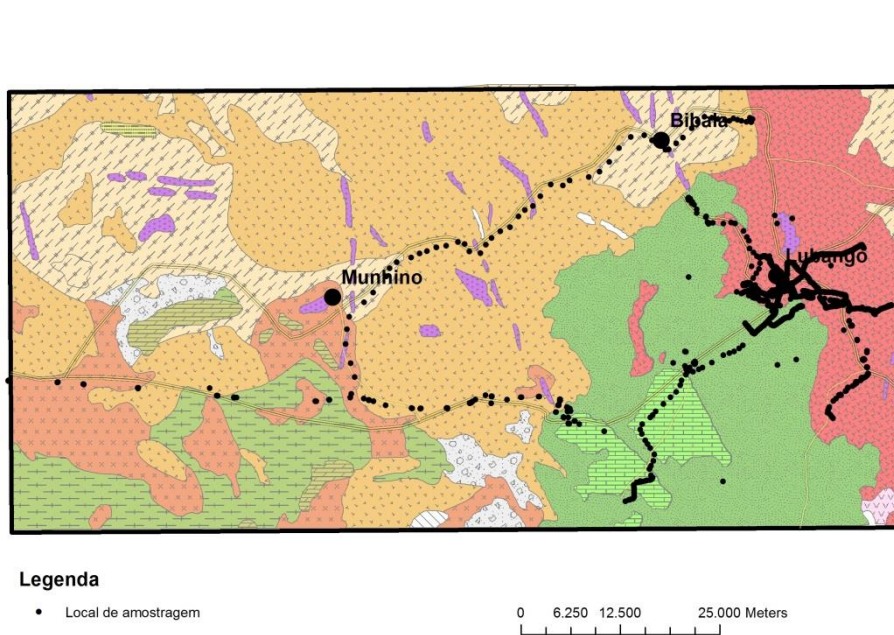


Figura 4.2- Localização dos pontos de amostragem da taxa de débito de dose. A região representada corresponde a uma área superior a 6000 km<sup>2</sup>.

O perfil de amostragem foi variável, mais apertada na área urbana do Lubango, com distâncias entre os diferentes pontos variáveis entre 10 e 25 metros. Fora da área urbana a distância entre pontos contíguos variou entre 5 e 20 km, neste caso, as medições foram efetuadas ao longo dos principais itinerários rodoviários. Na figura 4.3 expõem-se algumas fotografias que ilustram os procedimentos de medida e recolha de dados no terreno.



Figura 4.3 - Procedimentos de medição da taxa de débito de dose no terreno.



## 5- Resultados obtidos e discussão

A avaliação do conjunto de dados obtidos sobre a taxa de débito de dose na região em estudo mostrou a existência de uma elevada variabilidade com os valores extremos a situarem-se entre 0,03 e 0,41  $\mu\text{Sv/h}$  e com mediana e o desvio padrão de 0,11 e 0,04  $\mu\text{Sv/h}$ , respectivamente; o coeficiente de variação é de 35%. Os valores mais frequentes projectam-se em torno de 0,12  $\mu\text{Sv/h}$ .

Estes resultados eram expectáveis na medida em que a amostragem incidu sobre rochas de natureza muito diversa embora maioritariamente de natureza ígnea e metamórfica. A análise da distribuição espacial dos valores obtidos (figura 5.1) mostra tendência para os mais elevados se concentrem em especial no sector este-nordeste da área estudo, em rochas graníticas (granitos biotíticos da região central) e rochas metassedimentares do Grupo Chela. Os mais baixos assinalam-se sobre rochas ígneas de natureza básica a intermédia (dioritos a granodioritos) e em alguns sectores situados sobre rochas do Grupo Chela.

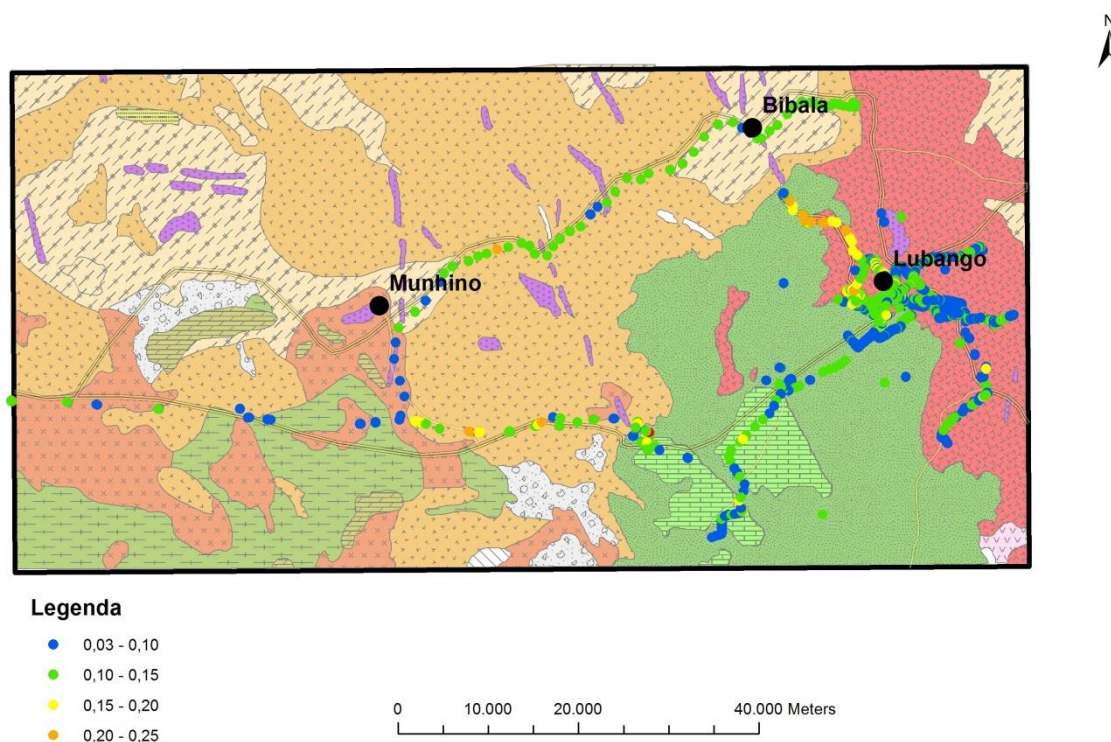


Figura 5.1 – Distribuição espacial dos valores de taxa de débito de dose (em  $\mu\text{Sv/h}$ ) na região em estudo.

Na figura anterior observa-se que os perfis de amostragem não permitem a obtenção de informação dosimétrica relevante sobre todas as unidades geológicas aflorantes mas apenas às seguintes:

Calcários dolomíticos (Formação da Leba-Tchamalindi)

Rochas detríticas e vulcanoclásticas (Grupo Chela)

Granito do Caraculo-Bibala

Dioritos e granodioritos

Granitos biotíticos da região central (granitos regionais)

Complexo gneisso-migmatítico-granítico

Complexo xisto-quartzítico-anfibolítico

Foram ainda amostrados dois filões, um de natureza básica e outro ácido, com valores medidos de taxa de débito de dose de 0,10 e 0,12  $\mu\text{Sv/h}$ , respectivamente.

### 5.1 - Calcários dolomíticos (Formação da Leba-Tchamalindi)

Na área aflorante desta formação metassedimentar foram obtidos um total de 68 pontos, Os resultados obtidos nesta unidade são apresentados na tabela 5.1 e a sua distribuição no histograma apresenta-se na figura 5.2; os parâmetros estatísticos estimados projectam-se na tabela 5.2.

Tabela 5.1 - Valores de taxa de débito de dose em rochas carbonatadas da Formação da Leba – Tchamalindi. Coordenadas geográficas em metros.

X	Y	$\mu\text{Sv}_h$	X	Y	$\mu\text{Sv}_h$	X	Y	$\mu\text{Sv}_h$
318878	8324418	0,09	321149	8326204	0,12	321135	8326144	0,18
318877	8324642	0,09	321132	8326192	0,14	321152	8326150	0,14
318873	8324774	0,08	321116	8326144	0,11	321151	8326131	0,18
318867	8324916	0,08	321119	8326180	0,11	321150	8326100	0,28
318859	8325030	0,07	321111	8326218	0,17	321135	8326104	0,29
318854	8325179	0,08	321118	8326255	0,13	321137	8326113	0,3
318858	8325263	0,12	321134	8326227	0,12	321137	8326121	0,3

Tabela 5.1- Continuação

X	Y	$\mu\text{Sv}_h$	X	Y	$\mu\text{Sv}_h$	X	Y	$\mu\text{Sv}_h$
318858	8325270	0,13	321015	8326461	0,1	321166	8326179	0,18
319223	8325569	0,1	320806	8327259	0,24	321194	8326192	0,2
319432	8325605	0,09	320816	8327284	0,27	320912	8333766	0,14
319659	8325727	0,08	320820	8327260	0,2	319905	8332897	0,15
319736	8325677	0,08	310596	8332966	0,12	319643	8332205	0,12
319944	8325693	0,11	310608	8332955	0,11	319849	8331669	0,11
320324	8325773	0,08	311350	8333288	0,12	320279	8330862	0,09
320511	8325814	0,07	311380	8333294	0,12	320578	8330404	0,1
320815	8325865	0,07	311417	8333296	0,13	320895	8329911	0,12
321000	8325909	0,1	315096	8332025	0,09	321430	8329079	0,1
321119	8326013	0,09	315117	8332015	0,07	310715	8332937	0,11
321100	8326020	0,08	324862	8338423	0,13	311982	8332883	0,1
321106	8326045	0,09	324685	8337807	0,09	321201	8334061	0,16
321111	8326027	0,11	324181	8336964	0,09	321601	8334494	0,11
321118	8326041	0,11	323443	8336288	0,12	321134	8326112	0,18
321152	8326107	0,11	322551	8335457	0,12			

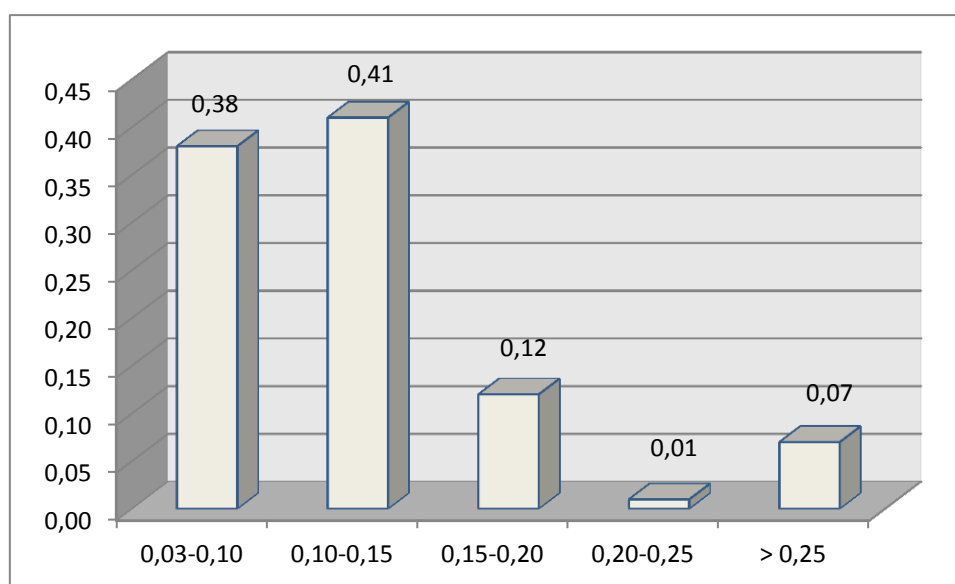


Figura 5.2 - Distribuição de valores da taxa de débito de dose (em  $\mu\text{Sv}/h$ ) obtidos na formação carbonatada da Leba -Tchamalindi. Valores em ordenadas em frequências relativas.

Tabela 5.2 - Valores de alguns parâmetros estatísticos relativos aos dados obtidos na unidade “Calcários dolomíticos - Formação da Leba Tchamalindi”.

Parâmetros Estatísticos	$\mu\text{Sv/h}$
Média	0,13
Mediana	0,11
Desvio padrão	0,06
Mínimo	0,07
Máximo	0,30
Coeficiente de variação	0,44
Nº total de pontos	68

Verifica-se que nesta unidade geológica os valores oscilam entre 0,07 a 0,30  $\mu\text{Sv/h}$ , e cerca de 80% dos valores estão concentrados abaixo dos 0,15  $\mu\text{Sv/h}$ . O valor médio apurado é de 0,13  $\mu\text{Sv/h}$  e o coeficiente de variação é de 44%.

Os valores obtidos no presente estudo em rochas carbonatadas são mais altos que os observados em formações de natureza similar aflorantes na região de Benguela; Chipalavela (2011) refere média de 0,06  $\mu\text{Sv/h}$  e máximo de 0,09  $\mu\text{Sv/h}$  para as formações da Catumbela-Quissonde. Tal facto pode ser explicado por várias razões. Na área cartografada como Formação da Leba ocorrem retalhos (janelas) das unidades inferiores e que ocupam os núcleos de pequenos “horsts” movimentos por eventos posteriores à deposição, mas não cartografáveis à escala da carta usada (1: 1000 000). Estes últimos materiais são de natureza detrítica (arenitos esbranquiçados, siltitos integrando possível composição vulcânica) e são responsáveis por fluxos de radiação gama mais elevados. Assim, as classes de valor mais elevado no presente estudo caracterizam estes litótipos e não a fracção carbonatada. A natureza dolomítica dos calcários da Leba, eventualmente com a presença de uma fase detrítica subordinada na sua composição, poderão ser factores que contribuem para o incremento dos valores. Acresce ainda o facto de medições terem sido a altitudes bem mais elevadas (no caso entre 1600 e 2000 metros) que as anteriores medições efectuadas anteriormente na região de Benguela (à cota do nível do mar), pelo que poderá ser também um factor a puxar os valores para valores mais elevados.

## 5.2 - Rochas detríticas e vulcanoclásticas (Grupo Chela)

Nesta unidade obteve-se 351 pontos de medição e os dados estão expressos na tabela 5.3, o histograma calculado apresenta-se na figura 5.3 e os parâmetros estatísticos da distribuição na tabela 5.4. A maioria dos valores foi obtida nas proximidades do Lubango essencialmente em rochas quartzíticas da actualmente designada Formação da Tundavala (Pereira et al., 2011).

Tabela 5.3 - Valores de taxa de débito de dose em rochas detríticas e vulcanoclásticas (Grupo da Chela). Coordenadas geográficas em metros.

X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h
340009	8347755	0,16	339118	8347331	0,12	337445	8345942	0,08
340031	8347727	0,15	339067	8347330	0,11	337384	8345914	0,1
339967	8347747	0,13	338979	8347300	0,12	337361	8345890	0,09
339956	8347704	0,14	338855	8347187	0,12	337316	8345865	0,08
339935	8347800	0,12	338831	8347108	0,12	337283	8345830	0,07
339888	8347786	0,1	338808	8347062	0,12	337242	8345796	0,07
339857	8347777	0,14	338797	8346975	0,14	337202	8345767	0,07
339825	8347766	0,15	338765	8346918	0,14	337181	8345718	0,09
339777	8347779	0,17	338763	8346862	0,12	337122	8345712	0,08
339747	8347758	0,16	338738	8346819	0,11	337081	8345689	0,08
339768	8347758	0,16	338734	8346770	0,11	337041	8345660	0,07
339755	8347685	0,17	338716	8346735	0,11	336996	8345624	0,07
339768	8347648	0,15	338698	8346676	0,11	336957	8345595	0,08
339800	8347656	0,19	338700	8346604	0,1	336916	8345565	0,1
339821	8347641	0,21	338687	8346557	0,09	336872	8345534	0,11
339845	8347629	0,16	338647	8346521	0,09	336832	8345506	0,09
339945	8347684	0,14	338608	8346521	0,09	336790	8345483	0,09
339962	8347762	0,2	338568	8346465	0,08	336747	8345449	0,08
339952	8347778	0,11	338517	8346446	0,08	336706	8345418	0,08
339921	8347776	0,1	338474	8346434	0,07	336661	8345387	0,07
339899	8347773	0,09	338429	8346410	0,07	336622	8345361	0,07
339859	8347756	0,09	338379	8346395	0,08	336574	8345337	0,08
339819	8347748	0,09	338391	8346334	0,09	336525	8345319	0,08
339780	8347751	0,1	338358	8346305	0,09	336469	8345306	0,09
339736	8347740	0,12	338324	8346345	0,11	336426	8345305	0,09
339703	8347718	0,13	338273	8346363	0,11	336375	8345307	0,08

Tabela 5.3- continuação

X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h
339434	8347565	0,12	338048	8346292	0,08	336131	8345415	0,09
339401	8347499	0,11	337999	8346276	0,07	336100	8345434	0,08
339361	8347444	0,11	337952	8346262	0,07	336031	8345506	0,08
339319	8347391	0,11	337906	8346245	0,09	335989	8345549	0,08
339273	8347381	0,13	337859	8346224	0,09	335958	8345581	0,09
339223	8347354	0,13	337810	8346207	0,09	335931	8345619	0,09
339166	8347350	0,13	337768	8346178	0,09	335908	8345667	0,09
336474	8346628	0,13	337730	8346151	0,08	335873	8345703	0,08
336501	8346654	0,13	337688	8346123	0,07	335846	8345739	0,08
336513	8346667	0,15	337648	8346093	0,07	335818	8345779	0,08
336528	8346689	0,16	337594	8346050	0,08	335875	8345830	0,08
336572	8346742	0,17	337568	8346028	0,09	335752	8345878	0,08
336602	8346793	0,15	337530	8345999	0,07	335777	8345955	0,08
336618	8346839	0,13	337488	8345969	0,08	335813	8345994	0,08
336645	8346923	0,1	333485	8344824	0,08	335846	8346035	0,07
336679	8347010	0,1	333518	8344789	0,08	335885	8346074	0,07
336689	8347082	0,11	333553	8344751	0,08	335919	8346114	0,07
336692	8347115	0,13	333631	8344662	0,08	335958	8346154	0,07
336697	8347164	0,13	333664	8344623	0,08	335988	8346176	0,08
336704	8347216	0,13	333717	8344562	0,08	336050	8346217	0,08
336698	8347254	0,15	333747	8344431	0,08	336098	8346260	0,1
336666	8347294	0,15	333785	8344489	0,07	336116	8346294	0,1
336626	8347351	0,15	333803	8344471	0,07	336171	8346321	0,11
336590	8347417	0,18	333826	8344447	0,07	336226	8346375	0,1
336515	8347476	0,16	333857	8344410	0,08	336243	8346398	0,11
336448	8347524	0,12	333888	8344376	0,08	336287	8346448	0,11
336267	8347635	0,13	333920	8344338	0,08	336314	8346480	0,11
336189	8347664	0,14	333954	8344304	0,07	336353	8346525	0,11
336099	8347694	0,12	333984	8344282	0,07	336443	8346597	0,12
336028	8347721	0,12	334029	8344294	0,09	318883	8323735	0,08
335956	8347748	0,12	334085	8344348	0,09	318890	8323894	0,08
335857	8347799	0,11	334128	8344387	0,1	318883	8324107	0,07
335827	8347812	0,1	334170	8344436	0,09	318885	8324262	0,08
325735	8351391	0,09	334234	8344490	0,09	318878	8324418	0,09
325696	8361312	0,13	334263	8344523	0,09	330074	8325718	0,11
325699	8361312	0,12	334307	8344568	0,09	309035	8334437	0,1
325676	8361261	0,06	334358	8344614	0,09	309062	8334438	0,1
325682	8361170	0,09	334407	8344658	0,07	310509	8334891	0,1

Tabela 5.3- continuação

X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h
325859	8361233	0,14	334482	8344732	0,06	310505	8334500	0,2
325948	8361211	0,15	334514	8344764	0,07	310872	8334572	0,12
325906	8361239	0,16	334559	8344804	0,08	310801	8334822	0,35
325899	8361273	0,13	334600	8344838	0,08	310791	8334834	0,29
325812	8361237	0,22	334658	8344890	0,08	310438	8335045	0,09
326137	8360889	0,18	334699	8344937	0,07	310496	8335013	0,17
326104	8360850	0,11	334741	8344962	0,07	310468	8335022	0,15
326153	8360675	0,07	334790	8345009	0,07	310005	8333786	0,1
326190	8360774	0,12	334838	8345052	0,07	310010	8333753	0,12
326204	8360825	0,11	334897	8345080	0,07	310017	8333731	0,14
327952	8359021	0,11	334940	8345117	0,07	310596	8333746	0,19
327922	8358944	0,13	334993	8345166	0,08	326571	8340618	0,06
328237	8358078	0,15	335020	8345182	0,07	326565	8340606	0,04
328314	8358171	0,17	335059	8345223	0,07	326539	8340579	0,06
332849	8345588	0,08	335112	8345274	0,07	326546	8340528	0,07
332874	8345588	0,08	335156	8345322	0,07	326548	8340491	0,07
332904	8345510	0,08	335211	8345311	0,08	326526	8340471	0,08
332933	8345474	0,08	335253	8345401	0,08	326512	8340457	0,06
332964	8345433	0,07	335304	8345446	0,08	326521	8340437	0,06
332999	8345397	0,07	335367	8345506	0,08	326520	8340418	0,06
333030	8345358	0,07	335885	8345621	0,08	326492	8340456	0,06
333062	8345320	0,07	335538	8345666	0,08	326482	8340494	0,06
333094	8345282	0,07	335585	8345719	0,09	326379	8340580	0,04
333127	8345245	0,07	335602	8345739	0,08	323779	8340595	0,06
333159	8345205	0,06	335641	8345773	0,07	326356	8340593	0,07
333194	8345166	0,09	335680	8345816	0,07	326502	8340621	0,08
333248	8345123	0,1	335716	8345861	0,06	326551	8340644	0,08
333277	8345130	0,1	335730	8345881	0,06	326598	8340626	0,07
333294	8345132	0,09	317796	8323202	0,09	326592	8340640	0,06
333290	8345055	0,08	317792	8323216	0,1	326555	8340780	0,06
333332	8345017	0,12	318224	8323355	0,09	326514	8340783	0,06
333354	8344978	0,11	318395	8323412	0,08	326485	8340745	0,07
333387	8344938	0,11	318580	8323497	0,07	326559	8340748	0,05
333420	8344900	0,1	318757	8323560	0,07	325392	8341981	0,05
333452	8344864	0,09	318829	8323627	0,08	325357	8342011	0,08
321430	8329079	0,1	339279	8341009	0,1	325326	8342027	0,11
321301	8328306	0,09	328682	8340637	0,09	325290	8342044	0,1
320994	8327637	0,11	327460	8340002	0,11	325278	8342035	0,08
328795	8358197	0,22	327022	8339799	0,11	339217	8348912	0,1

Tabela 5.3 – continuação

X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h
327921	8358930	0,24	325687	8339528	0,11	339320	8348923	0,08
326754	8359447	0,2	325599	8339743	0,14	339413	8348922	0,07
326763	8359922	0,18	325881	8340020	0,1	339492	8348926	0,08
326405	8360506	0,21	325375	8340054	0,11	336260	8347115	0,13
326004	8361050	0,21	325267	8340237	0,11	336932	8340330	0,13
325820	8361306	0,15	325452	8339775	0,12	332544	8342814	0,11
325735	8361373	0,09	325398	8339102	0,1	332080	8342434	0,12
330098	8341588	0,11	330844	8341832	0,13	331452	8342034	0,14
339607	8347701	0,13	338234	8346352	0,11	336322	8345314	0,09
339587	8347661	0,14	338189	8346335	0,1	336274	8345334	0,09
339522	8347641	0,14	338141	8346321	0,09	336229	8345358	0,1
339470	8347595	0,12	338092	8346306	0,08	336183	8345383	0,1
325690	8361099	0,09	334446	8344698	0,06	310512	8334498	0,19
328092	8358303	0,21	326307	8339492	0,1	339267	8348917	0,09

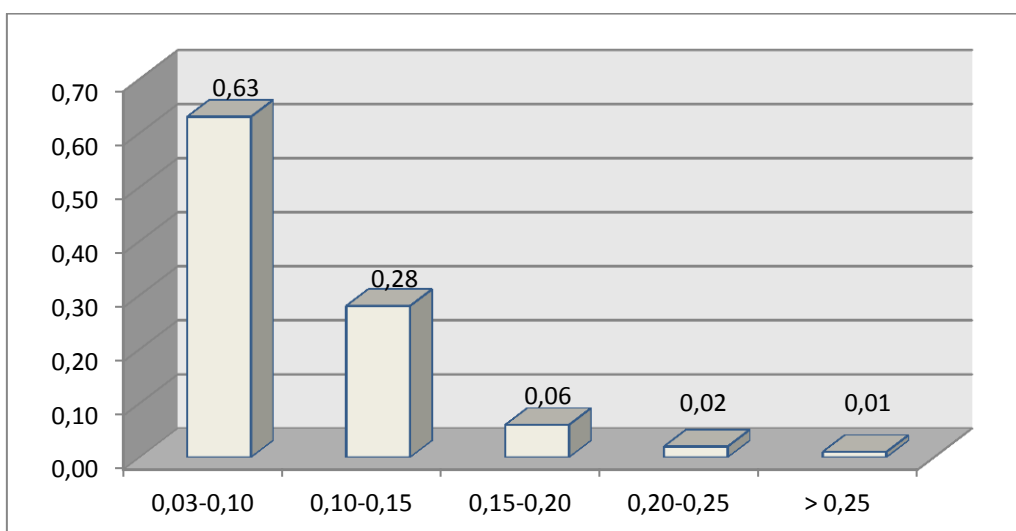


Figura 5.3- Distribuição de valores da taxa de débito de dose (em μSv/h) obtidos na unidade rochas detríticas e vulcanoclásticas (Grupo da Chela).

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).

Parâmetros estatísticos	μSv/h
Média	0,10
Mediana	0,09
Desvio padrão	0,04
Mínimo	0,04
Máximo	0,35
Coefficiente de variação	0,37
Nº total de pontos	351



A concentração dos locais de amostragem na área onde dominam as rochas quartzíticas, em geral emissores de baixos fluxos de emissão gama (Neves et al, 1996), justifica a elevada frequência de valores na classe mais baixa (<0,10  $\mu\text{Sv/h}$ ) que poderão ser, assim, representativos da Formação da Tundavala onde dominam este tipo de rochas.

As taxas mais elevadas concentram-se tendencialmente a NW do Lubango, na estrada entre esta cidade e a designada “fenda da Tundavala”. Cartografia mais recente aponta para que neste sector seja dominante a designada Formação da Humpata (Correia, 1973; Pereira et al., 2011), composta maioritariamente por rochas vulcânicas de natureza riolítica; assim, os valores entre 0,15 e 0,35  $\mu\text{Sv/h}$  devem ser considerados representativos deste tipo de rochas.

### 5.3 - Granito do Caraculo-Bibala

Nesta unidade geológica foram obtidos valores da taxa de débito de dose em 78 locais distintos estando os resultados expressos nas tabelas, 5.5 e 5.6 e na figura 5.4.

Tabela 5.5 – Valores de taxa de débito de dose obtidos em rochas do designado “Granito do Caraculo-Bibala”. Coordenadas geográficas em metros.

X	Y	$\mu\text{Sv/h}$	X	Y	$\mu\text{Sv/h}$	X	Y	$\mu\text{Sv/h}$
300169	8336552	0,07	298271	8335586	0,12	309381	8335401	0,14
298170	8335552	0,16	298426	8335634	0,12	313179	8363974	0,1
295379	8334868	0,13	298426	8335683	0,14	310754	8363550	0,14
295394	8334928	0,14	298463	8335701	0,17	309913	8362907	0,14
290899	8334906	0,1	298532	8335741	0,16	308371	8363039	0,13
290947	8334903	0,2	298546	8335765	0,17	307054	8361566	0,12
290937	8334876	0,3	300913	8335530	0,12	305143	8359843	0,1
290889	8334889	0,18	300947	8336392	0,08	304314	8359008	0,1
290880	8334912	0,23	300977	8336386	0,12	303267	8357657	0,12
285465	8335909	0,09	300962	8336400	0,12	302031	8357166	0,15
285502	8335903	0,12	300936	8336406	0,12	300916	8356312	0,15
285526	8335889	0,14	300933	8336397	0,13	300207	8355450	0,14

Tabela 5.5- continuação

285527	8335928	0,16	306907	8336374	0,09	299552	8354423	0,14
285500	8335943	0,17	306877	8336374	0,08	298151	8354626	0,13
285444	8335946	0,17	306944	8336377	0,1	297548	8355548	0,14
285444	8335931	0,18	309516	8336026	0,1	296688	8355822	0,13
285464	8335922	0,17	309538	8336020	0,11	295214	8355351	0,13
291940	8334868	0,12	309561	8336014	0,12	293972	8355105	0,16
291966	8334861	0,16	309551	8335849	0,24	293994	8355122	0,21
291996	8334866	0,16	309534	8335829	0,23	292811	8354670	0,15
292037	8334876	0,16	309525	8335807	0,2	291869	8354350	0,12
298167	8335530	0,12	309331	8335276	0,2	290832	8353850	0,13
298210	8335524	0,11	309342	8335273	0,16	284867	8336108	0,19
298207	8335554	0,13	309368	8335270	0,14	286066	8335775	0,14
298244	8335573	0,12	309414	8335282	0,1	287610	8335279	0,11
295263	8334921	0,11	298921	8336001	0,25	302876	8335983	0,11

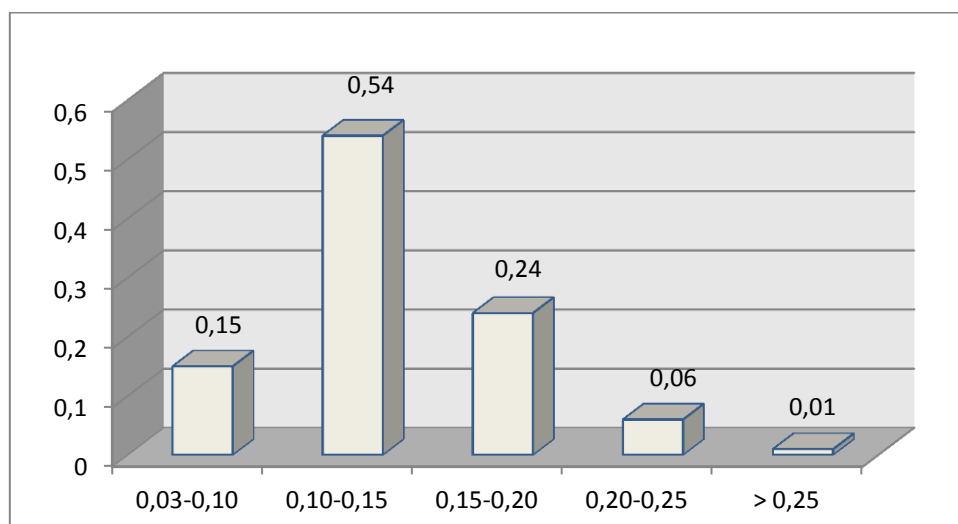


Figura 5.4 - Distribuição de valores da taxa de débito de dose (em  $\mu\text{Sv/h}$ ) obtidas na unidade "Granito do Caraculo-Bibala".

Tabela 5.6 - Valores de alguns parâmetros estatísticos relativos aos dados obtidos na unidade "Granito do Caraculo-Bibala".

Parâmetros estatísticos	$\mu\text{Sv/h}$
Média	0,14
Mediana	0,14
Desvio padrão	0,04
Mínimo	0,07
Máximo	0,30
Coefficiente de variação	0,29
Nº Total de pontos	78

Os valores obtidos dispersam-se no intervalo de variação entre 0,07 e 0,30  $\mu\text{Sv/h}$ , com 0,14  $\mu\text{Sv/h}$  como valor mais frequente. O coeficiente de variação é mais baixo do que nas outras unidades o que revela que os fluxos de radiação gama provenientes das rochas são mais homogêneos do que nos casos anteriores. Destaque também para o facto de nesta unidade 85% dos valores se situarem acima de 0,10  $\mu\text{Sv/h}$  conferindo à unidade um valor médio mais elevado do que obtido nas rochas metassedimentares.

Refira-se que as medições nesta unidade geológica foram efectuadas a cotas inferiores às realizadas nas rochas metassedimentares (< 1000 metros) pelo que o possível efeito da radiação cósmica será também menos acentuado.

#### 5.4 - Dioritos e granodioritos

Nesta unidade geológica apenas foi obtida informação em 12 locais expressando-se os resultados na tabela 5.7, visualizando-se a distribuição dos valores graficamente no histograma exposto na figura 5.5 alguns parâmetros estatísticos básicos apresentam-se na tabela 5.8.

Tabela 5.7- Valores de taxa de débito de dose em dioritos e granodioritos. Coordenadas geográficas em metros.

X	Y	$\mu\text{Sv/h}$
256423	8337442	0,06
256481	8337475	0,08
256453	8337469	0,09
256400	8337459	0,12
246350	8338191	0,10
246307	8338205	0,12
246293	8338165	0,12
246315	8338167	0,12
249557	8337945	0,10
249587	8337938	0,11
249616	8337901	0,10
249585	8337919	0,09

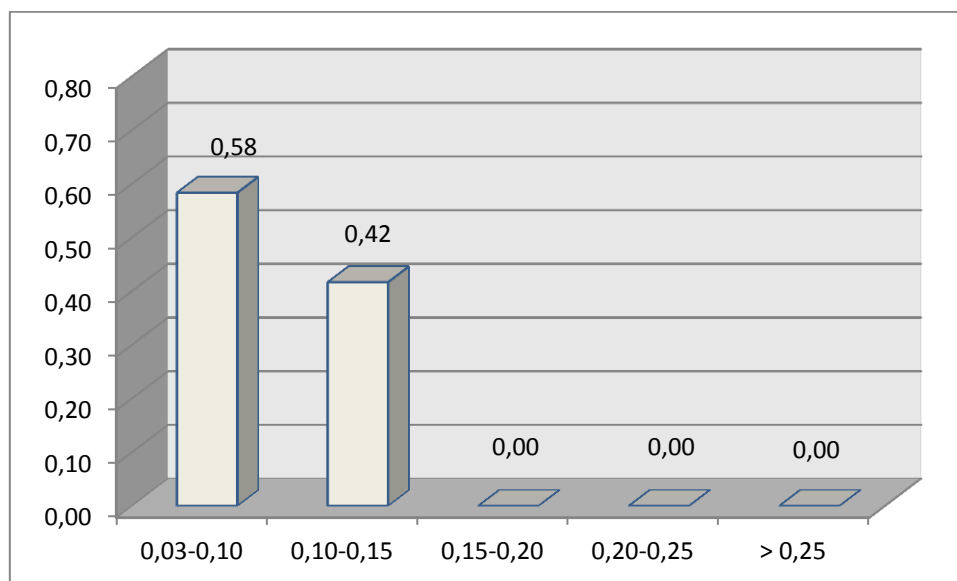


Figura 5.5 - Distribuição de valores da taxa de débito de dose (em  $\mu\text{Sv/h}$ ) obtidos em dioritos e granodioritos.

Tabela 5.8- Valores de alguns parâmetros estatísticos relativos aos dados obtidos em dioritos e granodioritos.

Parâmetros estatísticos	$\mu\text{Sv/h}$
Média	0,10
Mediana	0,10
Desvio padrão	0,02
Mínimo	0,06
Máximo	0,12
Coef. Variação	0,19
Nº total de pontos	12

Como expectável dada a composição intermédia a básica os elementos radioactivos ocorrerão aqui em menores concentrações e, assim, induzindo fluxos de radiação gama mais baixos, similares às rochas metassedimentares carbonatadas. O valor médio apurado foi de  $0,10 \mu\text{Sv/h}$ , variando no estreito intervalo de  $0,06$  e  $0,12 \mu\text{Sv/h}$  (coeficiente de variação de 19%).

### 5.5 - Granitos biotíticos da região central; (Granitos regionais)

Esta unidade foi objecto do maior número de medições em boa parte porque constitui o suporte geológico da área urbana do Lubango. No total foram amostrados 1553 pontos correspondentes a 74% do total dos pontos

obtidos na região em estudo, Os resultados apresentam-se na tabela 5.9 e sintetizam-se no histograma da figura 5.6 e na tabela 5.10 observa-se os dados estatísticos.

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.

X	Y	$\mu\text{Sv/h}$	X	Y	$\mu\text{Sv/h}$	X	Y	$\mu\text{Sv/h}$
335759	8347838	0,09	338019	8351606	0,12	346748	8355013	0,09
335711	8347860	0,1	337960	8351471	0,12	346722	8355000	0,09
344651	8348196	0,09	337970	8351418	0,14	346693	8354987	0,09
344737	8348221	0,08	337980	8351362	0,17	346661	8354967	0,09
344833	8348216	0,07	337990	8351350	0,17	346627	8354945	0,09
344876	8348230	0,07	338007	8351341	0,17	346581	8354911	0,09
344420	8348227	0,05	338040	8351328	0,17	346532	8354881	0,1
345011	8348260	0,07	338020	8351287	0,17	346477	8354846	0,1
345096	8348304	0,07	337997	8351243	0,17	346433	8354826	0,11
345263	8348317	0,06	337981	8351198	0,15	346389	8354805	0,11
345320	8348380	0,06	337987	8351179	0,14	346337	8354783	0,11
345337	8348413	0,08	337980	8351154	0,15	346262	8354766	0,12
345360	8348456	0,1	338028	8350907	0,13	346214	8354747	0,12
345383	8348487	0,1	337994	8350929	0,13	346166	8354728	0,13
345403	8348526	0,1	337961	8350952	0,13	346119	8354708	0,13
345421	8348567	0,1	337928	8350958	0,11	346067	8354678	0,13
345438	8348603	0,1	337905	8350965	0,11	346005	8354655	0,14
345458	8348644	0,1	338519	8349731	0,12	345953	8354633	0,13
345478	8348685	0,11	338544	8349673	0,1	345907	8354612	0,11
345493	8348723	0,12	338559	8349638	0,09	345868	8354598	0,11
345502	8348752	0,12	338585	8349566	0,09	345833	8354578	0,11
345534	8348787	0,08	338628	8349473	0,1	345806	8354567	0,11
345524	8348821	0,07	338655	8349399	0,1	345757	8354552	0,12
345514	8348913	0,07	338675	8349353	0,11	345731	8354543	0,13
345519	8348978	0,08	338698	8349283	0,11	345706	8354531	0,14
345504	8349075	0,08	338735	8349198	0,11	345668	8354517	0,14
345417	8349141	0,06	338759	8349132	0,11	345640	8354506	0,14
345339	8349157	0,05	338788	8349060	0,11	345601	8354493	0,14
345255	8349117	0,05	338817	8348987	0,1	345568	8354481	0,14
345167	8349187	0,06	338834	8348926	0,09	345541	8354472	0,14
345144	8349168	0,07	338860	8348886	0,09	345512	8354455	0,15
345089	8349208	0,09	338931	8348883	0,09	345479	8354444	0,15
345011	8349222	0,07	339027	8348900	0,1	345453	8354422	0,14

Tabela 5.9 – Continuação

X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h
344851	8349255	0,06	339596	8348955	0,11	345376	8354408	0,13
344780	8349271	0,07	339660	8348956	0,14	345346	8354383	0,1
337153	8350084	0,12	339682	8348961	0,16	345309	8354371	0,09
337143	8350117	0,14	339711	8348961	0,16	345272	8354361	0,09
337128	8350193	0,13	339759	8348965	0,15	345232	8354345	0,09
337092	8350262	0,11	339859	8348980	0,11	345204	8354333	0,1
345903	8347229	0,08	339927	8348987	0,11	345163	8354324	0,1
345903	8347209	0,1	340018	8348999	0,1	345111	8354308	0,1
345901	8347186	0,11	340085	8349086	0,1	345077	8354297	0,11
345902	8347169	0,11	340204	8349080	0,06	345042	8354292	0,12
345900	8347146	0,11	340303	8349059	0,07	345005	8354289	0,15
345896	8347126	0,1	340393	8349021	0,07	344969	8354284	0,1
346245	8345346	0,06	340543	8348953	0,05	344923	8354285	0,09
346198	8345321	0,07	340750	8348832	0,07	344865	8354284	0,1
346167	8345279	0,08	340826	8348855	0,07	344826	8354284	0,11
346153	8345269	0,11	340979	8348761	0,06	344732	8354281	0,13
346198	8345271	0,12	341068	8348797	0,06	344674	8354283	0,16
346253	8345251	0,11	341132	8348816	0,07	344634	8354283	0,12
346302	8345267	0,09	341210	8348783	0,07	344594	8354282	0,1
346294	8345304	0,08	341268	8348765	0,09	344550	8354279	0,1
346288	8345342	0,08	341363	8348800	0,08	344468	8354278	0,1
346940	8343517	0,1	335131	8348409	0,16	344401	8354271	0,1
346943	8343477	0,08	335144	8348403	0,17	344345	8354281	0,1
346955	8343455	0,08	335188	8348392	0,15	344289	8354280	0,1
346964	8343437	0,08	335105	8348421	0,14	344220	8354271	0,11
347818	8341088	0,15	335087	8348428	0,16	344153	8354271	0,1
347815	8341052	0,15	335041	8348444	0,14	344093	8354267	0,1
347804	8341028	0,14	335000	8348460	0,14	344024	8354265	0,1
347786	8341060	0,13	334973	8348471	0,13	343941	8354260	0,1
347795	8341096	0,12	334923	8348488	0,12	343895	8354261	0,1
348175	8340115	0,11	334883	8348501	0,11	343864	8354261	0,1
348173	8340089	0,12	334841	8348512	0,11	343827	8354264	0,09
348122	8340047	0,11	334791	8348530	0,12	343707	8354263	0,09
348164	8340064	0,11	334755	8348540	0,12	343752	8354263	0,09
348188	8340072	0,11	334748	8348501	0,11	343716	8354259	0,09
348205	8340073	0,13	334731	8348483	0,1	343687	8354257	0,09
348211	8340056	0,15	334708	8348453	0,1	343663	8354257	0,09
348216	8340041	0,16	334709	8348555	0,09	343624	8354258	0,09
348221	8340027	0,14	334626	8348596	0,08	343586	8354258	0,1

Tabela 5.9 – Continuação

X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h
348319	8339242	0,08	334592	8348671	0,09	343507	8354257	0,1
348310	8339226	0,07	334447	8348693	0,11	343469	8354256	0,1
348313	8339197	0,07	334410	8348711	0,11	343426	8354251	0,1
348326	8339210	0,08	334349	8348748	0,1	343339	8354261	0,11
348328	8339224	0,1	334303	8348769	0,1	343284	8354273	0,1
347475	8338542	0,08	334269	8348791	0,08	343230	8354271	0,09
347488	8338569	0,08	334210	8348829	0,08	343173	8354269	0,09
347498	8338577	0,08	334122	8348817	0,1	343131	8354268	0,09
347551	8338668	0,07	334013	8348788	0,13	343074	8354267	0,1
347552	8338723	0,07	333848	8348824	0,1	343038	8354268	0,1
347551	8338732	0,07	333866	8348820	0,11	342992	8354267	0,11
347567	8338758	0,06	333799	8348859	0,09	342949	8354272	0,1
347507	8338721	0,06	333824	8348831	0,11	342909	8354265	0,1
347487	8338696	0,05	333957	8348853	0,09	342860	8354276	0,09
347546	8338662	0,06	333946	8348902	0,08	342790	8354269	0,09
347571	8338614	0,06	333941	8348942	0,09	342731	8354261	0,1
347551	8338582	0,06	333927	8348994	0,09	342681	8354260	0,1
347509	8338552	0,07	333908	8349069	0,09	342646	8354259	0,09
347474	8338528	0,07	333901	8349093	0,12	342574	8354262	0,09
346929	8338140	0,11	333890	8349147	0,17	342512	8354257	0,08
346897	8338201	0,08	333880	8349189	0,1	342436	8354258	0,08
346864	8338235	0,08	333874	8349207	0,1	342386	8354259	0,08
346812	8338230	0,08	333858	8349272	0,12	342365	8354257	0,08
346812	8338230	0,08	333851	8349313	0,13	342316	8354261	0,08
346798	8338173	0,09	333850	8349322	0,18	342270	8354255	0,08
346835	8338142	0,09	333798	8349395	0,15	342206	8354232	0,08
346865	8338137	0,09	333760	8349435	0,17	342169	8354222	0,08
346905	8338158	0,08	333711	8349479	0,2	342121	8354205	0,08
345810	8337490	0,07	333713	8349497	0,19	342079	8354187	0,07
345796	8337508	0,06	333736	8349546	0,21	342020	8354152	0,07
345777	8337495	0,07	333731	8349557	0,25	341970	8354126	0,08
345796	8337485	0,08	333724	8349564	0,3	341926	8354100	0,09
344858	8336586	0,14	333724	8349564	0,41	341876	8354071	0,12
344868	8336605	0,15	333719	8349571	0,32	341858	8354048	0,11
344887	8336600	0,14	333707	8349562	0,25	341822	8354028	0,12
344868	8336556	0,1	333699	8349573	0,26	341777	8354013	0,12
344907	8336529	0,1	333693	8349564	0,24	341724	8353980	0,11
344658	8336516	0,08	333745	8349551	0,23	341695	8353964	0,11
344651	8336542	0,09	333751	8349551	0,23	341657	8353939	0,12

Tabela 5.9 – Continuação

X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h
344660	8336577	0,1	333732	8349578	0,2	341581	8353894	0,12
344688	8336529	0,11	333720	8349579	0,26	341524	8353859	0,1
343897	8333669	0,09	333747	8349567	0,27	341465	8353825	0,11
343884	8333683	0,09	333804	8349652	0,13	341404	8353790	0,11
343828	8333758	0,07	333874	8349802	0,1	341365	8353761	0,11
343820	8333767	0,07	333939	8349918	0,12	341318	8353731	0,12
343611	8334045	0,08	333990	8349980	0,12	341295	8353711	0,11
343597	8334060	0,08	334031	8350048	0,13	341253	8353686	0,1
343377	8334275	0,09	334657	8353820	0,15	341211	8353658	0,09
343233	8334346	0,09	334770	8353884	0,12	341155	8353641	0,08
343270	8334655	0,09	334847	8353931	0,1	341109	8353616	0,08
343374	8334935	0,1	334953	8353959	0,1	341051	8353582	0,1
343428	8335075	0,13	335038	8353991	0,1	341006	8353562	0,11
343958	8335802	0,13	335066	8353995	0,09	340949	8353523	0,11
344264	8336109	0,13	335124	8354048	0,09	340886	8353492	0,11
345469	8337060	0,12	335227	8354012	0,09	340827	8353460	0,1
345551	8337124	0,11	335345	8354068	0,08	340776	8353438	0,1
345541	8337104	0,08	335896	8354012	0,12	340711	8353403	0,09
345571	8337113	0,08	335453	8353946	0,11	340664	8353373	0,09
346341	8337673	0,1	335514	8353885	0,1	340626	8353355	0,1
346603	8337871	0,12	335603	8353796	0,13	340596	8353342	0,1
346864	8338053	0,11	335689	8353740	0,1	340564	8353322	0,1
346885	8338066	0,11	335747	8353707	0,08	340556	8353314	0,1
347362	8338413	0,09	335801	8353697	0,16	340511	8353278	0,09
347846	8338764	0,17	335887	8353677	0,15	340495	8353245	0,1
347953	8338841	0,14	335918	8353665	0,13	340485	8353216	0,12
348165	8338993	0,12	335946	8353647	0,17	340469	8353175	0,11
347756	8340966	0,1	335980	8353595	0,16	340453	8353133	0,11
347750	8340993	0,1	336015	8353532	0,2	340443	8353103	0,11
347721	8341026	0,11	336033	8353483	0,15	340431	8353067	0,09
347873	8341033	0,1	336088	8353307	0,17	340426	8353026	0,09
347611	8341020	0,1	336095	8353271	0,14	340407	8352995	0,08
347645	8340973	0,1	336084	8353266	0,14	340390	8352961	0,08
347705	8340964	0,09	336098	8353252	0,13	340375	8352927	0,08
347739	8340958	0,09	336098	8353248	0,12	340355	8352876	0,09
347762	8340958	0,09	336097	8353259	0,15	340358	8352856	0,09
337985	8351150	0,15	335995	8353158	0,14	343665	8352853	0,1
338029	8351107	0,16	335997	8353216	0,16	340358	8352836	0,1
338120	8351066	0,13	336109	8353042	0,1	340341	8352796	0,11



Tabela 5.9 – Continuação

X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h
337868	8351012	0,11	336196	8352934	0,19	340299	8352711	0,12
337768	8351041	0,12	336224	8352856	0,19	340286	8352671	0,1
337802	8351011	0,13	336287	8352876	0,18	340263	8352610	0,08
337788	8350974	0,11	336304	8352755	0,13	340251	8352574	0,08
337903	8351007	0,09	333662	8352767	0,09	340236	8352541	0,08
337926	8351016	0,14	336418	8352769	0,12	340224	8352498	0,09
337934	8350949	0,1	336430	8352772	0,14	340210	8352453	0,09
338031	8350897	0,1	336463	8352697	0,11	340195	8352413	0,1
334595	8349559	0,17	336574	8352712	0,11	340184	8352380	0,1
334453	8349160	0,17	336653	8352723	0,12	340172	8352344	0,1
334331	8349456	0,14	336754	8352677	0,12	340152	8352279	0,11
334261	8349388	0,11	336785	8352630	0,18	340142	8352233	0,1
334229	8349366	0,09	336834	8352555	0,12	340139	8352183	0,1
334328	8349415	0,09	336869	8352489	0,17	340129	8352149	0,11
334402	8349344	0,1	336869	8352443	0,2	340126	8352119	0,11
334311	8349328	0,12	336868	8352388	0,17	340121	8352065	0,11
334343	8349237	0,11	336922	8352375	0,17	340114	8352036	0,11
334337	8349260	0,12	336924	8352313	0,17	340103	8352007	0,11
345544	8348303	0,06	336943	8352200	0,09	340102	8351978	0,11
345745	8348281	0,1	336970	8352103	0,09	340100	8351953	0,13
345721	8348291	0,08	336986	8351993	0,16	340100	8351937	0,16
345777	8348210	0,11	336993	8351918	0,14	340094	8351907	0,13
345828	8348121	0,09	337017	8351868	0,14	340087	8351853	0,11
345867	8348035	0,08	337047	8351763	0,14	340093	8351786	0,11
345901	8347944	0,07	337055	8351706	0,14	340088	8351734	0,12
345920	8347862	0,06	337127	8351640	0,18	340086	8351674	0,11
345930	8347746	0,07	337180	8351536	0,11	340086	8351620	0,13
345920	8347585	0,07	337217	8351426	0,12	340081	8351579	0,13
345915	8345915	0,08	337303	8351312	0,12	340048	8351516	0,11
345911	8347439	0,11	337350	8351254	0,12	340005	8351478	0,13
345909	8347376	0,11	337414	8351237	0,13	339970	8351449	0,13
345983	8347263	0,1	337620	8351151	0,12	339919	8351414	0,12
346027	8347283	0,09	337693	8351128	0,11	339894	8351392	0,12
346076	8347304	0,08	339086	8349321	0,08	339861	8351366	0,12
346121	8347326	0,09	339072	8349361	0,08	339814	8351327	0,11
346169	8347345	0,09	339061	8349387	0,09	339777	8351299	0,11
346225	8347369	0,1	339049	8349419	0,1	339741	8351257	0,11
346269	8347385	0,1	339036	8349461	0,1	339698	8351223	0,12
346221	8347405	0,13	339023	8349494	0,11	339646	8351190	0,18

Tabela 5.9 – Continuação

X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h
346447	8347414	0,1	338992	8349564	0,08	339567	8351124	0,11
346503	8347421	0,09	338976	8349600	0,08	339520	8351080	0,11
346558	8347424	0,09	338967	8349630	0,09	339477	8351045	0,11
346679	8347437	0,09	338942	8349688	0,09	339424	8351002	0,11
346778	8347444	0,08	338928	8349732	0,1	339389	8350968	0,11
346886	8347442	0,08	338907	8349778	0,1	339348	8350938	0,11
346987	8347447	0,08	340117	8349644	0,1	339312	8350906	0,11
347075	8347447	0,09	340157	8349642	0,09	339272	8350875	0,11
347148	8347450	0,08	340200	8349645	0,09	339225	8350842	0,11
347312	8347462	0,1	340240	8349643	0,1	339180	8350807	0,12
347312	8347462	0,11	340278	8349640	0,11	339173	8350800	0,09
347363	8347466	0,11	340302	8349644	0,12	339147	8350789	0,09
347353	8347439	0,08	340333	8349643	0,13	339117	8350767	0,1
347644	8347426	0,08	340388	8349638	0,12	339090	8350756	0,1
347737	8347394	0,09	340431	8349627	0,11	339058	8350741	0,12
347806	8347372	0,12	340478	8349611	0,11	339020	8350725	0,13
347861	8347353	0,22	340542	8349594	0,11	338987	8350711	0,12
347901	8347338	0,18	340582	8349574	0,1	338949	8350701	0,12
347973	8347318	0,17	340623	8349569	0,1	338915	8350686	0,15
348008	8347311	0,14	340679	8349562	0,1	338868	8350664	0,18
348066	8347308	0,11	340742	8349559	0,1	338827	8350645	0,12
348148	8347375	0,12	340788	8349552	0,1	338793	8350631	0,13
348225	8347395	0,12	340814	8349550	0,11	338759	8350617	0,12
348278	8347385	0,16	343566	8348510	0,1	338735	8350607	0,11
348332	8347377	0,14	343562	8348482	0,1	338696	8350593	0,11
348379	8347376	0,13	343605	8348461	0,1	338683	8350577	0,14
348472	8347329	0,1	343642	8348455	0,09	338662	8350566	0,13
348520	8347294	0,1	343695	8348448	0,09	338627	8350554	0,13
348583	8347260	0,12	343731	8348445	0,09	338600	8350532	0,1
348668	8347203	0,13	343767	8348444	0,08	338593	8350311	0,11
348760	8347187	0,11	343841	8348438	0,07	338608	8350472	0,1
348856	8347147	0,16	343876	8348438	0,07	338619	8350442	0,1
348900	8347158	0,15	343921	8348431	0,07	338627	8350418	0,12
348946	8347178	0,13	343962	8348432	0,07	338643	8350384	0,12
349019	8347194	0,11	343996	8348420	0,1	338666	8350365	0,13
349042	8347229	0,09	344038	8348407	0,06	338670	8350333	0,12
349101	8347210	0,1	344081	8348403	0,07	338660	8350327	0,11
349124	8347128	0,1	344126	8348405	0,07	338662	8350318	0,11
349117	8347077	0,11	344184	8348417	0,09	338680	8350298	0,1

Tabela 5.9 – Continuação

X	Y	µSv/h	X	Y	µSv/h	X	Y	µSv/h
349085	8346939	0,1	344294	8348409	0,09	338712	8350228	0,1
349114	8346880	0,09	344339	8348405	0,09	338724	8350190	0,12
349126	8346836	0,09	344378	8348401	0,09	338732	8350164	0,12
349081	8346821	0,08	344119	8348398	0,08	338744	8350125	0,12
349043	8346812	0,09	344436	8348395	0,08	338755	8350104	0,13
349135	8346814	0,13	344481	8348399	0,07	338768	8350066	0,12
349148	8346784	0,11	344505	8348370	0,07	338774	8358774	0,12
349180	8346748	0,11	344529	8348358	0,06	338785	8350020	0,11
349201	8346907	0,11	344535	8348333	0,06	338794	8349998	0,11
349198	8346718	0,11	344571	8348326	0,06	338799	8349988	0,13
349188	8346819	0,11	344590	8348304	0,07	338762	8349948	0,14
349166	8347016	0,1	344598	8348266	0,07	338731	8349935	0,22
349282	8347044	0,09	344606	8348237	0,07	338702	8349924	0,17
349330	8347049	0,09	344632	8348211	0,07	338655	8349906	0,17
349376	8347052	0,09	344656	8348197	0,07	338596	8349883	0,14
349424	8347066	0,08	344680	8348186	0,07	338549	8348662	0,14
349470	8347083	0,09	338109	8350111	0,11	338511	8349848	0,12
349534	8347118	0,09	338130	8350108	0,11	338501	8349801	0,11
349565	8347145	0,09	338091	8350177	0,11	338514	8349761	0,11
349600	8347166	0,09	338073	8350239	0,12	338526	8349730	0,1
349636	8347186	0,09	338063	8350282	0,14	338531	8349720	0,09
349671	8347206	0,09	338053	8350300	0,17	338845	8350610	0,1
349706	8347225	0,1	338034	8350326	0,14	338854	8350573	0,1
349736	8347259	0,1	338017	8350367	0,13	338864	8350534	0,11
349771	8347281	0,12	337992	8350398	0,12	338815	8350517	0,12
349808	8347299	0,12	337984	8350397	0,14	338769	8350495	0,13
349848	8347320	0,12	337942	8350396	0,14	338736	8350485	0,14
349883	8347337	0,12	337904	8350373	0,15	338705	8350470	0,14
349926	8347360	0,13	337872	8350363	0,16	338675	8350460	0,14
349964	8347364	0,14	337841	8350355	0,13	338647	8350451	0,13
349995	8347397	0,15	337805	8350345	0,13	338604	8350430	0,12
350030	8347417	0,15	337758	8350318	0,12	338569	8350416	0,12
350068	8347438	0,13	337721	8350306	0,12	338526	8350398	0,12
350101	8347457	0,13	337675	8350293	0,12	338514	8350413	0,12
350137	8347474	0,11	337677	8350253	0,12	338511	8350444	0,13
350269	8347523	0,13	337691	8350205	0,13	338466	8350430	0,13
350335	8347549	0,17	337645	8350270	0,08	338439	8350412	0,13
350372	8347547	0,16	337607	8350256	0,09	334113	8350399	0,13
350377	8347565	0,17	337558	8350243	0,12	338384	8350387	0,12

Tabela 5.9 – Continuação

X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h
350461	8347560	0,14	337464	8350212	0,1	338304	8350333	0,11
350551	8347607	0,12	337427	8350181	0,11	338260	8350296	0,1
350602	8347626	0,12	337382	8350163	0,17	338217	8350269	0,1
350668	8347644	0,12	337362	8350152	0,18	338189	8350265	0,1
350736	8347666	0,12	337297	8350126	0,16	338160	8350249	0,1
350817	8347692	0,1	337264	8350111	0,15	338119	8350224	0,11
350874	8347722	0,1	337235	8350056	0,14	338089	8350213	0,11
350902	8347736	0,09	337216	8350023	0,15	338101	8350096	0,12
350962	8347753	0,09	337207	8350007	0,16	338072	8350087	0,12
351016	8347770	0,09	337195	8349982	0,2	338027	8350068	0,11
351095	8347788	0,09	337141	8349961	0,18	337988	8350053	0,1
351173	8347819	0,09	337110	8349949	0,15	337949	8350039	0,1
351231	8347844	0,09	337067	8349931	0,13	337917	8350024	0,11
351298	8347863	0,12	337006	8349910	0,12	337874	8350043	0,12
351259	8347876	0,11	336948	8349884	0,11	337864	8350072	0,13
351209	8347869	0,09	336898	8349862	0,11	337847	8350105	0,14
351143	8347854	0,09	336858	8349845	0,11	337832	8350144	0,13
351092	8347830	0,09	336806	8349821	0,12	337814	8350185	0,12
351057	8347799	0,08	336761	8349807	0,12	337800	8350211	0,12
351023	8347783	0,08	336722	8349786	0,13	337763	8350208	0,12
350973	8347791	0,08	336676	8349775	0,14	337702	8350197	0,12
350917	8347788	0,08	336639	8349766	0,14	337677	8350174	0,09
350870	8347771	0,08	336592	8349747	0,13	337627	8350156	0,1
350818	8347745	0,1	336545	8349740	0,12	337592	8350146	0,1
342263	8348828	0,11	336523	8349711	0,12	337569	8350137	0,11
342825	8348710	0,07	336469	8349690	0,13	337530	8350122	0,11
342354	8348662	0,07	336413	8349667	0,14	337497	8350112	0,11
342394	8348595	0,09	336357	8349641	0,14	337466	8350093	0,11
342413	8348563	0,11	336312	8349624	0,17	337427	8350077	0,1
342444	8348507	0,13	336297	8349616	0,19	337387	8350058	0,11
342481	8348553	0,13	336285	8349635	0,18	337349	8350043	0,13
342530	8348386	0,12	336273	8349672	0,16	337320	8350035	0,13
342588	8348344	0,11	336243	8349732	0,14	337300	8350033	0,14
342626	8348289	0,1	336264	8349703	0,13	336850	8348021	0,16
342669	8348217	0,12	336280	8349672	0,13	336862	8348060	0,12
342726	8348174	0,09	336287	8349650	0,13	336870	8348105	0,1
342761	8348133	0,09	336297	8349626	0,12	336884	8358145	0,1
342834	8348031	0,11	336262	8349598	0,11	336893	8348184	0,1
342887	8347984	0,11	336192	8349573	0,12	336906	8348228	0,11

Tabela 5.9 – Continuação

X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h
342976	8347744	0,11	336099	8349527	0,09	336917	8348285	0,13
342989	8347655	0,11	336061	8349515	0,09	336945	8348370	0,12
347588	8347588	0,1	336027	8349499	0,11	336959	8348418	0,12
342973	8347533	0,09	335951	8349444	0,18	336966	8348446	0,12
343020	8347500	0,1	335912	8349408	0,19	336976	8348494	0,12
343063	8347497	0,1	335890	8349390	0,18	336987	8348530	0,11
343113	8347562	0,1	335864	8349364	0,16	336997	8348573	0,11
343150	8347583	0,09	335823	8349322	0,17	337005	8348610	0,11
343223	8347618	0,07	335784	8349282	0,21	337020	8348650	0,11
343310	8347634	0,07	335757	8349255	0,19	337030	8348696	0,11
343392	8347636	0,07	335734	8349230	0,18	337043	8348738	0,13
343454	8347644	0,08	335711	8349206	0,13	337052	8348776	0,13
343527	8347670	0,09	335624	8349134	0,14	337058	8348807	0,14
343616	8347665	0,1	335579	8349142	0,16	337066	8348828	0,15
343704	8347662	0,09	335544	8349193	0,11	337077	8348875	0,15
343772	8347685	0,09	335447	8349231	0,1	337091	8348922	0,13
343847	8347739	0,09	335393	8349270	0,11	337099	8348956	0,13
343913	8347720	0,09	335345	8349285	0,11	337108	8348986	0,13
343982	8347726	0,09	335258	8349301	0,14	337116	8349014	0,11
344044	8347723	0,08	335208	8349312	0,14	337113	8349060	0,11
344114	8347720	0,08	335141	8349330	0,14	337106	8349090	0,11
344169	8347717	0,08	335092	8349350	0,13	337074	8349110	0,1
344215	8347713	0,07	335068	8349363	0,13	337039	8349132	0,1
344255	8347718	0,06	335030	8349376	0,14	337020	8349159	0,1
344335	8347732	0,07	334962	8349405	0,13	337011	8349199	0,1
344386	8347744	0,09	334911	8349429	0,14	337003	8349231	0,09
344443	8347765	0,11	334860	8349448	0,12	336994	8349263	0,09
344529	8347796	0,11	334819	8349465	0,12	336955	8349268	0,09
344602	8347814	0,1	334770	8349484	0,11	336923	8349269	0,08
344640	8347824	0,1	334712	8349513	0,11	336887	8349287	0,08
344711	8347842	0,1	334668	8349541	0,13	336835	8349297	0,11
344797	8347865	0,11	334617	8349600	0,13	336795	8349293	0,11
344839	8347866	0,11	334587	8349655	0,13	336764	8349277	0,11
344900	8347869	0,09	334552	8349724	0,14	336766	8349248	0,12
344952	8347871	0,08	334520	8349783	0,16	336773	8349225	0,12
344997	8347873	0,08	334506	8349809	0,14	336758	8349210	0,13
345052	8347888	0,08	334438	8349865	0,11	336741	8349202	0,14
345100	8347890	0,1	334379	8349904	0,12	336722	8349187	0,13
345193	8347904	0,11	334330	8349935	0,12	336700	8349175	0,12

Tabela 5.9 – Continuação

X	Y	µSv/h	X	Y	µSv/h	X	Y	µSv/h
345118	8347914	0,12	334254	8349984	0,14	337464	8350351	0,12
345249	8344723	0,11	334200	8350017	0,15	337422	8350403	0,11
345259	8347947	0,12	334174	8350036	0,17	337400	8350447	0,11
345249	8347990	0,12	334134	8350061	0,17	337356	8350461	0,12
345237	8348009	0,11	334082	8350096	0,18	337404	8350398	0,13
345210	8348057	0,12	334035	8350129	0,17	337375	8350384	0,13
345183	8348099	0,12	333982	8350164	0,17	337346	8350373	0,13
345133	8348045	0,09	333953	8350181	0,18	337312	8350359	0,12
345098	8348049	0,08	333922	8350202	0,19	337274	8350350	0,11
345068	8348079	0,08	333885	8350230	0,18	337256	8350382	0,1
345036	8348096	0,07	333846	8350247	0,16	337232	8350421	0,1
344992	8348112	0,07	333804	8350273	0,16	337215	8350456	0,1
344942	8348141	0,09	333754	8350305	0,16	337196	8350473	0,11
344895	8348163	0,09	333708	8350337	0,16	337160	8350477	0,11
344855	8348168	0,08	333666	8350363	0,18	337114	8350483	0,11
344809	8348165	0,08	333613	8350438	0,17	337088	8350519	0,1
344770	8348150	0,08	333598	8350487	0,15	337065	8350551	0,09
344716	8348135	0,08	333580	8350531	0,15	337054	8350568	0,09
344685	8348139	0,09	333572	8350571	0,15	337027	8350597	0,1
344648	8348155	0,1	333528	8350572	0,17	337016	8350628	0,11
344633	8348160	0,1	333502	8350578	0,18	337008	8350658	0,11
344650	8348165	0,11	333485	8350604	0,16	337019	8350690	0,12
344664	8348163	0,1	333466	8350640	0,15	337044	8350714	0,12
344679	8348182	0,1	333428	8350641	0,16	337061	8350732	0,15
337741	8351052	0,14	333383	8350639	0,16	337068	8350745	0,15
337723	8351099	0,13	333338	8350666	0,17	337083	8350753	0,14
337726	8351151	0,13	333311	8350685	0,18	337109	8350762	0,14
337705	8351194	0,13	333264	8350676	0,19	337107	8350796	0,13
337710	8351184	0,16	333238	8350673	0,19	337123	8350817	0,13
344537	8349343	0,07	333211	8350671	0,2	337157	8350839	0,13
344457	8349355	0,07	333182	8350664	0,21	337181	8350845	0,13
344410	8349372	0,07	333147	8350659	0,2	337198	8350844	0,13
344361	8349382	0,07	333112	8350656	0,19	337225	8350849	0,13
344276	8349399	0,09	333077	8350649	0,17	337256	8350857	0,14
344182	8349412	0,08	333039	8350641	0,17	337274	8350872	0,14
344034	8349446	0,09	333004	8350641	0,2	337293	8350894	0,14
344112	8349422	0,09	332986	8350637	0,23	337314	8350916	0,14
343936	8349454	0,09	332973	8350632	0,22	337342	8350946	0,14
343813	8349480	0,08	332941	8350624	0,22	337367	8350937	0,12

Tabela 5.9 – Continuação

X	Y	µSv/h	X	Y	µSv/h	X	Y	µSv/h
343443	8349497	0,08	332873	8350600	0,21	337416	8350907	0,11
343358	8349499	0,08	332841	8350588	0,19	337452	8350909	0,11
343271	8349499	0,08	332803	8350567	0,16	337475	8350911	0,11
343022	8349511	0,12	332771	8350555	0,15	337507	8350914	0,12
342940	8349520	0,1	332750	8350547	0,15	337529	8350912	0,15
342868	8349514	0,1	332711	8350536	0,17	337538	8350889	0,15
342651	8349523	0,09	332682	8350533	0,17	337560	8350858	0,15
342574	8349524	0,08	332670	8350530	0,18	337575	8350825	0,13
342488	8349531	0,08	332653	8350532	0,18	337590	8350812	0,13
342401	8349531	0,12	332646	8350520	0,18	337624	8350824	0,12
342313	8349537	0,15	332644	8350497	0,28	337655	8350844	0,12
342273	8349539	0,14	332654	8350479	0,22	337692	8350864	0,11
342233	8349536	0,13	332621	8350458	0,19	337715	8350882	0,11
342136	8349553	0,1	332614	8350444	0,2	337718	8350904	0,11
342127	8349616	0,1	332635	8350429	0,25	337726	8350925	0,11
342118	8349655	0,11	332645	8350419	0,25	337741	8350946	0,12
342111	8349700	0,13	332667	8350400	0,2	337755	8350956	0,13
342112	8349741	0,14	332697	8350406	0,18	337769	8350971	0,15
342107	8349789	0,14	332694	8350388	0,17	337792	8350981	0,14
342088	8349825	0,14	332673	8350386	0,21	337236	8349184	0,08
342073	8349881	0,13	332660	8350392	0,3	337193	8349156	0,1
342070	8349907	0,14	332634	8350395	0,28	337148	8349103	0,11
342062	8349938	0,13	332629	8350385	0,28	336947	8349436	0,11
342048	8349971	0,15	332625	8350373	0,28	336905	8349550	0,13
342015	8350007	0,13	332628	8350363	0,26	336818	8349647	0,14
341988	8350043	0,12	332644	8350355	0,26	336622	8349742	0,14
341909	8350103	0,11	332643	8350355	0,27	336390	8349645	0,15
341854	8350127	0,12	332654	8350359	0,24	336099	8349528	0,18
341818	8350125	0,15	332702	8350384	0,25	336033	8349396	0,17
341804	8350133	0,16	332743	8350414	0,23	336062	8349353	0,21
341802	8350158	0,14	332784	8350416	0,2	336078	8349325	0,18
341761	8350186	0,14	332834	8350439	0,13	336130	8349230	0,15
341725	8350229	0,14	332884	8350442	0,18	336048	8349453	0,15
341686	8350275	0,12	332893	8350409	0,2	334035	8350081	0,19
341624	8350345	0,12	332870	8350393	0,23	333989	8349997	0,14
341575	8350399	0,11	332867	8350386	0,41	333922	8349894	0,14
341537	8350458	0,11	332878	8350383	0,32	333842	8349729	0,15
341492	8350518	0,14	332898	8350373	0,28	333788	8349618	0,13
341425	8350593	0,11	332907	8350367	0,26	333641	8349501	0,13

Tabela 5.9 – Continuação

X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h
341219	8350685	0,08	332935	8350388	0,24	333546	8349399	0,13
341138	8350721	0,08	332935	8350404	0,24	333506	8349334	0,14
341079	8350762	0,09	332949	8350423	0,25	333453	8349241	0,17
341028	8350869	0,09	332995	8350456	0,22	333400	8349151	0,16
341028	8350869	0,09	333036	8350460	0,2	333365	8349097	0,17
340984	8350943	0,09	333103	8350465	0,2	333338	8349074	0,19
340950	8351002	0,1	333134	8350486	0,19	333301	8349090	0,19
340917	8351056	0,1	333167	8350536	0,18	333348	8349205	0,19
340892	8351101	0,1	333237	8350579	0,19	333392	8349268	0,19
340878	8351123	0,11	333303	8350612	0,19	333459	8349386	0,17
340878	8351177	0,11	336017	8349432	0,12	333773	8349817	0,16
340794	8351235	0,12	336032	8349400	0,13	333559	8349818	0,16
340760	8351290	0,12	336061	8349358	0,14	333477	8349798	0,16
340751	8351368	0,11	336071	8349340	0,13	333298	8349724	0,15
340704	8351438	0,12	336098	8349298	0,13	333136	8349681	0,13
340637	8351462	0,11	336118	8349264	0,11	332958	8349612	0,15
340574	8351524	0,11	336131	8349202	0,11	332759	8349521	0,15
340504	8351569	0,11	336154	8349179	0,12	332618	8349439	0,14
340459	8351655	0,12	336159	8349159	0,19	332418	8349347	0,14
340371	8351738	0,12	336150	8349150	0,18	332378	8349315	0,1
340284	8351779	0,11	336125	8349125	0,12	333338	8349074	0,19
340208	8351817	0,11	336092	8349095	0,11	336251	8347845	0,15
340145	8351845	0,12	336142	8349052	0,12	336676	8347764	0,14
340053	8351921	0,12	336156	8349014	0,12	336889	8348178	0,14
340025	8351947	0,11	336173	8349001	0,13	337066	8348849	0,15
339992	8351972	0,12	336199	8348994	0,1	337041	8349677	0,15
339967	8351990	0,11	336240	8349006	0,09	337332	8349789	0,15
339909	8352037	0,1	336309	8349002	0,11	337723	8349562	0,13
339865	8352077	0,1	336312	8348984	0,13	338073	8349661	0,11
339797	8352130	0,1	336323	8349023	0,14	338407	8349793	0,11
339775	8352147	0,1	336354	8349037	0,14	341226	8349266	0,14
339745	8352173	0,09	336354	8349037	0,14	341157	8349262	0,11
339691	8352219	0,1	336384	8349085	0,13	341181	8349441	0,11
339634	8352260	0,09	336435	8349114	0,13	341637	8349456	0,1
339604	8352289	0,09	336479	8349141	0,11	342335	8349483	0,09
339545	8352334	0,08	336496	8349148	0,07	337818	8350184	0,1
339476	8352391	0,07	336544	8349172	0,07	337699	8350199	0,13
339407	8352475	0,09	336568	8359133	0,08	337337	8349797	0,13
339353	8352554	0,09	336581	8349123	0,1	337109	8349670	0,13



Tabela 5.9 – Continuação

X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h
339267	8352662	0,1	336606	8349051	0,11	331776	8349553	0,14
339212	8352740	0,1	336637	8349061	0,11	337250	8349426	0,12
339149	8352826	0,08	336675	8349077	0,11	333724	8349347	0,11
339109	8352881	0,06	336727	8349103	0,1	337207	8349284	0,08
339037	8352982	0,05	336788	8349082	0,1	337174	8349226	0,1
338991	8353044	0,05	336799	8349073	0,1	337070	8348876	0,11
338959	8353123	0,07	336827	8349093	0,11	336977	8348525	0,12
338934	8353206	0,08	336866	8349100	0,11	336865	8348109	0,12
338876	8353212	0,09	336913	8349069	0,12	336824	8347941	0,13
338819	8353217	0,1	336948	8349070	0,14	336892	8347855	0,14
338760	8353225	0,09	336970	8349057	0,13	337047	8347852	0,14
338728	8353227	0,09	336993	8349078	0,12	337251	8347794	0,1
338694	8353231	0,09	336999	8349091	0,12	337146	8347833	0,16
338659	8353232	0,09	336964	8349144	0,1	335873	8347923	0,15
338634	8353234	0,09	347791	8355023	0,09	335750	8348320	0,14
338575	8353239	0,1	347767	8355056	0,08	335576	8348680	0,15
338505	8353245	0,11	347747	8355097	0,08	336094	8349553	0,12
338422	8353256	0,1	347733	8355136	0,08	332654	8350347	0,25
338344	8353269	0,11	347713	8355172	0,08	332626	8350384	0,26
338272	8353248	0,1	347695	8355204	0,09	332630	8350385	0,25
338283	8353210	0,09	347674	8355236	0,09	332660	8350387	0,28
338147	8353171	0,09	347654	8355270	0,09	332737	8350415	0,19
338134	8353106	0,09	347635	8355299	0,09	332782	8350423	0,17
338141	8353038	0,12	347612	8355337	0,09	332805	8350450	0,16
338142	8352976	0,13	347584	8355381	0,09	333103	8350652	0,15
338145	8352918	0,09	347573	8355408	0,11	333328	8350669	0,19
338139	8352857	0,08	347549	8355450	0,11	333525	8350557	0,21
339113	8352816	0,09	347529	8355447	0,11	333881	8351279	0,17
338139	8352755	0,11	347471	8355424	0,11	334267	8351882	0,15
338149	8352659	0,1	347419	8355403	0,1	334600	8352421	0,15
338149	8352576	0,09	347380	8355386	0,09	334729	8353134	0,15
338156	8352471	0,09	347340	8355359	0,1	334337	8354026	0,14
338151	8352346	0,09	347304	8355336	0,11	333908	8354488	0,17
338159	8352267	0,09	347265	8355312	0,11	333419	8354987	0,2
338160	8352181	0,1	347225	8355293	0,13	333302	8355961	0,17
348170	8342115	0,1	347188	8355273	0,13	333052	8356439	0,18
348171	8342049	0,1	347163	8355261	0,12	332642	8357213	0,22
348173	8341917	0,16	347136	8355243	0,11	331604	8358137	0,18
338179	8351755	0,12	347098	8355222	0,1	331092	8358256	0,18

Tabela 5.9 – Continuação

X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h	X	Y	μSv/h
338070	8351685	0,11	347033	8355187	0,09	328795	8358197	0,22
337988	8351563	0,13	346997	8355166	0,09	346899	8355105	0,08
338118	8351731	0,1	347069	8355207	0,1	330092	8358134	0,22
346818	8355057	0,09	346960	8355141	0,08	346861	8355082	0,09
344926	8349241	0,06	339596	8348944	0,11	345417	8354422	0,13
348318	8339261	0,09	334550	8348638	0,07	343545	8354258	0,1
344653	8336555	0,11	333745	8349565	0,23	341634	8353926	0,13
337921	8350998	0,12	336137	8352975	0,18	340315	8352758	0,11
346388	8347410	0,11	339015	8349514	0,11	339611	8351166	0,18
349106	8347008	0,11	344233	8348412	0,09	338691	8350278	0,09
350397	8347551	0,15	337512	8350222	0,13	338337	8350354	0,11
342931	8347862	0,11	336165	8349563	0,13	336911	8348265	0,12
345173	8347890	0,1	334291	8349961	0,13	337469	8350305	0,13
343718	8349493	0,09	332904	8350610	0,23	337388	8350922	0,12
341334	8350640	0,09	332932	8350366	0,27	333579	8349452	0,13
339384	8352614	0,1	336583	8349090	0,1	337138	8349617	0,13
34676	8355029	0,09	346929	8355123	0,08			

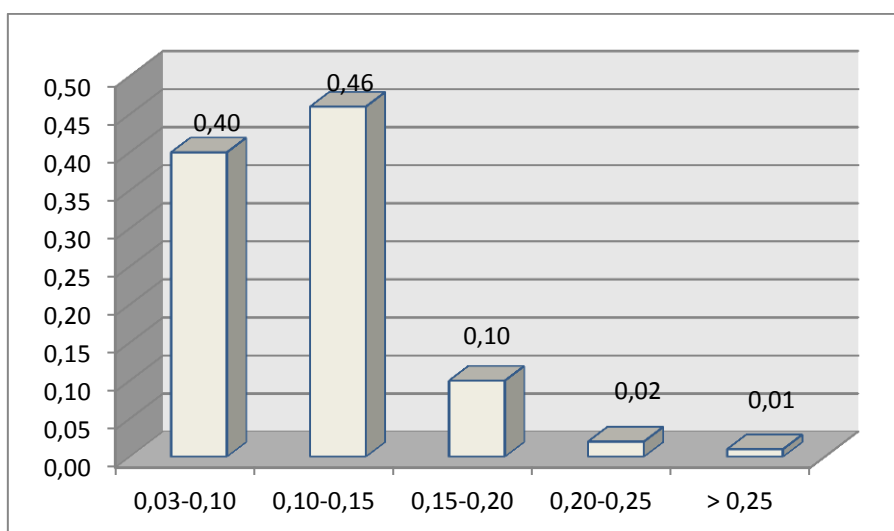


Figura 5.6- Distribuição de valores da taxa de débito de dose (em μSv/h) obtidas na unidade “Granitos biotíticos da região central”.

Tabela 5.10- Valores de alguns parâmetros estatísticos relativos aos dados obtidos nos granitos biotíticos da região central.

Parâmetros estatísticos	$\mu\text{Sv/h}$
Média	0,12
Mediana	0,11
Desv. Padrão	0,04
Mínimo	0,05
Máximo	0,41
Coef. Variação	0,33
Nº total de pontos	1553

Os valores apurados variam entre 0,05  $\mu\text{Sv/h}$  e 0,41  $\mu\text{Sv/h}$ , a média é de 0,12  $\mu\text{Sv/h}$ , a mediana é similar (0,11  $\mu\text{Sv/h}$ ). A variabilidade nos dados obtidos é patente também no coeficiente de variação (41%). A grande maioria dos valores da taxa de débito de dose insere-se nas classes de menor valor (<0,15  $\mu\text{Sv/h}$ ) integrando-se aqui 86% do total de pontos medidos.

Contudo, observando a distribuição espacial dos valores de uma forma mais detalhada sob a área do Lubango (ver figura 5.7), conclui-se que o grupo dos pontos com valores mais elevados mostra uma clara tendência para ocorrerem próximo do contacto com as rochas do Grupo Chela, observando-se ao longo da estrada Lubango-Tundavala. Como já referido no Capítulo 3 (enquadramento geológico) na cartografia mais recente, não disponível na altura em que decorreram os trabalhos de campo, esse sector é hoje assumido como uma fácies diferente dos designados granitos biotíticos. Ao contrário destes, a rocha em questão não apresenta deformação (tardi-tectónica), é de grão mais grosseiro, biotítico e de cor rósea, com evidências de ligeira episienitização, sendo designado como o Granito da Chela (Pereira et al., 2011). Foi sobre este granito que foram encontradas as taxas de dose mais elevadas no presente estudo o que sugere a hipótese de os fenómenos de alteração metassomática poderem ter produzido uma remobilização dos elementos radioactivos, provavelmente o urânio.

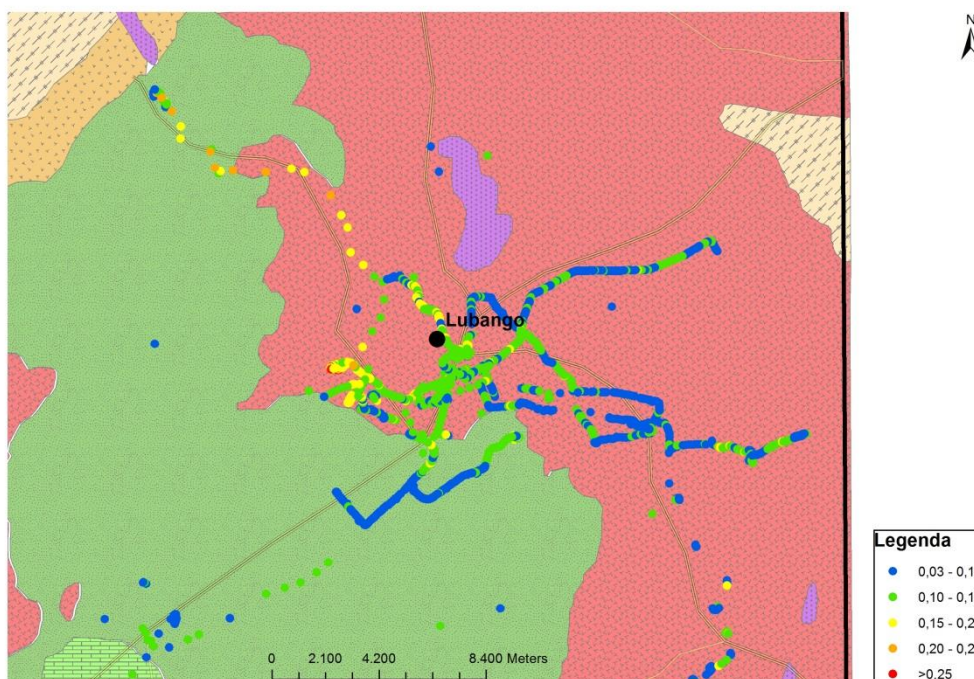


Figura 5.7 – Distribuição espacial dos valores das taxas de débito de dose (em  $\mu\text{Sv/h}$ ) na região urbana do Lubango e envolvente próxima.

### 5.6 - Complexo gnaisso – migmatítico - granítico

Quanta a esta unidade geológica os resultados relativos a 21 medições estão reflectidos nas tabelas 5.11 e 5.12 e na figura 5.8

Tabela 5.11 – Valores de taxa de débito de dose obtidos em rochas de complexo gnaisso-migmatítico-granítico. Coordenadas geográficas em metros.

X	Y	$\mu\text{Sv/h}$	X	Y	$\mu\text{Sv/h}$
329421	8371255	0,15	318449	8369011	0,11
328655	8371430	0,15	316959	8367606	0,12
327721	8371552	0,14	315756	8365896	0,13
326898	8370930	0,13	314516	8364635	0,13
326134	8370122	0,13	289013	8353271	0,13
325026	8368927	0,14	288115	8352496	0,12
324183	8368227	0,13	287665	8351502	0,09
322821	8367390	0,11	286053	8349437	0,10
322002	8368081	0,10	284887	8348205	0,11
321117	8368600	0,10	283035	8346417	0,11
320134	8369230	0,12			

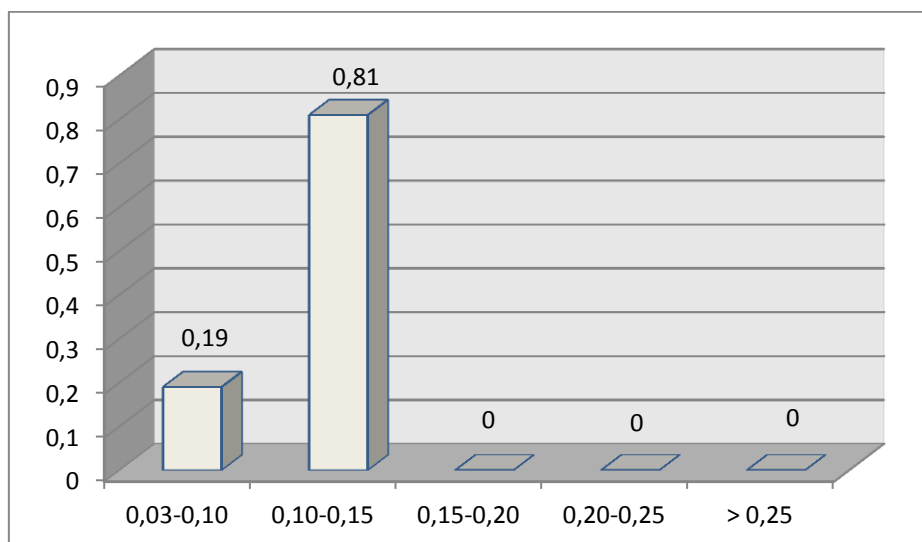


Figura 5.8- Distribuição dos valores da taxa de débito de dose (em  $\mu\text{Sv/h}$ ) obtidos no Complexo gnaisso – migmatítico - granítico.

Tabela 5.12 Valores de alguns parâmetros estatísticos relativos aos dados obtidos na unidade Complexo gnaisso – migmatítico - granítico.

Parâmetros estatísticos	$\mu\text{Sv/h}$
Média	0,12
Mediana	0,12
Desv. Padrão	0,02
Mínimo	0,09
Máximo	0,15
Coef. Variação	0,14
Nº Total de pontos	21

Nesta unidade obteve-se como valor mínimo 0,09  $\mu\text{Sv/h}$  e máximo de 0,15  $\mu\text{Sv/h}$ ; o desvio padrão é igual a que se obteve na unidade dioritos e granodioritos, correspondente a 0,02  $\mu\text{Sv/h}$  (ver tabela 5.15).

Apesar de esta unidade ser litologicamente um pouco variada, composta por gneisses, migmatitos e granitos, esta variabilidade parece não reflectir-se nos valores da taxa de débitos de dose, com valores distribuídos num curto intervalo de variação.

### 5.7- Complexo Xisto – Quartzito – Anfibolítico

Os resultados obtidos nesta unidade, em 10 pontos distintos, estão sintetizados nas tabelas 5.13 e 5.14 e na figura 5.9.

Tabela 5.13 – Valores de taxa de débito de dose obtidos em rochas do Complexo Xisto – Quartzítico - Anfibolítico. Coordenadas geográficas em metros.

X	Y	$\mu\text{Sv/h}$
280515	8335948	0,08
280543	8335957	0,07
280526	8335979	0,06
280499	8335971	0,05
280498	8335959	0,05
268849	8336254	0,04
268539	8336234	0,05
268564	8336244	0,06
268526	8336265	0,08
268490	8336274	0,09

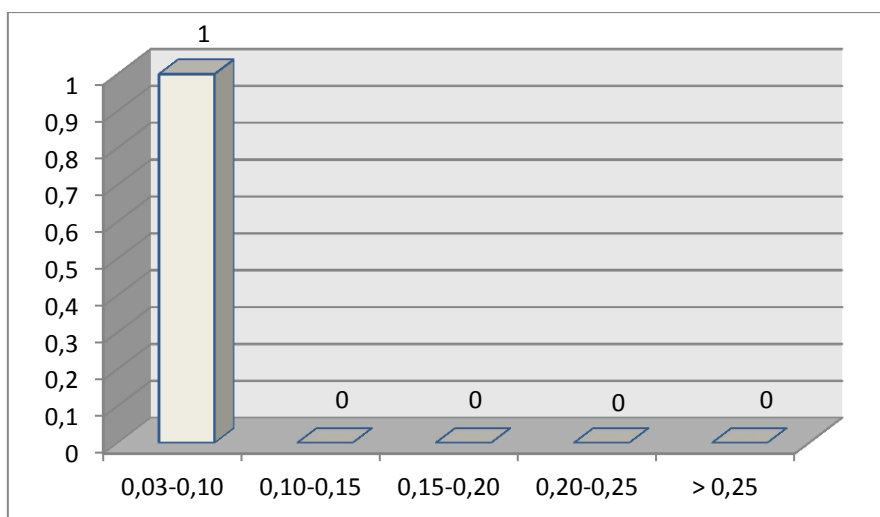


Figura 5.9- Distribuição dos valores da taxa de débito de dose (em  $\mu\text{Sv/h}$ ) obtidos na unidade Complexo Xisto – quartzito - anfibolítico.

Tabela 5.14- Valores de alguns parâmetros estatísticos relativos aos dados obtidos na unidade Complexo Xisto – quartzito – anfibolítico.

Parâmetros estatísticos	$\mu\text{Sv/h}$
Média	0,06
Mediana	0,06
Desv. Padrão	0,02
Mínimo	0,04
Máximo	0,09
Coef. Variação	0,26
Nº Total de pontos	10

Na unidade em referência nota-se que todos dos valores estão concentrados entre 0,03  $\mu\text{Sv/h}$  a 0,10  $\mu\text{Sv/h}$ , cujo valor mínimo é 0,04  $\mu\text{Sv/h}$  e o máximo 0,09  $\mu\text{Sv/h}$ . A média é de 0,06  $\mu\text{Sv/h}$ , o que faz que esta unidade apresente os valores mais baixos de todo o conjunto amostrado. Os valores serão provavelmente equivalentes à da formação carbonatada da Leba podendo para os valores mais altos nesta última unidade contribuir, eventualmente, a maior altitude a que estas rochas se encontram, (diferença de ca. 1300 metros).

Na tabela 5.15 comparam-se os valores médios obtidos em todas as unidades geológicas que foram objecto de avaliação da taxa de débito de dose no presente estudo.

Tabela 5.15- Valores de alguns parâmetros estatísticos em ( $\mu\text{Sv/h}$ ) relativo ao conjunto de dados obtidos na região do Lubango. Formação da Leba-Tchamalindi (PAL); Grupo Chela (PACh); Granito do Caraculo-Bibala (PyC); dioritos e granodioritos (P0); granitos biotíticos da região central (granitos regionais - PCy); Complexo gneisso-migmatítico-granítico (Pgy); Complexo xisto-quartzítico-anfibolítico (Pq).

Parâmetros estatísticos	P0	PACh	PAL	PCy	Pgy	Pq	PyC
Média	0,10	0,10	0,13	0,12	0,12	0,06	0,14
Mediana	0,10	0,09	0,11	0,11	0,12	0,06	0,14
Desv. Padrão	0,02	0,04	0,06	0,04	0,02	0,02	0,04
Mínimo	0,06	0,04	0,07	0,05	0,09	0,04	0,07
Máximo	0,12	0,35	0,30	0,41	0,15	0,09	0,3
Coef. Variação	0,19	0,37	0,44	0,33	0,14	0,26	0,29
Nº de pontos	12	351	68	1553	21	10	78

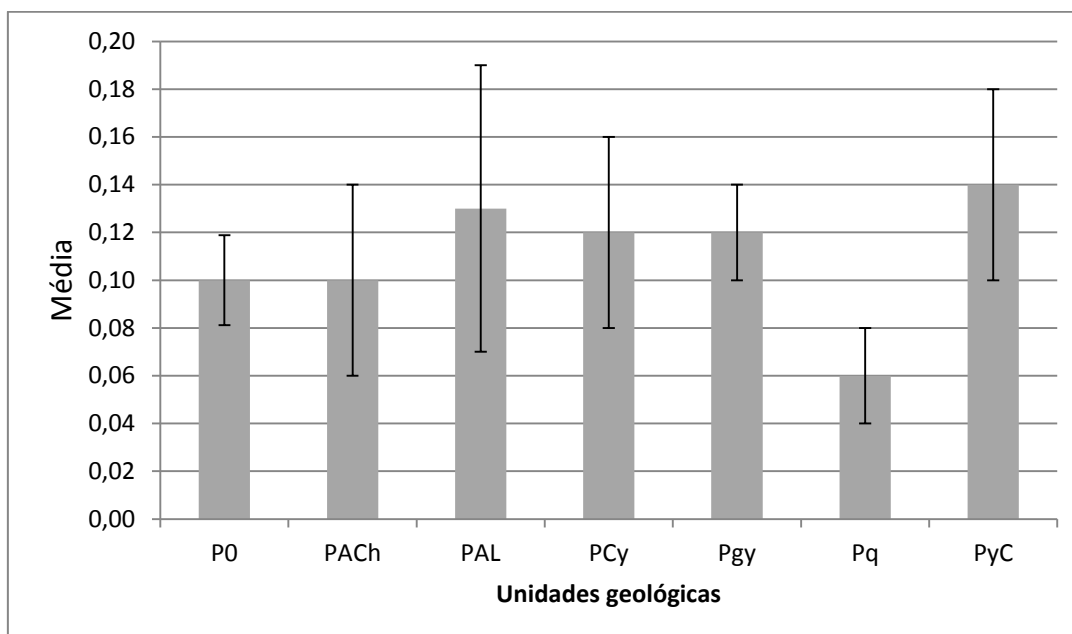


Fig. 5.10- Distribuição de valores da média (em  $\mu\text{Sv/h}$ ) estimada em diferentes unidades geológicas aflorantes na região do Lubango.

Tendo em conta o quadro sintético de todos os parâmetros estatísticos referentes a cada unidade geológica em estudo, pode-se descrever que os valores médios mais baixos da série estudada ( $0,06 \mu\text{Sv/h}$ ) foram medidos em rochas do Complexo xisto-quartzítico-anfibolítico. As rochas ígneas básicas e intermédias e as rochas detríticas do Grupo Chela, amostrada essencialmente na porção quartzítica da série, têm médias iguais e ligeiramente superiores às rochas pré-eburneanas. A Formação carbonatada da Leba apresenta valores um pouco mais elevados mas tal poderá dever-se ao facto de terem sido amostrados também níveis detríticos do topo do Grupo da Chela que ocorrem no núcleo de pequenos “horsts” induzidos pela movimentação de falhas tectónicas e não cartografadas à escala de trabalho. Os granitos regionais e os litótipos integrados também no complexo gneissico-migmatítico-granítico têm valores médios similares mas inferiores aos obtidos no designado “Granito do Caraculo-Bibala”, unidade que apresenta na região os valores médios mais elevados.

Os valores obtidos no presente trabalho na região do Lubango são, em média, mais elevados que os actualmente disponíveis para a região do Lobito-Beguela (Chipalavela, 2011). A média estimada para o conjunto dos valores



obtido na região do Lubango equivale a 0,11  $\mu\text{Sv/h}$ , enquanto na região do Lobito-Benguela foi de 0,08  $\mu\text{Sv/h}$ ; a mediana é de 0,10  $\mu\text{Sv/h}$  e de 0,07  $\mu\text{Sv/h}$ , respectivamente para a região do Lubango e para a região costeira. Esta diferença pode ser justificada pelas diferenças do tipo de material geológico a que se poderá acrescentar a influência da altitude, com cerca de 2000 metros de desnível entre as duas regiões.

### 5.8 - Cálculo da dose por exposição à radiação para a população

No apoio da informação que foi obtida na região em estudo estima-se a dose média anual a que os habitantes da região estão sujeitos por exposição a radiação gama gerado no decaimento dos isótopos radioativos. Na ausência de informações no momento para outras componentes da dose média anual, nomeadamente a exposição à inalação, apenas será tido em conta a radiação gama.

Assim a dose por exposição à radiação para a população será calculada de seguida, em detrimento das unidades geológicas estudadas considerando os valores médios obtidos para a taxa de débito de dose. Assume-se o cenário mais conservador considerando uma exposição anual contínua à radiação (ou seja 365dias x 24h = 8750h). Os valores da dose média anual efectiva por exposição apenas à radiação gama para as diversas unidades em estudo expõem-se na tabela 5.16.

Tabela 5.16- Valores da dose por exposição à radiação gama (média anual e em mSv/ano) para as diferentes unidades objecto do presente estudo. Ver significado dos símbolos na tabela anterior.

<b>P0</b>	<b>PAch</b>	<b>PAL</b>	<b>PCy</b>	<b>Pgy</b>	<b>Pq</b>	<b>PyC</b>
0,88	0,88	1,12	1,05	1,05	0,53	1,23

Os valores calculados variam entre 0,53 e 1,23 mSv/ano reflectindo a variabilidade litológica na região em estudo e, possivelmente, variações acentuadas na altitude. Pode ainda fazer-se uma estimativa para a dose máxima de exposição na região em estudo assumindo que essa situação ocorre para o caso onde foi medida a taxa de débito de dose máxima na

região. O valor máximo foi obtido numa fácies integrada nos granitos regionais (0,41 mSv/h). Considerando o cenário traçado no cálculo para os valores médios a dose efectiva neste último caso seria de 3.59 mSv/ano. Recorde-se que valor médio anual para a população mundial é de 2,4 mSv/ano, (Neves & Pereira, 2006), assumindo-se, contudo, neste cálculo todas as contribuições incluindo a inalação e a ingestão). Conclui-se, pois, que ainda que pontualmente poderão ser ultrapassados na região em estudo o valor médio anual mundial considerando apenas a exposição directa á radiação gama.

## 6 - Conclusões e Recomendações

O objectivo central deste trabalho foi o de avaliar a taxa de débito de dose (em mSv/h) por exposição à radiação gama emitida pelos materiais geológicos que afloram numa região com cerca de 6000 km<sup>2</sup> centrada sobre a região do Lubango-Bibala (centro de Angola).

Os resultados obtidos mostraram que os valores variaram numa espectro largo de variação, entre 0,04 µSv/h a 0,41 µSv/h. As taxas de dose mais elevadas foram obtidas em rochas de natureza ígnea (plutónica ou extrusiva). Nos granitos eburneanos metaluminosos, biotíticos, apresentando evidências de alterações metassomáticas tardias, observaram-se valores entre 0,20 e 0,41 µSv/h (granitos da Chela e do Caraculo-Bibala). 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.

As taxas de débito de dose medidas na região de Benguela-Lobito com a mesma instrumentação e protocolo são, em média, mais baixas. A natureza litológica do substrato geológico e, eventualmente, a diferença na altitude (cerca de 2000 metros) poderão justificar as diferenças encontradas.

Com base nos valores médios obtidos para a taxa de débito de dose em cada unidade geológica e assumindo um cenário de exposição permanente à radiação gama estimou-se 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 média anual para a população mundial mas localmente poderão ser ultrapassados (sector da Tundavala).

Os resultados obtidos devem ser considerados, para que venha contribuir na formação de base de dados dos níveis de radioactividade natural a nível de Angola.

Que o Governo Angolano crie mais incentivos a comunidade Académica no sentido de aprofundar o levantamento de dados dos níveis de radioactividade natural no território Angolano e principalmente nas zonas habitadas e mais frequentadas pelas populações atendendo a influência dos elementos radioactivos na saúde humana.

Que a Administração Municipal do Lubango considere os resultados obtidos neste trabalho se possível tomar algumas medidas para o bem das populações, e que incentive o aprofundamento do mesmo incluindo as áreas da região não estudada;

## 7- Bibliografia

António, B. I. (2011) – Avaliação dos níveis de radioactividade natural na região da Baía Farta - Cuio, Benguela – Angola.

Aramburu, X.O. & Bisbal, J.J., (1994) – Radioaciones Ionizantes, Utilizacion Y Riesgos. (eds). INTE, Ediciones de la Universidad Politecnica de Catalunya, SL, Barcelona.

Boyle, R. W. (1982) – Geochemical prospecting for thorium and uranium deposits. Elsevier Publishing Company, Amsterdam.

Chipalavela, R.C.B. (2011) - Avaliação dos níveis de Radioactividade natural, na região do Lobito- Angola, Universidade de Coimbra.

Consiglio, A.R. & Ramos, A.L.L.P. (2011) – Efeitos Biológicos da Radiações. Universidade Federal do Rio Grande Sul. 229p.

Correia, H. (1973) - Sobre a existência de rochas vulcanoclásticas na Formação da Chela (Região do Planalto da Humpata). *Ciências Geológicas*, Cursos de Ciências, Universidade de Luanda, **1**, 27-32.

Correia, H. (1976) - O Grupo da Chela e Formação da Leba como novas unidades litoestratigráficas resultantes da redefinição da Formação da Chela na região do Planalto da Humpata (Sudoeste de Angola). *Boletim da Sociedade Geológica*, Portugal, **20**, 65-130.

Franco, J., O., A. (1984) – Implantação de uma Sistemática para Controlo da Qualidade de Serviços de Dosimetria Individual – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Belo Horizonte, Brazil, disponível, 06.03.2010. <http://pt.wikipedia.org/wik/Muta%C3%A7%C3%A3o>

Gil, F.R.N. (2008) – Influência de polimorfismos em genes de reparação do DNA na frequência de anomalias cromossómicas radioinduzidas. Universidade de Lisboa (F.C), 36p

<http://www.mundofisicos.joinville.udesc.br>.

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Raio\\_c%C3%B3smico](http://pt.wikipedia.org/wiki/Raio_c%C3%B3smico)

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Lubango>.

I.A.E.A. (1979). Measurement and calculation of radon releases from uranium mill Tailings. Technical reports. 333. Vienna.

Jacomino, V.F. (2005) – Energia Nuclear e Desenvolvimento Sustentável. ed: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear. S. Paulo, 15p.

Jombi, D. (2012) - Avaliação do Fundo radiológico no depósito sedimentar do delta do rio Catumbela, Lobito-Angola, Universidade de Coimbra.

Neves, L.J.P.F.; Pereira, A.J.S.C.; Godinho, M.M & Dias, J.M. (1996) – A radioactividade das rochas como factor de risco ambiental no território Português. In: C. Conelho, C. Barrego, L. Arroja, C. Boia & L. Figueiredo (Eds) -

Livro de resumos da V. Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente, Aveiro, 641-650.

Neves, L., J., P., F & Pereira, A., J., C. (2004) – Radioactividade Natural e Ordenamento do Território: O contributo das ciências da Terra DCT- Universidade de Coimbra.

Pascoal, S. S. C. (2011) - Avaliação dos níveis de Radioactividade natural em rochas da região da Catumbela - Angola, Universidade de Coimbra.

Quinzeca, D. C. (2012) – Distribuição de elementos radioactivos em depósitos sedimentares. Caso de estudo do delta do Catumbela, Lobito-Angola, Universidade de Coimbra.

Sanches, M.P. (2001) – Fundamentos de radioprotecção, Conceitos Básicos, IPEN, São Paulo, 77p.

Temporal, W.F.; Oliveira, G.F.; Campos, R. & Galzia, M. (2005) – Radiação cósmica e vôo. Rio Janeiro, 55 (1/2): 11-18.

Torquato, J. (1974) - Geologia do sudoeste de Moçâmedes e suas relações com a evolução tectónica de Angola. *Tese de Doutoramento não publicada*. Instituto de Geociências, Universidade de S. Paulo, Brasil.

Vale, F.S., Gonçalves F. G., & Simões M. C. (1971) – Carta Geológica- Angola, Folha número 355 e 336, 1:1000.000. Humpata e Lubango notícia explicativa)