



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

**Os Granitos da Pedreira Mapunda (Lubango, Angola)
e a sua Alteração**

Carlos Iglésias Manuel Hilifilua

MESTRADO EM GEOCIÊNCIAS – AMBIENTE E ORDENAMENTO

Orientador científico:

Prof. Doutor António Luís Saraiva *

* Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

2016

Dedicatória

A Deus, aos meus Pais João Hilifilua e Rosalina Mbaku, à minha esposa Marquinha Hilifilua, aos meus filhos Ebenezer e Eliasaf pelo amor, carinho, incentivo, confiança e muita fé que depositaram em mim e que sempre estiveram unidos, confiantes e a torcer pelo meu sucesso.

Agradecimentos

A conclusão deste trabalho marca a concretização de mais um dos meus objetivos de vida. Não foi um caminho fácil de percorrer, mas com a graça de Deus e a ajuda de muitas pessoas, que de uma forma ou de outra, por vezes mesmo sem se aperceberem, me iam dando alento e força, consegui alcançar a meta que tinha estabelecido, por isso agradeço:

A Deus pelo facto de ser o criador do céu e da terra e de tudo quanto existe.

A minha esposa e aos meus filhos que incansavelmente em todos os momentos altos e baixos da minha vida sempre estiveram comigo.

Aos meus Pais e irmãos ou seja a todos membros da família Hilifilua pelo amor incondicional (fraternal) que têm por mim.

Aos meus colegas do mestrado Fábio Paulo, Yoso Luis, Elsa Kaula, Pedro Catumbela, pela força, atenção e sobre tudo pelo incentivo nos momentos difíceis que passámos juntos ao longo dos anos de formação.

A todos irmãos da igreja Assembleia de Deus “Ministério Príncipe da Paz” pelas suas orações.

À direção do Instituto Médio Agrário do Tchivinguiro (IMAT), que sempre me incentivou durante a formação.

À direção do Instituto Superior Politécnico da Tundavala (ISPT) e ao Departamento de Ciências da Terra (DCT) da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Universidade de Coimbra (UC) pela formação.

Às minhas professoras no ensino primário, Verdiana, Helena e Rosalina que me ensinaram a ler, escrever e contar.

Ao Professor Doutor António Saraiva pela atenção, paciência e apoio técnico-científico

Ao casal Manuel de Benguela, ao tio Mendonça de Luanda, ao tio João Nancale do Cunene que sempre me hospedaram com amor e carinho em suas residências durante esta formação.

Aos meus padrinhos, compadres, afilhados, familiares e amigos pelo facto de acreditarem sempre em mim.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Resumo

Neste trabalho apresenta-se e analisa-se (estuda-se) a influência da fracturação na alteração das rochas graníticas e do maciço rochoso da pedreira granítica da Mapunda (NW do Lubango), bem como a morfologia da alteração das rochas graníticas e o perfil de alteração. Realizou-se também a classificação geotécnica das rochas e, concomitantemente, a avaliação do potencial de utilização (importância) das rochas e dos solos graníticos.

Na pedreira foram seleccionados diversos afloramentos, tendo-se recorrido às seguintes ferramentas: cartografia temática, geologia estrutural. São ainda referidos os métodos utilizados no tratamento dos dados de terreno com o objetivo de identificar as diversas famílias de descontinuidades (falhas e diáclases), tendo em consideração as suas orientações e pendor. Nos vários sectores estudados foram analisados cinco estados do material, desde o material são, o pouco alterado, o material medianamente alterado, o material muito alterado e o material totalmente decomposto (solo).

Esta abordagem conduziu a uma melhor compreensão da relevância do estudo dos solos de origem granítica, que maioritariamente são solos com índice de acidez mas com boa estrutura e textura para práticas agrícolas, desde que sejam bem manejados. O estudo das diversas fases de alteração das rochas que vai até à formação de solos graníticos poderá contribuir para o reinício da exploração sustentável dos georrecurso da pedreira da Mapunda.

Palavras-chave: Granitos, solos, meteorização, alteração.

Abstract

In this paper we present and analyse (study) the influence of the fracturing in the alteration of granitic stones and the rock mass of Mapunda's (Northwest of Lubango) granitic quarry, as well as the morphology of the granitic stone's alteration and the profile of its modification. We also performed the geotechnical classification of the rocks and concomitantly the evaluation of the use potential (importance) of the rocks and granitic soils.

In the quarry several outcrops were selected, using the following tools: Thematic cartography, and structural geology. We also refer the methods used in the treatment of terrain data with the purpose of identifying the discontinuities families (fails and joints), considering their orientation and penchant. In the several sectors studied we analysed 5 states of the material, from sane material, the little altered, the averagely altered, the very altered and the decomposed soil.

This approach conducted to a better comprehension of the importance of the study of the granitic origin soils, which are mainly acid soils but with a good structure and texture for agriculture practices if well conducted. The study of the different stages of the rock alteration to the formation of granitic soils, may contribute to the restart of the sustainable exploration of the georesources of Mapunda's quarry.

Key Words: Granites, soils, weathering of rocks.

Índice Geral

Dedicatória.....	I
Agradecimentos.....	II
Resumo.....	III
Abstract.....	IV
Índice geral.....	V
Índice de figuras.....	VII
Índice de quadros.....	VIII
1.Introdução	1
1.1Objetivos Gerais	1
1.2. Objetivos Específicos.....	2
1.3. Materiais e Métodos	2
2.Enquadramento da Área de Estudo.....	3
2.1. Geográfico e Administrativo	3
2.2. Geológico	5
2.3. Principais Formações Geológicas do Lubango.....	6
2.4. Climático.....	9
2.5. Hidrológico.....	9
2.6. Geomorfológico	10
2.7. Caracterização da Área de Estudo	12
2.7.1. Zona da Pedreira	12
2.7.2. Importância dos Solos de Origem Granítica no Lubango-Angola	13
2.7.3. Enquadramento Regional da Vegetação.....	15
2.7.4. Atividade Antrópica na Zona da Pedreira	15
3. Fundamentação Teórica.....	17
3.1. Origem e Tipos de Rochas	17
3.2. Rochas Ígneas ou Magmáticas.....	19
3.3. Rochas Graníticas e sua Importância.....	20
3.4. Deformação e fracturação das rochas graníticas.....	23
3.4.1. Meteorização	23
3.5. Origem e Formação dos Solos	31
3.6. Classificação dos Solos quanto à sua Origem.....	34
3.7. Tipos de Solos.....	35
3.8. Noção de Textura e Estrutura dos Solos	36
4. Resultados e Discussões.....	40
5. Conclusões e Recomendações	48
5.1. Conclusões.....	48

5.2. Recomendações.....	49
6. Bibliografia	50

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Divisão política e administrativa da província da Huila (GPH, 2007)-----	4
Figura 2.2 - Carta geológica do Lubango(Pereira et. al, 2013)-----	5
Figura 2.3 - Granito-----	7
Figura 2.4 - Bacia Hidrográfica do rio Cunene(www.kunenerak)-----	10
Figura 2.5 - Enquadramento geomorfológico da província da Huíla(Madeiro, 1977)-	11
Figura 2.6 - Imagem aérea da zona da pedreira (Google Earth)-----	12
Figura 2.7 - Solos graníticos-----	13
Figura 2.8 - Solos de origem granítica-----	14
Figura 2.9 - Exploração de inertes (brita) na pedreira -----	15
Figura 2.10 - Exploração de inertes (adobo)-----	16
Figura 3.1- Exemplo de uma formação rochosa-----	17
Figura 3.2- Classificação das rochas (Popp, 2010)-----	18
Figura 3.3 - Granito-----	20
Figura 3.4 - Granito com ligeira alteração química-----	21
Figura 3.5 - Encraves biotíticas dispersas no granito(Conceição, 2012)-----	22
Figura 3.6 - Granito muito alterado-----	23
Figura 3.7 - Granito bastante alterado -----	24
Figura 3.8 - Granito com diáclases-----	26
Figura 3.9 - Granito deformado-----	27
Figura 3.10 - Granito fraturado-----	29
Figura 3.11 - Pequeno filonete, constituído por quartzos e feldspotas-----	30
Figura 3.12 - Falha geológica-----	31
Figura 3.13 - Origem e formação do solo(Wuilson et. al, 2000)-----	32
Figura 3.14 - Esquema sobre a origem e formação do solo (Godard, 1977)-----	33
Figura 3.15 - Análise granulométrica (Primavesi, 2002)-----	37
Figura 4.1- Granito são-----	41
Figura 4.2 - Granito não alterado-----	42
Figura 4.3 - Maciço rochoso pouco alterado-----	42
Figura 4.4 - Rocha pouco alterada e com diáclases-----	43
Figura 4.5 - Granito medianamente a muito alterado-----	44
Figura 4.6 - Contacto entre o granito são e o muito alterado-----	44
Figura 4.7- Granito muito alterado-----	45
Figura 4.8 - Material muito alterado-----	46
Figura 4.9 - Solo de origem granítica-----	47
Figura 4.10 - Solo -----	47

Índice de Quadros

Quadro 3.1 - Classificação da meteorização dos maciços rochosos (ISRM, 1977) ---	26
Quadro 4.1 - Estações de observação-----	41

1.Introdução

O presente trabalho visa descrever a importância dos solos de origem granítica de forma abrangente, uma vez que os granitos são umas das rochas mais abundantes do nosso País. Cerca de 73 % do território angolano situa-se no grande planalto sul-africano, acima dos 1000 m. Este planalto apresenta dissimetrias notáveis, nomeadamente um declive muito suave para leste, que contrasta com quebras abruptas de declive, sob a forma de grandes escarpas que formam um imponente degrau a escarpa da Chela que se desenvolve paralelamente à linha de costa (Medeiros, 1976).

Para compreender a estrutura geológica de um lugar é preciso analisar e conhecer os tipos de rochas presentes no local. Os granitos são rochas eruptivas e é sobre elas que a cidade do Lubango se localiza. Além destes, existem outras rochas que, pela forma como estão dispostas, condicionam a evolução de algumas formas de relevo da cidade (Feio,1981).

A existência de granitos viabilizou o aparecimento de explorações de inertes e verificou-se ser necessário a elaboração de um conjunto de medidas de recuperação destas áreas de modo a não ficarem ao abandono, uma vez que este tipo de exploração, em conjunto com a ação dos agentes erosivos, tende a acentuar a degradação dos solos. A tectónica que atuam na região do Lubango é do tipo falha e tal facto ainda hoje tem influência na evolução das formas de relevo (Aguar,1969).

As ações do Homem, através de processos de planeamento e ordenamento do território, contribuam para a salvaguarda, conservação, valorização e uso adequado do património natural e seus valores ambientais. É neste contexto que a geografia física pode intervir, tendo os estudos de caracterização biofísica um importante papel na otimização da relação entre o Homem e o Ambiente que o rodeia. É necessário entender as interações existentes ao nível da superfície da Terra (relevo, solos, climatologia) (Pedrosa, 1997).

A estrutura geológica é extremamente importante na formação dos recursos minerais, além de estabelecer uma grande influência na consolidação dos relevos e automaticamente do solo (Marques,1977).

1.1 . Objetivos Gerais

Este trabalho insere-se na necessidade de se estudar a origem dos solos graníticos da região do Lubango para melhor se compreender, sua caracterização geomorfológica

bem como a sua importância para agricultura. Foi feito o estudo da alteração dos maciços rochosos e a morfologia da alteração das rochas graníticas e o perfil de alteração das mesmas na região do Lubango sobre tudo no bairro da Mapunda onde se localiza uma da pedreira.

1.2. Objetivos Específicos

- ✓ Analisar e estudar a influência da fracturação na alteração das rochas graníticas e do respetivo maciço rochoso;
- ✓ Saber a morfologia da alteração das rochas graníticas e perfil de alteração;
- ✓ Classificação geotécnica das rochas graníticas;
- ✓ Avaliar o potencial de utilização das rochas e dos solos graníticos.

1.3. Materiais e Métodos

Para a fundamentação teórica do trabalho recorreu-se a trabalhos académicos (dissertações), livros de Geologia, Hidrologia, Solos, Geomorfologia e de informações da Administração Municipal do Lubango, do Governo Provincial da Huíla, assim como ao recurso à internet e a trabalhos publicados em revistas científicas.

Para a caracterização dos solos no campo recorreu-se essencialmente aos dados apresentados na "Carta Geral dos Solos de Angola para o Distrito da Huíla", de 1959, à escala 1:1.000.000, bem como a bibliografia existente sobre este assunto, nomeadamente de Diniz (1973).

A caracterização das principais formações geológicas existentes na zona da pedreira no Lubango baseou-se na folha 336 da "Carta Geológica de Angola", de 1969, à escala 1:100 000, bem como em bibliografia recolhida em diversas instituições.

Dedução, este método serviu de apoio na projeção de uma melhor abordagem do tema em referência a caracterização geotécnica dos solos graníticos.

.A observação é um método empírico que foi útil durante a fase do diagnóstico, pôs permitiu contribuir para identificar os vários sectores de estudo.

Para o estudo deste trabalho foi necessário os seguintes materiais: bússola, GPS, régua, fita métrica, martelo, máquina fotográfica, computador, esferográficas, papel e caderno.

2.Enquadramento da Área de Estudo

Angola situa-se na costa do Atlântico Sul da África Ocidental, entre a Namíbia e o Congo. Também faz fronteira com a República Democrática do Congo e a Zâmbia, a oriente. O país está dividido entre uma faixa costeira árida, que se estende desde a Namíbia até Luanda, um planalto interior húmido, uma savana seca no interior sul e sueste, e floresta tropical no norte e em Cabinda.

O rio Zambeze e vários afluentes do rio Congo têm as suas nascentes em Angola. A faixa costeira é temperada pela corrente fria de Benguela, o que tem como resultado um clima semelhante ao da costa do Peru ou da Baixa Califórnia. Existe uma estação das chuvas curta, que vai de Fevereiro a Abril. Os verões são quentes e secos, os Invernos são temperados.

As terras altas do interior têm um clima suave com uma estação das chuvas de Novembro a Abril, seguida por uma estação seca, mais fria, de Maio a Outubro.

Nome oficial: República de Angola.

Capital: Luanda.

Localização: sudoeste Africano.

Área: 1.246.700 km² (com uma linha de costa de 1650 km).

Cidades principais: Luanda; Huambo; Benguela; Lobito e Lubango.

Clima: Equatorial e tropical.

Hora Local: Corresponde ao UTC mais uma hora em relação a Portugal, Angola tem mais uma hora no Inverno e a mesma hora no Verão.

Divisão administrativa: 18 províncias. Bengo, Benguela, Bié, Cabinda, Cuando Cubango, Cuanza Norte, Cuanza Sul, Cunene, Huambo, Huíla, Luanda, Lunda Norte, Lunda Sul, Malanje, Moxico, Namibe, Uíge e Zaire (Gonzalez e Francisco,1982).

2.1. Geográfico e Administrativo

O município do Lubango fica situado na zona sudoeste da província da Huíla entre os municípios de Quilengues a norte, Cacula a nordeste, Quipungo a sudeste, Chibia a sul e Humpata a sudoeste, todos pertencentes à província da Huíla como nos mostra a figura 2.1 (GPH, 2007).



Figura 2.1- Divisão política e administrativa da província da Huíla (GPH, 2007).

O município tem uma superfície 3140 km². A população residente é estimada em 731.575, dos quais 81,74% dos habitantes residem na cidade e arredores. (INE, 2014). O município do Lubango, encontra-se dividido em quatro Comunas, a saber: Hoque, Arimba, Huíla e Quilemba e tem como atividade principal a agropecuária (GPH, 2007).

A província da Huíla, em particular o município do Lubango, localiza-se num vasto planalto interior a uma latitude 14º 54' sul e longitude 13º 31' oeste, e que tem como limites norte e este, o planalto principal e a sul e oeste o planalto da Humpata-Bimbe.

O município do Lubango possui uma disponibilidade de recursos naturais, dos quais há a referir: Os recursos hídricos e os recursos geológicos. Este potencial é tido como base de desenvolvimento da sede capital da província da Huíla representando um enfoque abrangente na abordagem da sobrevivência das comunidades em toda envolvimento. (GPH, 2007).

2.2. Geológico

Na figura 2.2 apresenta-se um extrato da carta geológica do SW da Huíla com uma escala de 1:00.000 onde se podem identificar as rochas aflorantes na região em estudo (Pereira et. al. 2013).

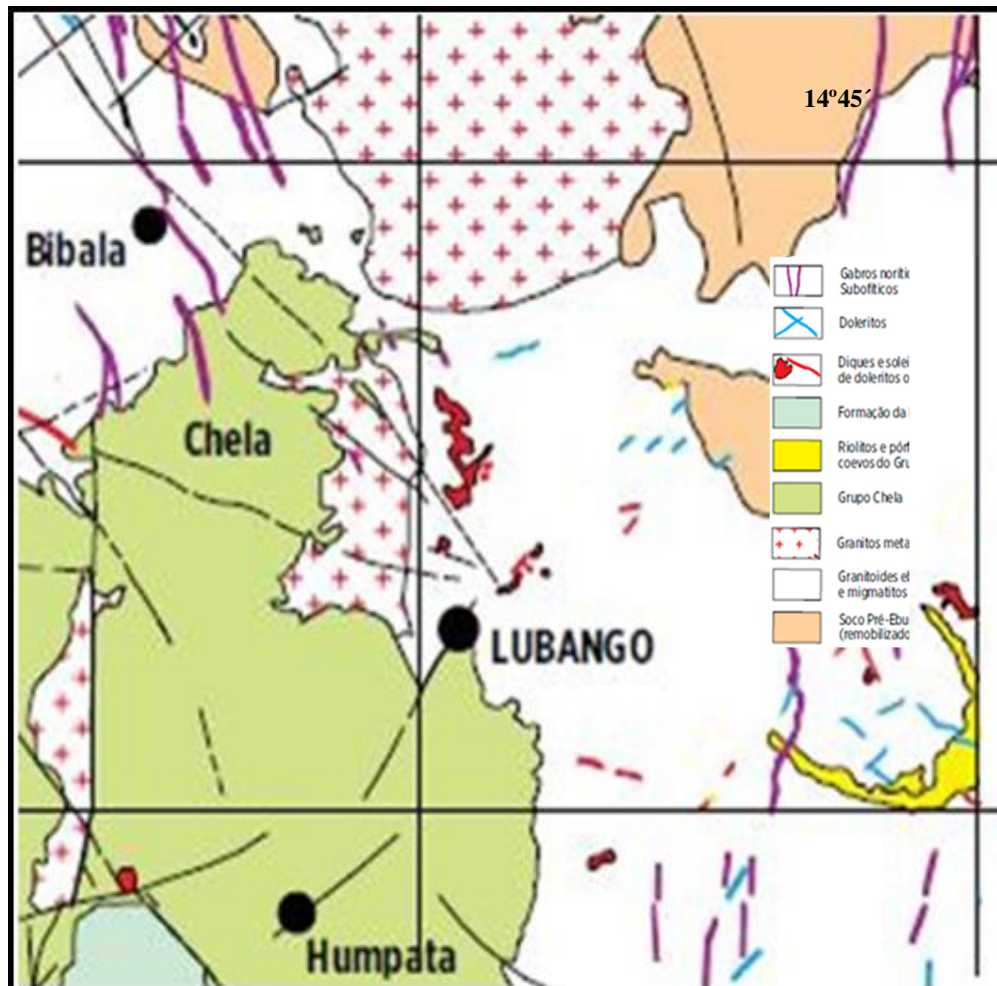


Figura 2.2 - Carta Geológica da região do Lubango (Pereira et al, 2013).

A cidade de Lubango assenta essencialmente sobre rochas graníticas biotíticas, granulares ou porfiróides, por vezes muito alteradas, mas é possível encontrar afloramentos de rocha pouco alterada de tonalidade rósea ou esverdeada se a quantidade de epídoto e clorite for significativa. Estes granitos foram designados por granito regional pois apresenta grande extensão no SW de Angola (Feio, 1981).

2.3. Principais Formações Geológicas do Lubango

A descrição e caracterização de maciços rochosos com fins geotécnicos tem como objetivo identificar e determinar as condições e propriedades, observáveis em trabalho de campo que posteriormente permitam com estudos adicionais prever o comportamento do material-rocha perante escavações, fundações ou qualquer outro fim construtivo ou extrativo que implique uma modificação ao estado natural dos maciços rochosos. O comportamento de um maciço rochoso é definido em função das propriedades intrínsecas dos materiais que o constituem, assim como a estrutura e a resistência ao corte dos planos de descontinuidade que o afetam, bem como as condições geológicas, tectónicas e hidrogeológicas (Pereira, 2013).

A base de qualquer análise prática da mecânica das rochas é a compilação dos dados geológicos na qual deve constar a definição dos tipos de rocha, do tipo de descontinuidades e das propriedades físicas do material (Rocha,1981).

O estudo geral de um maciço rochoso inclui a identificação, a descrição das condições gerais dos afloramentos e a caracterização dos vários aspetos geológico-geotécnicos, o tipo de litologias e do material-rocha, o estado de alteração e o estudo das descontinuidades. A divisão em zonas geotécnicas mais ou menos homogéneas realiza-se a partir de critérios essencialmente litológicos, geológico-estruturais e geotécnicos básicos (Madeiro,1976).

O tamanho dos blocos é, em muitos aspetos da geomecânica, um dos parâmetros mais críticos do maciço rochoso. Em termos de estabilidade, a inclinação e a abertura das descontinuidades do material-rocha são os parâmetros frequentemente necessários para a sua avaliação. Um maciço rochoso pode ser considerado como um meio sólido contínuo, sendo o material rochoso separado por planos de fraqueza, ou seja, as superfícies de descontinuidade. Por isso, o estudo de um maciço rochoso teve em grande parte dos casos que passar pela análise dos seus dois constituintes: o material-rocha e as descontinuidades (Rocha,1981) (Figura 2.3).

Designa-se por descontinuidade qualquer entidade geológica que interrompa a continuidade física de uma dada formação. Estas são muito importantes pois, ao seccionarem um maciço rochoso, vão influenciar as propriedades geomecânica deste, uma vez que lhe conferem um comportamento, em termos de deformabilidade, permeabilidade e resistência ao corte, muito diferente daquele que apresenta o material que o constitui (Brady & Brown, 2004).

O Lubango está assente sobre os granitos do Planalto Central e é enquadrado pelas séries sedimentares da Serra da Chela (Planaltos da Humpata e do Bimbe), cujas camadas se dispõem de uma forma paralela em toda a série (Gonzalez e Francisco,1982).

A sequência estratigráfica neste Planalto (Humpata-Bimbe) organiza-se do seguinte modo, da base para o topo:

A – Granitos;

B - Conglomerados e arenitos (Formação da Tundavala);

C - Cinzas vulcânicas (Formação da Humpata);

D - Quartzitos da Formação do Bruco;

E - Formação de Cangalongue;

F - Formação da Leba.



Figura 2.3 - Granito.

Na cidade do Lubango afloram: granitos (A), conglomerados e arenitos (B), cinzas vulcânicas (C), quartzitos da Formação do Bruco (D) e a Formação de Cangalongue (E). As formações C, D e E, encontram-se representadas como “siltitos, grés, quartzitos” no esboço geológico e ocupam 4.7% da área da comuna sede do Lubango. O substrato geológico onde a cidade do Lubango está implantada é constituído, essencialmente, por granitos do Planalto Central; os granitos estão enquadrados por camadas sedimentares da série do planalto da Humpata e do Bimbe; a tectónica da

região influencia a evolução das formas de relevo existentes, e é responsável pela atividade sísmica (Madeiros,1976).

O granito constitui a mancha mais extensa do território angolano. É uma rocha de coloração rósea ou pardacenta, por vezes cinzenta clara, de estrutura porfiroide, de grão médio a grosseiro e composta por minerais como o quartzo, a biotite e a oligoclase. É uma formação eruptiva antecâmbria e está relacionada com a aplanção inferior do Planalto Central. No Lubango esta rocha está presente em praticamente toda a cidade (ocupa 92.5% da área da comuna sede), onde por vezes aflora à superfície e é sobre ela que assentam as outras rochas, nomeadamente os conglomerados e os arenitos. Entre estas rochas existem ainda formações eruptivas mais recentes, nomeadamente doleritos e doleritos olivínicos, que ocupam 2.7% da área da comuna sede (Vale e Simões, 1971).

Esta rocha apresenta-se como um recurso geológico que poderá ser utilizado para a exploração, nomeadamente para produção de brita, como se verifica atualmente, embora com algumas limitações. Além disso, esta rocha, é impermeável e constitui a base dos aquíferos que servem a cidade do Lubango. Outro aspeto a ter em atenção está ligado ao facto de, na presença de um sismo, esta rocha se comportar de uma forma rígida (quando comparada com as formações existentes nos cursos de água, por exemplo), pelo que se apresenta como um bom substrato a utilizar para a construção de quaisquer infraestruturas quando adotadas medidas de construção anti-sísmicas (Viera, 1958).

Os granitos ocupam cerca de 92.5% da área total da cidade têm, entre outras, as seguintes características:

- a) Afloram à superfície;
- b) É um recurso que pode ser utilizado para a produção de brita;
- c) Constitui a base impermeável dos aquíferos;
- d) Em caso de sismo, comportam-se de uma forma rígida;
- e) São rochas acentuadamente diaclasadas (Pereira et. al., 2011).

2.4. Climático

A temperatura tende a variar grandemente com a latitude e altitude, assim explica a diferença de temperatura em alguns pontos da cidade do Lubango. Do ponto de vista climático há a considerar duas estações climáticas: uma correspondente a estação quente e chuvosa, que compreende a seis meses do ano (Outubro a Abril) e a da seca e fria ou também conhecida como cacimbo que correspondem aos restantes meses (Cruz, 1940).

No global o clima é húmido e moderadamente quente, com temperatura média anual de 18,6° C, com duas estações a quente e húmida e a fria e seca. O Lubango é uma das cidades mais fria de Angola. Junho e Julho são os meses mais frios (Silveira, 1962).

Registam-se dois máximos de precipitação, um em Novembro e outro em Março. Em Janeiro - Fevereiro tem lugar um pequeno período seco de duas a três semanas, em alguns anos sensivelmente mais prolongado (Diniz, 1973).

2.5. Hidrológico

O clima tem grande influência sobre a hidrografia, influenciando assim o ciclo hidrológico e os ecossistemas que dependem da água para realizarem os seus ciclos. A cidade do Lubango possui um enorme potencial hídrico, em que grande parte encontra na camada subterrânea e outra na superfície em forma de nascentes, Lagos, lagoas e rios (Silveira, 1962).

Os rios que atravessam a cidade (o Caculuvale e o Mucufi são também afluente do grande rio Cunene) caracterizam-se por apresentarem altos níveis de contaminação por ação humana. Em alguns casos também é possível encontrar evidências de contaminação da água subterrânea (António, 2014).

O rio Cunene é de regime permanente, mas com caudal muito variável, enorme na época das chuvas e diminuto na estiagem, principalmente nos anos muito secos. Os caudais são muito influenciados pela quantidade de precipitação nas terras altas da Chela (Figura 2.4) (António, 2014).

Tal como se pode constatar pela análise da (Figura 2.5), a província da Huíla abarca quatro grandes unidades geomorfológicas: a faixa Subplanáltica (no “enclave” noroeste, bem como numa reduzida área no sudoeste); a Montanha Marginal (no Oeste provincial); o Planalto Antigo (na área norte) e o Baixo Cunene (na área sul). Todas estas unidades geomorfológicas apresentam características (sobretudo altitudinais) que as individualizam, e as tornam, inclusivamente, grandes unidades de paisagem (GPH, 2007).

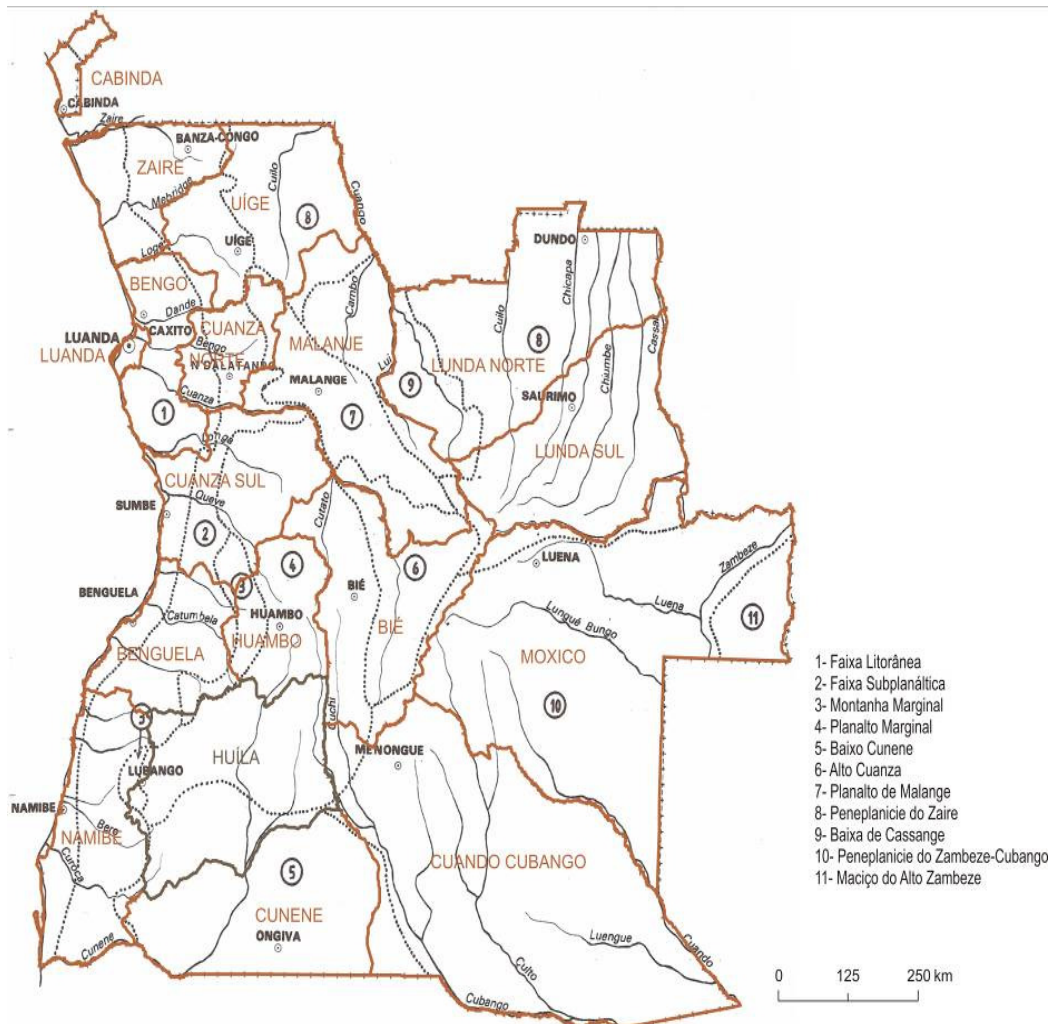


Figura 2.5 - Enquadramento geomorfológico da Província da Huíla (Madeiro, 1977).

2.7. Caracterização da Área de Estudo

2.7.1. Zona da Pedreira

O bairro da Mapunda está localizado a oeste da capital da província. A pedreira onde se desenvolveram os estudos têm as seguintes coordenadas, $14^{\circ} 54' 56.19''$ S, de longitude, $13^{\circ} 26.46' 15''$ de latitude. A Mapunda foi, no passado, um dos locais mais interessantes para o fomento da agricultura, criação de gado de todo o tipo e uma experiência ambiental interessante arejando cada vez mais o cosmopolita Lubango é uma zona bastante fértil, onde um vale se estende até junto da cordilheira montanhosa que vai até à Tundavala (Figura 2.6). É uma zona bastante abundante em água, até porque é na zona onde nascem dois dos rios intermitentes que atravessam o Lubango.



Figura 2.6 - Imagem aérea da zona da pedreira (Google Earth).

É também uma área escolhida para cintura verde do Lubango devido às suas condições edáficas tendo em consideração os solos de origem granítica que predominam nesta zona que são bastantes férteis para a agricultura.

Portanto daí surgiu a necessidade de se estudar com maior precisão a importância destes solos, desde a sua origem (rocha mãe-granito) até aos seus processos de evolução.

2.7.2. Importância dos Solos de Origem Granítica no Lubango-Angola

A primeira camada geralmente escura, que fica bem em cima e é composta pela mistura de restos de animais e vegetais, formando a parte orgânica do solo ou húmus; a outra, contendo areia, calcário e argila, forma a parte mineral do solo, juntamente com a água e o ar. Na figura 2.7 mostra-se que muitos solos podem ser formados pelo transporte de sedimentos levados pelo vento, chuva ou pelas águas dos rios, como as dunas e as terras de aluvião (Varenes, 2003).



Figura 2.7 - Solos graníticos.

O estudo dos solos na caracterização biofísica do território visa essencialmente a determinação das suas potencialidades e vulnerabilidades para determinado uso na área correspondente à comuna sede. As características físicas de um solo, como a textura e a estrutura, são um atributo que se pode facilmente estudar, uma vez que é diretamente acessível pela observação no campo. Mais complexo é a caracterização da qualidade de um solo, que vai exprimir uma aptidão para o seu uso. Estas qualidades passam pela capacidade de retenção em água, a vulnerabilidade ou resistência à erosão e a fertilidade, aspetos que serão abordados neste capítulo (Costa,1951).

Entende-se por solo, o conjunto de unidades naturais que ocupam a parte da superfície terrestre que suporta as plantas, e cujas propriedades se devem à inteiração

de fatores climáticos e da matéria viva sobre a rocha mãe (Figura 2.8). Num período de tempo e relevo determinados, com intervenção ou não do homem no mesmo (Caputo,1989).



Figura 2.8 - Solo de origem granítica.

A textura destes solos varia entre a argilosa ou argilo-arenoso nos horizontes mais profundos e um pouco mais grosseira (franco-arenosa) nos horizontes superficiais, e há uma propensão acentuada para o processo de ferralização, que poderá levar a uma maior individualização dos elementos lateríticos ou até a formação de couraças. Deste modo, o potencial produtivo natural destes solos não é grande, sendo ainda mais degradado devido à ocupação humana, à remoção da vegetação natural, ao pastoreio excessivo e ao uso de técnicas agrícolas, nem sempre as mais adequadas. O abuso de lavras no passado favoreceu a erosão, diminuindo a proporção de matéria orgânica à superfície e trazendo óxidos de ferro e alumínio de horizontes mais profundos (Guerra, 1957)

Das características anteriormente descritas, os tipos de solo localizados na Comuna Sede da Cidade do Lubango podem ser caracterizados consoante a sua fertilidade, da qual depende o seu potencial agrícola. Os solos ferralíticos (os de maior expressão para o Lubango) não podem ser considerados como férteis (os vermelhos são os de melhor qualidade), devido à existência de uma fraca reserva mineral e a uma pobreza na concentração de matéria orgânica (Aguiar,1969).

2.7.3. Enquadramento Regional da Vegetação

Marques, (1972) afirma que na Huíla predominam as formações lenhosas, desde as xerófitas às formações sub-hidrofiticas ou mesmo hidrofiticas. Dentro destas formações distinguem-se vários tipos de vegetação natural da Zona Agrícola nº 30.

- 1 - Mata de Panda de floresta aberta;
- 2 - Mata de Panda savanizada;
- 3 - Savana arborizada;
- 4 - Mato cerrado ou balcedo;
- 5 - Estepe com arbustos e subarbustos.

2.7.4. Atividade Antrópica na Zona da Pedreira

A cidade do Lubango (assim como a área envolvente) assenta essencialmente em rochas graníticas e as dificuldades do custo de vida da comunidade, sobretudo das mulheres, viabilizou o aparecimento de explorações de inertes. O processo de degradação da antiga pedreira continua em andamento (figura 2.9).



Figura 2.9 - Exploração artesanal de inertes (brita) na pedreira.

O granito esmagado ou pisado (britas) é vendido aos empreiteiros de obras de construção civil e a outros cidadãos diariamente para usarem nas suas obras, é então desta forma que os exploradores de inertes vão ganhando o seu pão. A técnica de exploração mais utilizada é o uso do carvão e fogo para alterar todas as propriedades químicas e físicas da rocha e posteriormente a implementação ação mecânica com a marreta ou qualquer outra ferramenta que possa espedaçar a rocha. (PDCL, 2003).

A outra prática também constatada foi a lavagem de adobos que por sinal é uma atividade feita por homens e mulheres, com o objetivo comercializarem e para a construção das suas próprias residências (PDCL, 2003). Esta atividade tem levado os exploradores a fazerem a remoção da cobertura vegetal abrirem grandes buracos o que obviamente origina a erosão dos solos, tornando-os mais vulneráveis à atuação dos agentes erosivos (Figura 2.10).



Figura 2.10 - Exploração de inertes (adobe).

3. Fundamentação Teórica

3.1. Origem e Tipos de Rocha

A litosfera é a camada mais externa e rígida resistente da terra fragmentada em cerca de 12 placas, que deslizam, convergem ou se separam umas em relação às outras à medida que se movem sobre a astenosfera. Sem estas camadas não seriam possíveis realizamos estes estudos, ela é constituída essencialmente por rochas. As rochas são agregados de minerais que diferem entre si basicamente pela composição mineralógica e pela textura (tamanho e forma dos grãos minerais e o modo como estes estão dispostos) ou ainda podem ser consideradas como pedras de grandes dimensões que ocorrem na superfície do solo ou seja é também um agregado solido de minerais que ocorre naturalmente (Figura 3.1) (Popp, 2010).



Figura 3.1 - Exemplo de uma formação rochosa.

Elas variam na cor, no tamanho dos seus cristais ou grãos e nos tipos de minerais que as compõem. Ao longo de um corte de estrada, por exemplo, podemos encontrar uma rocha escura composta de vidro vulcânico e cristais de piroxénio e feldspato, partículas que são muito pequenas para serem vistas a olho nu. Quando observa-se uma rocha acastanhada, com muitos cristais grandes e brilhantes de mica e com alguns grãos de quartzo e feldspato, sobrejacentes a ambas as rochas, podemos ver remanescentes de uma antiga praia: camadas horizontais de rocha marrom-clara que parecem ser compostas por grão de areia cimentados juntos (Bártolo et. al., 2009).

A mineralogia e a textura, bem como outras propriedades, ajudam a determinar o aspeto de uma rocha. A mineralogia é a proporção relativa dos minerais constituintes de uma rocha. A textura é o termo que indica os tamanhos e as formas dos cristais e o modo como estão unidos. E os cristais (ou grãos), que, na maioria das rochas, têm apenas alguns milímetros de diâmetro, são chamados de grossos, se forem suficientemente grandes para serem vistos a olho nu (Deere et. al., 2010).

As rochas podem ser classificadas de acordo com sua composição química, a sua forma estrutural, ou sua textura, sendo mais comum classificá-las de acordo com os processos referentes à sua formação. As rochas magmáticas foram formadas a partir da cristalização de um magma, as sedimentares pela deposição e posterior diagénese de e as rochas metamórficas por qualquer uma das primeiras duas categorias e posteriormente modificadas por ação da temperatura e pressão. Nos casos onde o material orgânico deixa uma impressão na rocha, o resultado é conhecido como fóssil. Pelas suas origens ou maneiras como foram formadas, as rochas são classificadas em ígneas, sedimentares rochas metamórficas (Figura 3.2) (Botelho,1993).



Figura 3.2 - Classificação das rochas (Popp, 2010).

3.2. Rochas Ígneas ou Magmáticas

As rochas ígneas, mais conhecidas como magmáticas, são o resultado da solidificação e consolidação do magma, daí o nome rochas magmáticas. As rochas ígneas (do latim ignis, "fogo") formam-se pela cristalização do magma, uma massa de rocha fundida que se forma em profundidade na crosta e no manto superior. Aí as temperaturas alcançam 700°C ou mais, que são necessários para fundir a maioria das rochas (Popp, 2010). As mais antigas rochas são as do tipo ígneas e metamórficas, que surgiram respectivamente na era Pré-Cambriana. Essas rochas são denominadas de cristalinas, por causa da cristalização dos minerais que as formaram. Ao contrário das outras, as rochas sedimentares são de formações mais recentes, da era Paleozoica à Cenozoica. Essas são encontradas em aproximadamente 5% da superfície terrestre. Dessa forma, os minerais e as rochas compõem uma parcela primordial da litosfera, que corresponde ao conjunto de elementos sólidos que formam os continentes e as ilhas (Rose, 1994).

Mas quando o magma é extruído de um vulcão na superfície terrestre, ele esfria e solidifica tão rapidamente que os cristais individuais não têm tempo para crescer gradualmente. Nesse caso, muitos cristais minúsculos formam-se simultaneamente e o resultado é uma rocha ígnea com grão fino. Segundo Deere et. al. (2010), os geólogos distinguem dois tipos de rochas ígneas com base no tamanho de seus cristais: intrusivas e extrusivas.

Vulcânicas ou extrusivas são formadas por meio de erupções vulcânicas, através de um rápido processo de resfriamento na superfície. Alguns exemplos dessas rochas são o basalto e a pedra-pomes, cujo resfriamento dá-se na água. O vidro vulcânico é um tipo de rocha vulcânica que se forma na sequência de um arrefecimento muito rápido.

Plutônicas ou intrusivas são formadas dentro da crosta por meio de um processo lento esfriamento. Alguns exemplos são o granito (Figura 3.3). As rochas intrusivas ou plutônicas apresentam uma grande diversidade, contudo os granitos são as mais abundantes. Se percorrermos, em certa extensão, uma região granítica, verificamos que a granularidade das rochas graníticas é variável, embora sejam sempre rochas cristalinas; sem falar nesses tipos formados por enormes cristais, no geral (com faces perfeitamente desenvolvidas), que são os pegmatitos graníticos, podem estabelecer toda uma série desde granitos de grão grosso até granitos de grão fino. À medida que um magma esfria lentamente no interior da Terra, os cristais começam a formar-se. Como o magma esfria abaixo da temperatura de fusão, alguns desses cristais têm

tempo para crescer até poucos milímetros ou mais antes que toda a massa seja cristalizada como uma rocha ígnea de granulação grossa (Barker, 1983).

Segundo a natureza ou proporção relativa de certos constituintes dos granitos podem distinguir-se diversas variedades de granitos, tais como, granitos biotíticos e granitos moscovíticos, A textura dos granitos é denominada, em termos gerais, por fanerítica (formada por grãos cristalinos que se distinguem uns dos outros a olho nu (Figura 3.3).



Figura 3.3 - Granito.

A maioria dos minerais das rochas ígneas são silicatos, em parte porque o silício é muito abundante e em parte porque vários minerais silicatados fundem-se nas altas temperaturas e pressões alcançadas nas partes mais profundas da crosta e do magma (Deere et al., 2010).

3.3. Rochas Graníticas e Sua Importância

As rochas graníticas são rochas magmáticas, plutónicas, constituídas essencialmente por quartzo e feldspato (feldspato alcalino e/ou plagioclase). Para além destes minerais essenciais, podem ocorrer moscovite, biotite e/ou anfíbola, como minerais característicos (Figura 3.4), assim como outros minerais em quantidade acessória (apatite, zircão, esfena, magnetite). Com este problema relaciona-se um facto de observação corrente em algumas regiões graníticas: a passagem gradual do gnaiss (e mesmo de outras rochas) ao granito. Ora, como veremos, atribui-se ao gnaiss uma geração em meio essencialmente sólido. O que deixamos exposto não significa que não se continue a admitir origem magmática para certos maciços graníticos. A granitização está intimamente ligada com fenómenos metamórficos. (Carlos, Pierre 1998).



Figura 3.4 - Granito com ligeira alteração química.

Acreditava-se, quase sem contestação, que essas rochas se formavam no interior da crosta, em consequência da solidificação e cristalização do magma; posteriormente, a rocha já consolidada teria irrompido até atingir a superfície da Terra, ou teria sido exposta pela ação dos agentes erosivos, ao removerem as rochas que a encobriam. Digamos que há factos que levam a aceitar que certos granitos possam ter outra

origem, gerando-se em meio sólido, a partir de outras rochas (Ex^o rochas sedimentares), por meio de transformações complexas e prolongadas que se integram num grande processo geológico, chamada granitização (Carlos, Pierre, 1998).

O granito, que é uma das rochas ígneas intrusivas mais abundantes, contém cerca de 70% de sílica. A sua composição inclui quartzo e feldspato potássico (principalmente ortóclase) em abundância, e quantidades mais baixas de feldspatos (plagioclase). Esses minerais félsicos de coloração clara conferem ao granito uma cor rosada ou cinza, também contém pequenas quantidades de micas biotite e moscovite (figura.3.5) (Carvalho, 2011).



Figura 3.5 - Encraves biotíticos dispersos no granito (Conceição, 2012)

Uma das características das rochas extrusivas (granito) mas comum é que elas exibem uma granulação média a grossa, possuem coloração predominantemente clara em função do alto teor de SiO₂, predominantemente resistentes ao risco do estilete, possuem constituintes dispostos ao acaso (Conceição, 2012).

3.4. Deformação e Fracturação das Rochas Graníticas

3.4.1. Meteorização

É o processo geral pelo qual as rochas são destruídas na superfície da Terra. Este processo produz todas as argilas, todos os solos e as substâncias dissolvidas e carregadas pelos rios para os oceanos. Todas as rochas mesmo aquelas que parecem ser muito duras, parecer indestrutíveis, assim como automóveis antigos que enferrujam e jornais velhos que ficam amarelados, também podem enfraquecer-se quando expostas à água e aos gases da atmosfera. Entretanto, diferentemente dos automóveis e dos jornais, as rochas podem levar milhares de anos para se deteriorar (Figura 3.6) (Popp, 2010).



Figura 3.6 - Granito muito alterado.

A meteorização química (decomposição) é o processo onde há modificação mineralógica das rochas de origem ou seja os minerais são quimicamente alterados ou dissolvidos. O principal agente é a água, e os mais importantes mecanismos modificadores são a oxidação, hidratação, carbonatação e os efeitos químicos resultantes do apodrecimento de vegetais e animais. Normalmente a desintegração e a decomposição atuam juntas, uma vez que a rotura física da rocha permite a circulação da água e de agentes químicos (Rocha, 1981).

A meteorização física ocorre quando a rocha sólida é fragmentada por processos mecânicos que não mudam sua composição química (Figura 3.7). Os escombros de colunas e blocos de pedras que eram parte dos imponentes templos da Grécia antiga resultaram principalmente da meteorização física, que causou, também, rachaduras e fraturas de antigos túmulos e monumentos do Egito (Popp, 2010).



Figura 3.7 - Granito bastante alterado.

Na meteorização física, geralmente ocorre a rotura das rochas inicialmente em fendas, progredindo para partículas de tamanhos menores, sem, no entanto, haver mudança na sua composição. Nesta desintegração, através de agentes como água, temperatura, pressão, vegetação e vento, formam-se os pedregulhos e as areias (solos de partículas grossas) e até mesmo os siltes (partícula intermediária entre areia e argila). Somente em condições especiais são formadas as argilas (partículas finas), resultantes da decomposição do feldspato das rochas ígneas (Deere et. al., 2010).

Quem tenha o hábito de olhar para as rochas no campo repara certamente que, muitas vezes, os estratos das sequências sedimentares ou metamórficas se apresentam dobrados e enrugados, exibindo aspetos por vezes muito diferentes do que foi o seu modo de jazida original, isto é, sobrepostos horizontalmente. Para quem não está preparado, estas ocorrências não deixam de ser intrigantes, sobretudo,

habituaados que estamos a considerar as rochas como materiais rígidoss, quebradiços e que, como tal, teríamos tendência a considerar indeformáveis, em termos de plasticidade e maleabilidade. Uma falha trata-se na verdade de descontinuidades epigenéticas que se caracterizam por apresentarem frequentemente grande continuidade no maciço rochoso e por ter havido deslocamento relativo dos dois bordos um em relação ao outro. O plano de falha designa-se por espelho de falha e é frequente a ocorrência de estrias nas superfícies que deslizaram (Carvalho, 2011).

Quando os dois bordos estão separados entre si definem uma caixa de falha que pode estar preenchida por outros materiais, muitas vezes resultantes da própria trituração da rocha que escorregou (brecha de falha). Designa-se por falha ativa quando na verdade esta apresenta evidências de movimento mensurável, e destas assumem particular relevância as que estão na origem de fenômenos de natureza sísmica. As falhas podem ser normais, inversas e de desligamento (Conceição, 2012).

As descontinuidades (Figura 3.8), em particular as diáclases, no caso dos granitos, condicionam fortemente as propriedades geotécnicas dos maciços rochosos, conferindo-lhes um comportamento, em termos de deformabilidade, resistência ao corte e permeabilidade que podem ser substancialmente diferentes da rocha que constitui esses maciços (Das, 2012). As diáclases são os planos de descontinuidade mais frequentes nos maciços rochosos que correspondem a superfícies que ocorrem no material-rocha ao longo das quais não existe rejeito entre os blocos. Tipicamente, as diáclases são planas (ou aproximadamente planas), e constituem estruturas planares não-penetrativas, características de um comportamento frágil ou semi-frágil das rochas, segundo a (ISRM, 1977).

A metodologia e conjunto de parâmetros geotécnicos usados para a descrição quantitativa das diáclases do granito nos dois locais estudados seguem as recomendações e classificações da International Society of Rock Mechanics (ISRM), publicadas em 1977.

O estado de alteração das rochas é muito variável, tendo em conta os fatores climáticos que atuam sobre elas. As rochas podem ser deformadas através do intemperismo químico e físico mas que são facilitados pela presença de falhas diáclases e descontinuidades (Conceição, 2012).



Figura 3.8 - Granito com diáclases.

De acordo com o Quadro 3.1, o grau de alteração ou meteorização das rochas pode ser agrupado em cinco categorias, a saber:

Símbolos	Designações	Descrição
W ₁	São	Sem quaisquer sinais de alteração.
W ₂	Pouco alterado	Sinais de alteração apenas nas imediações das descontinuidades.
W ₃	Medianamente alterado	Alteração visível em todo o maciço rochoso mas a rocha não é friável.
W ₄	Muito alterado	Alteração visível em todo o maciço e a rocha é parcialmente friável.
W ₅	Decomposto	O maciço apresenta-se completamente friável, praticamente com comportamento de solo.

Quadro 3.1 - Classificação da meteorização dos maciços rochosos (ISRM, 1977).

A deformação das rochas durante a formação de uma cadeia de montanhas, resulta, sobretudo, das pressões que as afetam no interior da crosta, controladas pelas temperaturas que ali reinam, e depende da natureza dessas rochas (Viera, 1986).

O aumento da pressão litostática e da temperatura com a profundidade, além de promoverem o metamorfismo, transformam os materiais rígidos em outros cada vez mais plásticos (dúcteis), a ponto de se comportarem como um líquido muito viscoso, situação que antecede a sua transformação num magma. Nestas condições, as pressões orientadas responsáveis pela orogénese podem dobrar, enrugar ou fazer fluir materiais que, à superfície, se comportam como rígidos. O tempo é ainda um fator determinante nestes processos extremamente lentos, que necessitam de dezenas e até de centenas de milhões de anos para se consumarem. Nas rochas que, pela sua natureza e pelas pressões e temperaturas a que estiveram sujeitas, apresentam comportamento quebradiço, a deformação manifesta-se apenas pela existência de numerosos planos de rotura, ou falhas. Pode, neste caso, falar-se que estamos diante de uma deformação propriamente dita (Figura 3.9) (Rothery, 1997).



Figura 3.9 - Granito deformado.

A partir de uma certa profundidade, as rochas começam a adquirir plasticidade (ductilidade), ou seja, passam a ter capacidade de se deformar sem sofrer fracturação, levando ao aparecimento de dobras. Nestas condições, os estratos adquirem curvaturas mais ou menos acentuadas, sem que haja variação sensível da sua espessura ao longo dos diferentes pontos. No estado mais evoluído da deformação, em condições termodinâmicas correspondentes a maiores profundidades, onde a ductilidade é já suficientemente grande, as rochas, de um modo geral, sofrem um achatamento generalizado, segundo uma direção perpendicular à do esforço máximo

a que são sujeitas. Deste modo, as rochas argilosas adquirem xistosidade e as dobras ficam com espessuras diferentes, mais delgadas nos flancos do que nas charneiras. São as dobras anisópacas ou achatadas. Em condições extremas de pressão e temperatura, correspondentes a grandes profundidades, as rochas comportam-se como fluidos viscosos, originando um tipo de dobras bastante diferente das anteriores, designadas por dobras de fluência (Deere et. al., 2010).

A deformação não é a mesma em todos os pontos de uma cadeia montanhosa, o que se comprova pelo facto de exibirem zonas intensamente deformadas passando, gradualmente, a outras, onde esse efeito não se faz sentir. As correspondentes estruturas são tão variadas quanto as pressões e temperaturas que as criaram e quantos os tipos de rocha ali representados. Assim, nas cadeias orogénicas é possível distinguir vários domínios ou níveis estruturais, escalonados consoante as profundidades a que se deram as respetivas deformações. No nível estrutural superior a deformação faz-se, essencialmente, por fracturação, que tem lugar nas zonas mais superficiais da crosta sob pressões litostáticas muito fracas ou, mesmo, nulas. Apenas as rochas muito plásticas (argilitos e evaporitos) chegam a dobrar (Andrade,1991).

As rochas são deformadas por dobramento ou por falhas, quando submetidas a diferentes tipos de forças tectónicas. Os geólogos observam o padrão de deformação como no campo e inferem a natureza das forças que vimos que a maneira pela qual as rochas deformam-se depende do tipo de força às quais elas estão submetidas e às condições sob as quais as forças são aplicadas. Certas camadas enrugam-se, formando dobras, e outras fraturam. As rochas graníticas, as discontinuidades mais comuns são as diáclases e, por isso, neste tipo de materiais costuma-se falar em “estudo da fracturação” e em lugar de “estudo das discontinuidades”. As diáclases são superfícies de fratura onde não existe movimentação apreciável. Nos corpos graníticos, a génese destas estruturas pode estar ligada a processos magmáticos (diáclases primárias). Existem dois tipos de fraturas: as juntas e as falhas. Uma junta é uma fissura ao longo da qual não houve um movimento apreciável (Figura 3.10). Por outro lado uma falha é uma fratura com movimento relativo das rochas em ambos os lados paralelos à fratura (Rothery,1997).



Figura 3.10 - Granito fraturado.

As fraturas nas rochas ígneas podem ser local de circulação e instalação de magmas e soluções aquosas quentes, com consequente cristalização por precipitação de minerais de composição química variada. O preenchimento das fraturas gera corpos mais ou menos tabulares, com espessuras que poderão ser da ordem de milímetros ou centímetros em alguns casos atingem mais de um metro na qual chamaremos de filão (Figura 3.11) (Rothery, 1997).

As dobras, assim como as falhas, são assinaturas das forças deformacionais que resultam da tectônica de placas. A deformação pode ser produzida por forças horizontais ou verticais na crosta, do mesmo modo que pode se dobrar uma folha de papel empurrando um de seus lados contra o oposto, ou empurrando-a para baixo ou para cima num de seus lados. O dobramento é uma forma comum de deformação observada em rochas acamadas, mais tipicamente em cinturões de montanhas (Freitas, 2005).

As rochas acamadas que foram dobradas em arco, com concavidade para baixo, são chamadas de anticlinais; já aquela dobra das concavidades para cima, formando calhas são denominadas de sinclinais. Os dois lados de uma dobra são chamados de flancos. O plano axial é uma superfície imaginária que divide uma dobra tão metricamente quanto possível, com um flanco em cada lado plano. As forças tectóni-



Figura 3.11 - Pequeno filonete constituído por quartzo e feldspato (Conceição, 2012)

cas que deformam as rochas podem ser de vários tipos: forças compressivas, que apertam e encurtam um com: forças extensionais, que alongam um corpo e tendem a segmentá-lo; e forças de cisalhamento, que empurram cada dos dois lados de um corpo em direções opostas (Rothery, 1997).

As dobras das rochas são como as dobras das roupas da mesma maneira como uma roupa fica enrugada quando suas extremidades são empurradas uma contra a outra, também as camadas dobram-se quando são lentamente comprimidas por forças da crosta.

As forças tectônicas também podem causar o rompimento de uma formação rochosa com deslizamento paralelo à fratura em ambos os lados da mesma, isso é uma falha. Falhas são as formas de deformação mais comum em rochas sedimentares, metamórficas e ígneas que formam a crosta terrestre (Figura 3.12) (Freitas, 2005).



Figura 3.12 - Falha geológica.

As dobras e as falhas geológicas apresentam tamanhos que variam de centímetros a dezenas de quilômetros ou mais. Muitos cinturões de montanhas são, na verdade, uma série de grandes dobras ou falhas, ou ambas, que foram meteorizadas e erodidas. Atualmente, os geólogos acreditam que as forças que movem as grandes placas são também responsáveis pelas deformações encontradas (Popp, 2010).

3.5. Origem e Formação dos Solos

O solo é a camada mais superficial da crosta terrestre, onde se desenvolvem muitas plantas e vive uma grande variedade de animais. Esta camada, o solo, não é muito profunda; tem, em média, trinta centímetros de espessura (Figura 3.13). Ela vem se formando há milhões de anos, com o acúmulo de pequeníssimas partículas, formadas pelo desgaste das rochas, que foram-se misturando com os restos de animais e plantas (Jean, 1987).

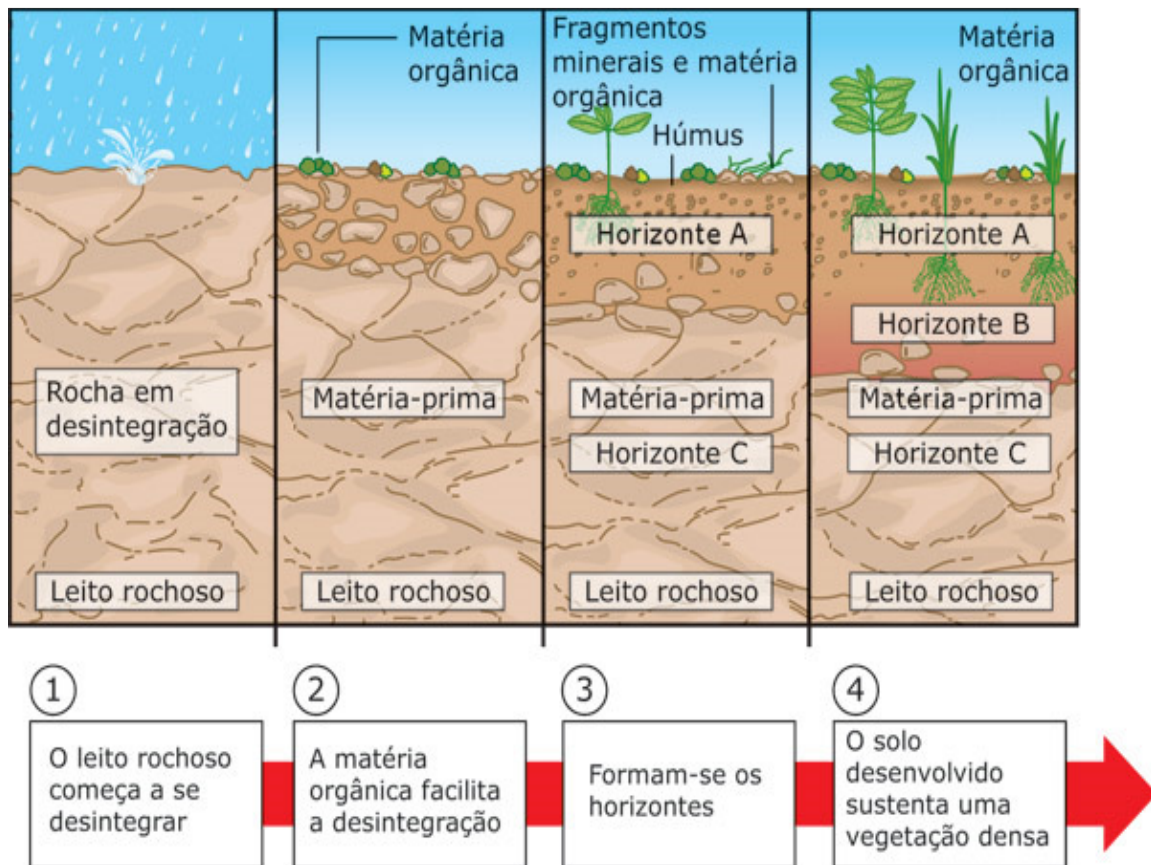


Figura 3.13 - Origem e formação do solo (Wilson et. al., 2000).

Uma rocha qualquer tem sua origem ao sofrer intemperismo (umidade e temperatura elevada) o que a transforma em solo, ao longo de sua existência a rocha alterada em solo adquire maior porosidade e, como decorrência, há penetração de ar e água, o que cria condições propícias para o desenvolvimento de formas vegetais e animais. Estas, por sua vez, passam a fornecer matéria orgânica à superfície do solo, aumentando cada vez mais sua fertilidade. Assim, o solo é constituído por rocha intemperizada, ar, água e matéria orgânica, formando um manto de intemperismo que recobre superficialmente as rochas da crosta terrestre (Wilson et. al., 2000). Cada rocha e cada maciço rochoso se decompõem de uma forma própria. Porções mais fraturadas se decompõem mais intensamente do que as partes maciças, e certos constituintes das rochas são mais solúveis que outros. As rochas que se dispõem em camadas, respondem ao intemperismo de forma diferente para cada camada, resultando numa alteração diferencial. O material decomposto pode ser transportado pela água, pelo vento (Pinto, 2000).

Os solos são misturas complexas de materiais inorgânicos e resíduos orgânicos parcialmente decompostos. Para o homem em geral, a formação do solo é um dos

mais importantes produtos do intemperismo. Os solos diferem grandemente de área para área, não só em quantidade (espessura de camada), mais também qualitativamente. Os agentes de intemperismo estão continuamente em atividade, alterando os solos e transformando as partículas em outras cada vez menores. O solo propriamente dito é a parte superior do manto de intemperismo, assim, as partículas diminuem de tamanho conforme se aproximam da superfície (Caputo, 1988).

Os fatores mais importantes na formação do solo são:

- rocha de origem;
- ação de organismos vivos;
- clima adequado;
- inclinação do terreno ou condições topográficas.
- tempo (estágio de desintegração/decomposição).

A figura 3.14 ilustra claramente que existe uma base rochosa em que os granitos compartimentados foram ficando com as arestas boleadas e os vértices arredondados à medida que foram ficando submetidos à ação dos agentes atmosféricos. E quando ficaram expostas à superfície sofreram a ação (meteorização física e química) dos fatores climáticos, o que provocou a sua alteração (Godard, 1977).

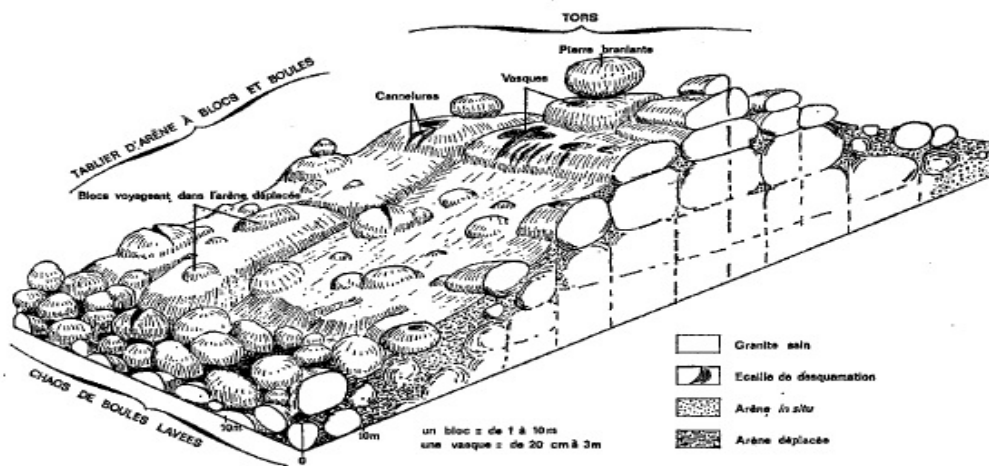


FIG. 8. — La filiation entre plusieurs modelés de détail du granite; l'insertion de quelques microformes

Figura 3.14 - Esquema sobre a origem e formação do solo (Godard, 1977).

Quando o solo é originado da própria rocha matriz é chamado de autóctone e quando é formado através do transporte de sedimentos é chamado de alóctone. Logo abaixo do solo, aparece uma camada mais profunda e espessa, que é o subsolo. O solo é originado de uma rocha matriz, pois inicialmente na crosta terrestre só havia rocha. Com o tempo e sob a ação do calor, do vento e da água e outros fatores da pedogênese ela foi se desgastando e formando uma parte mineral (areia, calcário e argila) e uma outra parte orgânica (húmus = restos de animais vegetais em decomposição). (Das, 2012)

3.6. Classificação dos Solos quanto à sua Origem

Pinto (2000), afirma que quanto à formação, podemos classificar os solos em três grupos principais: Solos residuais, transportados e os solos orgânicos.

Solos residuais são os que permanecem no local da rocha de origem (rocha mãe), observando-se uma gradual transição da superfície até a rocha. Para que ocorram os solos residuais, é necessário que a velocidade de decomposição de rocha seja maior que a velocidade de remoção pelos agentes externos. Estando os solos residuais apresentados em horizontes (camadas) com graus de intemperismos decrescentes, podem-se identificar as seguintes camadas: solo residual maduro, saprólito e a rocha alterada.

Solos sedimentares ou transportados são os que sofrem a ação de agentes transportadores, podendo ser aluvionares (quando transportados pela água), eólicos (vento), coluvionares (gravidade) e glaciares (geleiras).

Solos orgânicos originados da decomposição e posterior apodrecimento de matérias orgânicas, sejam estas de natureza vegetal (plantas, raízes) ou animal. Os solos orgânicos são problemáticos para construção por serem muito compressíveis. Em algumas formações de solos orgânicos ocorre uma importante concentração de folhas e caules em processo de decomposição, formando as turfas (matéria orgânica combustível).

O solo é composto por partículas sólidas que apresentam vazios entre si. Estes vazios podem estar preenchidos por água e/ou ar. Assim, temos 3 fases: fase sólida, fase líquida e fase gasosa.

3.7. Tipos de Solos

Segundo Diniz (1973), na zona Agrícola 30, na qual o Lubango esta incluído existem 5 tipos de solos: ferralíticos, psamíticos, arenosos, argilosos e humíferos.

Solos ferralíticos - potencial baixo (um pouco mais favorecido quando os solos são derivados de doleritos); as suas características permitem a plantação de culturas tradicionais (milho e batata), quando corretamente fertilizados e com técnicas culturais apropriadas; abuso de lavras no passado favoreceu a erosão e a diminuição do teor de matéria orgânica; os solos ferralíticos, ocupa cerca de 3/4 da zona, encontra-se associada ao clima húmido e estende-se por toda a metade nordeste da aplanção inferior do Planalto Central. A sua génese advém da alteração acentuada dos materiais primários das rochas que lhes deram origem. Estes solos são também observados no planalto da Humpata, já em clima mais seco ou na transição entre eles, sobretudo quando se relacionam com determinados materiais rochosos da Formação da Chela, que correspondem a relevos pouco acidentados ou aplanados.

Os solos ferralíticos, distribuídos em toda a faixa meridional e sudoeste da zona, associados a climas secos, com variações do sub-húmido ao semiárido. É frequente uma descontinuidade na representação destes solos, uma vez que as condições locais relacionadas com a presença de couraças lateríticas a pouca profundidade ou a ocorrência de materiais grosseiros implicam um fraco desenvolvimento do mesmo.

Solos psamíticos algum interesse agrícola, quando espessos, nomeadamente a plantação de árvores de fruto; recurso ao regadio e corretamente fertilizados; solos delgados sobre potencial agrícola nulo; bancada laterítica - utilização para pecuária extensiva; litossolos potencial agrícola nulo; utilização como pastagens naturais para o gado; poderão constituir reservas para a reflorestação; solos hidromórficos nível de fertilidade muito elevado; é possível a prática de uma agricultura intensiva; atender aos problemas da erosão dos solos.

Solo arenoso o solo chamado arenoso possui uma quantidade maior de areia do que de outros componentes. Este solo, por ser formado em grande parte por grãos de areia, deixa espaços entre os grãos, proporciona uma passagem maior de água e circulação de ar, sendo assim muito permeável. Os solos arenosos, sendo bastante permeáveis, são pobres em vegetação, pois não fornecem as substâncias necessárias à maioria das plantas, como principalmente a água. É por esta razão que somente algumas plantas se adaptam a este tipo de solo, como os coqueiros, as palmeiras e certos tipos de capim, por possuírem raízes profundas.

Solo argilosos, onde os grãos de argila são bem menores que os grãos de areia, retêm mais água, isto é, são pouco permeáveis e bem menos arejados, porque os espaços são menores dificultando o escoamento de água e a entrada de ar. Quando estes solos secam, racham-se e arrebentam as raízes das plantas, conseqüentemente matando-as. O solo argiloso não é bom para o cultivo de determinados vegetais, mas alguns se desenvolvem bem, como o cafeeiro (Guerra, 1957).

Solo húmifero. Estes tipos de solo têm um aspeto escuro, o que demonstra a existência de matéria orgânica, o húmus, tornando este solo fértil. No solo húmifero vivem seres vivos microscópicos, quer dizer, tão pequenos que só podem ser vistos pelo microscópio, que transformam os nutrientes, ou melhor, substâncias presentes no solo, para serem utilizadas pelos vegetais na sua nutrição. O húmus é muito bom para o cultivo de plantas em geral e para a jardinagem (Guerra, 1957).

3.8. Noção de Estrutura e de Textura do Solo

A estrutura do solo é definida pela disposição dos constituintes do solo, uns em relação aos outros. O solo surge como um conjunto de elementos construídos entre os quais circulam a água e o ar; o elemento estrutural de base é o agregado. A proporção dos diferentes constituintes do solo segundo a dimensão das partículas é definida pela análise granulométrica. Quanto a textura os solos podem ser: arenosos (areia grossa, média e fina), siltosos e argilosos.

Granulometria é a distribuição, em percentagem, dos diversos tamanhos de grãos (Figura 3.156). Para se proceder a uma análise granulométrica de um solo, faz-se necessário fazer com que os componentes deste atravessem peneiras, as quais são dispostas ordenadamente, superpondo-as na ordem de série. A análise granulométrica consiste, em geral, em duas fases distintas: peneiramento e sedimentação (Caputo, 1988).

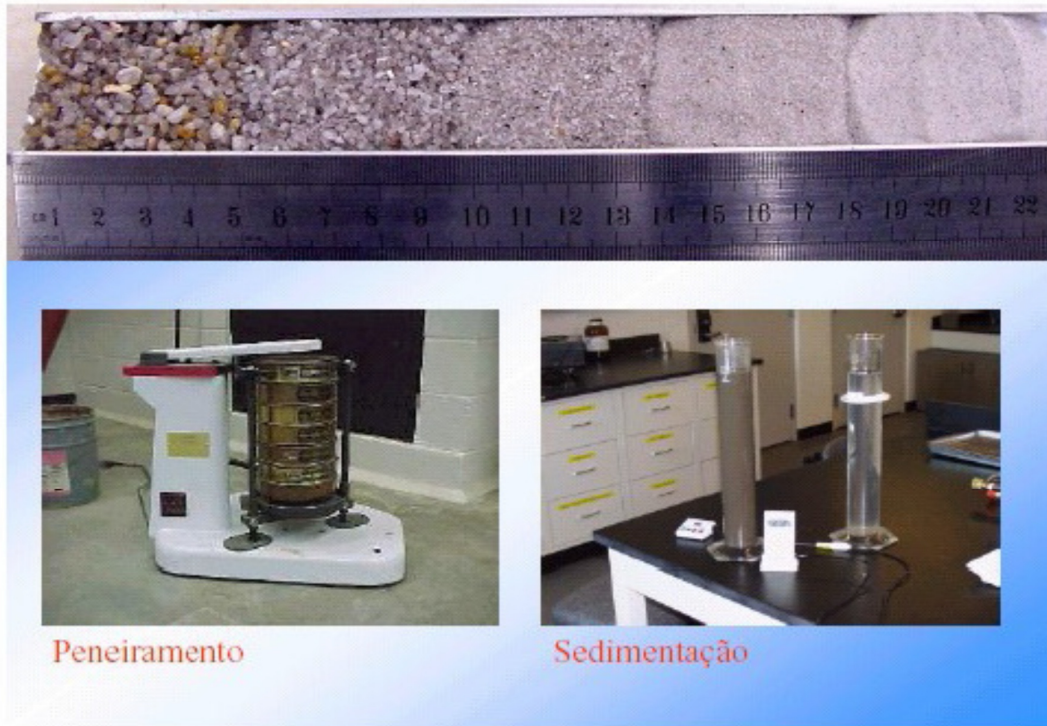


Figura 3.15 - Análise granulométrica (Primavesi, 2002).

3.10. Erodibilidade dos Solos

São vários os parâmetros a considerar para quantificar a erosão do solo. Segundo (Costa,1951), erosão dos solos pode resultar:

- da erosividade da chuva e dos ventos;
- da topografia;
- do tipo de cultura ou vegetação;
- das práticas agrícolas incorretas do solo.

Considera-se, portanto, que para as mesmas condições energéticas de precipitação, uns solos são mais facilmente erodíveis que outros. Esta erodibilidade vai depender da textura (principalmente do teor em areia), do teor de matéria orgânica, da estrutura do solo e da permeabilidade, podendo deste modo ser quantificada (Costa e Azevedo, 1957).

Devido às características dos solos ferralíticos descritas anteriormente, pode-se considerar que estes são propícios à ocorrência de erosão de alguma intensidade. À partida, poder-se-ia supor que o facto de as camadas superficiais serem predominantemente arenosas (com maior incidência de areias grossas), indicariam

um fator de erodibilidade fraco, uma vez que o material a ser arrastado é de grandes dimensões (Azevedo, 1957).

No entanto, o simples facto de por baixo de uma camada superficial de permeabilidade elevada (franco-arenosa) existir uma de permeabilidade mínima (argilosa ou argilo-arenosa) faz com que a água se acumule nas camadas do solo junto à superfície, podendo levar à saturação do solo arenoso, passando este a ser facilmente arrastado, nomeadamente quando o impacto e a quantidade de água da chuva é suficiente para mover partículas de maior dimensão. Estando estes solos cobertos por um conteúdo de matéria orgânica muito baixo (nunca superior a 3%), a permeabilidade da camada superficial será ainda mais elevada, aumentando a quantidade de água infiltrada na mesma (Costa e Azevedo, 1957).

Quanto à estrutura, o facto de esta ser granular, média e grosseira (devido à elevada percentagem de areia grossa à superfície, superior a 50% faz com que o fator de erodibilidade seja ainda mais elevado, quando comparado com outros solos mais compactos. A própria degradação ou destruição do coberto vegetal natural da região, a Mata de Panda, ao mesmo tempo que torna o solo mais exposto à ação mecânica da água das chuvas, faz com que a disponibilidade hídrica no solo seja maior, uma vez que diminui a retenção da água pela própria vegetação (Azevedo, 1957).

Os solos nus ficam expostos a intensa erosão hídrica e eólica com a redução da cobertura vegetal diminui a retenção e absorção da água das chuvas por parte dos solos facilitando a escorrência. Este tem como efeito o arrastamento da terra, de sais minerais e subterrâneos orgânicos indispensáveis ao desenvolvimento das plantas, e a criação de regos e ravinas. Aumento da erosão dos terrenos e conseqüentemente o aumento da acidez e a impossibilidade de recuperação de solos para qualquer fim agrícola. Alteração dos regimes da pluviosidade, alterações do ciclo biogeoquímico da água, do oxigénio e do carbono (Guerra, 1957).

Quando o solo está desprotegido a água das chuvas perde-se rapidamente por escoamento superficial, o que dificulta a infiltração no solo. Nestas circunstâncias dá-se o abaixamento da toalha freática, com conseqüente redução dos recursos hídricos subterrâneos. Os processos de degradação do solo constituem um grave problema a nível mundial com conseqüências ambientais, sociais e económicas significativas. A medida que a população mundial aumenta, a necessidade de proteger o solo como recurso vital, sobretudo para a produção alimentar, também aumenta. A conservação do solo é estabelecida a partir de dados do levantamento do meio e das interpretações

de risco de erosão e da capacidade de uso para redução da degradação das terras (Kirkby, 1980).

Aos solos mais sujeitos a erosão com maior declive, recomenda-se o cultivo de plantas perenes ou culturas anuais com vegetação permanente, como forragens sendo de grande declive, a construção de socalcos. O uso inadequado do solo pode levar a um profundo desequilíbrio do sistema produtivo, diminuindo a qualidade, quantidade e os respectivos rendimentos agrícolas. Logo é necessário combater a erosão, a compactação, o aumento da salinidade e da acidificação.

Medidas que devem ser tomadas para a proteção e conservação do solo:

Preservar as plantas porque a vegetação natural possui características que conservam o solo; não retirar coberturas vegetais dos solos porque assim torna célere o processo de erosão; é necessário reflorestar as áreas com pouca vegetação para evitar a ocorrência da erosividade (Lepsch, 2002).

4. Resultados e Discussões

Este capítulo representa um interesse fundamental no presente estudo, realçando os aspetos relevantes no processo de alteração ou meteorização das rochas graníticas, dando origem ou processo de formação do solo, observados no capítulo 3, no qual fazia a descrição da litologia de várias estações, tirando as referências e sua identificação para futuros trabalhos de pesquisa. Depois de feita a caracterização da área de estudo no capítulo 2, neste sentido estudou-se os vários estados ou fase do material que compõe a pedra. Na primeira estação fez-se o estudo do material não alterado ao material pouco alterado, na segunda analisou-se o material medianamente alterado ao muito alterado e na terceira estação fez-se a caracterização do material totalmente decomposto. O estado de alteração das rochas é muito variável, tendo-se verificado a alternância de zonas com graus de alteração bastante diferente.

Estações	Coordenadas	Orientação	Pendor
Nº 1	S 14º 50' 56" E 13º 26' 46"	N 30º E	SE
Nº 2	S 14º 50' 05" E 13º 26' 02"	N 50º W	NE
Nº 3	S 14º 50' 27" E 14º 50' 15"	N 40º E	6º W

Quadro 4.1 – Estações de observação.

Material não alterado, neste ponto verificamos rochas graníticas, constituídas essencialmente por quartzo e feldspato. Para além destes minerais essenciais, podem encontrar-se moscovite, biotite e/ou anfíbola, como minerais característicos, assim como outros minerais em quantidade acessória (apatite, magnetite,) (Carlos, Pierre, 1998) afirmaram na sua obra.

Durante a formação destas rochas o magma esfriou lentamente no interior da Terra, os cristais microscópicos a formaram-se a medida que o magma esfriava baixou de temperatura de fusão, alguns desses cristais tiveram tempo de crescer até poucos milímetros, esta é a razão de se verificar a textura grossa nas rochas graníticas como defendeu no seu trabalho (Rose, 1994).

Estas rochas com o decorrer do tempo e com a ação dos processos de formação do solo foram ficando mais expostas a superfície, mas nem por isso apresentam um grau de alteração significativo, elas ainda não sofreram muito intemperismo ou meteorização portanto ainda conservam o seu estado coesão com os seus minerais bem agregados, no entanto este material esta ainda são (Figura 4.1).



Figura 4.1 - Granito são.

Na base desta figura 4.2, verifica-se o material são, mas na parte superior já se constata uma certa alteração química devido à ação da água, pois a rocha ganhou uma coloração mais acastanhada e preta, sendo aparentemente mais frágil que o material da base.



Figura 4.2 – Granito não alterado.

Material pouco alterado, O maciço rochoso apresenta-se ligeiramente alterado, com evidências de alteração mais fortes perto das zonas de descontinuidade, que correspondem a zonas de maior fragilidade do maciço e por onde a água se infiltra. Caracteriza-se também já por alguma desagregação de blocos na zona mais superior, ao passo que na base há uma ligeira aceleração na alteração devido à exploração artesanal do granito (Figura 4.3).



Figura 4.3 - Maciço rochoso pouco alterado.

A ação da água em contacto com a rocha diante dos fatores atmosféricos deu-se lugar a uma reação (hidrólise), onde a água em reação com os hidróxidos de ferros, causou a coloração vermelha-castanhada na rocha, este é o motivo da rocha mudar de cor de imediato). Nas rochas graníticas, as descontinuidades mais comuns são as falhas e as diáclases que verificamos nesta estação contribuem significativamente para alteração da rocha, uma vez que a água, as raízes das plantas vão infiltrando-se nestas fissuras, aceleram o processo de decomposição (Figura 4.4).



Figura 4.4 – Granito pouco alterado e com diáclases

Material medianamente alterado, uma vez que o granito é essencialmente constituído por quartzos, micas; estando exposto ao agentes de formação do solo, com o tempo foram sofrendo uma desintegração (meteorização química) e uma desagregação (meteorização física) e os minerais, começando pelos menos resistentes o no caso o feldspatos, as micas e no final os quartzos que são mais difíceis de se alterar, foram alterando-se, nesta fase de transição o material alterado começa a transformar-se minerais de argila (Figura 4.5).

A alteração começou da parte de cima ou a que esta mas exposta que por sinal está mais suscetível a meteorização. Nota-se na parte superior o solo já formado a seguir a rocha altamente alterada e no final o contraste de que o material mas ao fundo

apresenta-se sadio, mas que também a medida que vai ficando exposto a superfície vai se alterando (Figura 4.5).



Figura 4.5 - Granito medianamente a muito alterado. .

A figura 4.6 mostra-nos que evidentemente na parte superior já houve uma intensa decomposição do material, apenas ainda resistiram alguns quartzos devido à sua composição mineralógicas que é bastante resistentes ao passo que os outros minerais já se decompuseram, é visível também uma linha intermédia de transição entre o material de cima e o material da base ainda conserva o seu estado são pelo facto de estar muitos anos no subsolo.



Figura 4.6 - Contacto entre o granito são e o muito alterado.

Material muito alterado: foi constatado que a maior parte das rochas apresentavam muitas falhas e diáclases que são os locais onde geralmente começaram as alterações, dizer que quando a água infiltrou-se nas diáclases a rocha sofreu uma oxidação o que viria dar uma coloração acastanhada vermelha ao futuro solo, uma das características do material muito alterado é um som mas oco quando batemos com o martelo (Figura 4.7). Portanto este material sofreu uma intensa decomposição, quase que já não nota-se nenhum mineral da rocha, só falta ter um perfil pedológico bem definido para ser um solo propriamente dito.



Figura 4.7 - Granito muito alterado.

O extremo norte da frente da exploração da pedreira é o sector onde o grau de alteração é maior, onde verifica-se que a humidade é maior, uma vez que essa secção é mais sombria, e também porque aparenta corresponder a uma das primeiras zonas da frente onde a exploração foi abandonada, estando portanto sujeita aos agentes erosivos há mais tempo. O material decomposto foi arrastado ou lixiviado da jusante para a montante, isto é tendo sempre em consideração o pendor, considerando sempre que isto é um processo contínuo (Figura 4.8).



Figura 4.8 - Material muito alterado.

Solo é o resultado de todas estas alterações do material, ou seja desde a rocha consolidada ate o estado mais avançado da alteração da matéria. Alteração das rochas formou-se minerais de argila (ilites, caulinite e outros), com ação de todos fatores do clima, animais, plantas (que formam a matéria orgânica) num determinado tempo surgiu assim o solo, já bem definido com textura e estrutura de um solo de origem granítica propriamente dita (Figura 4.9).



Figura 4.9 - Solo de origem granítica.

O perfil do solo constituído por vários horizontes e as partículas que o constituem apresentam uma granulometria que vai desde areia grossa, areia fina, limo e argila. Na parte superior apresenta uma coloração mais escura devido a decomposição da matéria orgânica. E tendo em conta o pendor e o processo de lixiviação, há maior concentração de matéria orgânica a jusante do que a montante (Figura 4.10).



Figura 4.10 - Solo

5. Conclusões e Recomendações

5.1. Conclusões

Pretende-se levar em conclusão os aspetos e as condições de alterabilidade das rochas graníticas bem como a formação dos solos graníticos no Lubango concretamente na zona da pedreira-Mapunda, sendo assim as conclusões do ponto de vista geotécnico são :

- O material pouco alterado apresenta alguns sinais de alteração nas imediações das descontinuidades.
- O material medianamente alterado caracterizam-se pelo facto de a alteração ser visível em todo o maciço e a rocha não é friável.
- O material muito alterado representa uma alteração visível também em todo o maciço rochoso e a rocha é parcialmente friável.
- O Solo maciço encontra-se num estado completamente friável ou seja totalmente decomposto.
- A fraturação exerce um papel imprescindível no processo de alteração das rochas.
- O tipo de faturação mais comum no maciço rochoso da pedreira da Mapunda são as diáclases.
- Os granitos constituem a base impermeável dos aquíferos da região da pedreira.
- Todos os solos da do bairro da Mapunda (região da pedreira) originaram de um maciço rochoso essencialmente constituído por granito.
- Os solos de origem graníticas da (zona da Pedreira) do tipo ferralíticos, caracterizam-se por serem solos muito desenvolvidos, de textura argilosa ou areno-argilosa, ótima porosidade, cor vermelha, amarela a castanha, baixa fertilidade natural, bem drenados e muito ácidos.
- Nestes solos os processos de migração estão restringidos pelo alto grau de estabilidade da argila, têm, portanto, ótimas propriedades físicas, mas requerem boa adubação orgânica ou inorgânica e calagem. São portanto solos apropriados para a agricultura desde que sejam bem manejados.

5.2. Recomendações

- Os agricultores devem realizar práticas agrícolas adequadas para manuseamento do solo, uma vez que mobilizações excessivas e as práticas incorretas causam erosão. Devem também recorrer a adubação e a correção do solo, tendo em conta o défice de alguns nutrientes e a acidez do solo.
- Os pastores podem continuar normalmente com a sua atividade pecuária, visto que nestes solos existem grandes quantidades de massa verde e com um bom poder vegetativo.
- As comunidades envolventes devem deixar de fazer uso incorreto da pedreira que vai desde práticas inadequadas de exploração de inertes, ao uso de wc naquele lugar. Tal tem provocado muitos impactos sociais na comunidade, diretos ou indiretos, a curto, médio e longo prazo.
- Pode-se fazer a exploração mecanizada do granito, uma vez que dele derivam várias rochas ornamentais que por sinal são muito importantes do ponto de vista económico.
- Aos investigadores, dizer que este tema ainda há muita que se diga e não para por aqui, por isso devem dar seguimento a mais trabalhos científicos na zona em questão.
- Ao governo ou autoridades competentes devem preservar toda zona da pedreira e elaborar um projeto de recuperação e requalificação de zona degradada para a região em causa, gerando deste modo um melhor proveito para população.

6. Bibliografia

- Aguiar, F. (1969). Importância das Formações de Recobrimento numa Zona de Solos Ferralíticos em Angola. IIAA, Nova Lisboa.
- Andrade G.P (1991). Ensino de geologia. Universidade Aberta. Lisboa
- António F.P.L (2014). Classificação hidrogeoquímica das águas subterrâneas na região do Lubango e Palanca. Tese de Mestrado não publicada. Universidade de Coimbra, 18 pp.
- Azevedo, A. (1957). Dois Problemas da Agricultura Ultramarina: Erosão e Povoamento. Boletim da Sociedade Geografia, 75 (4-6). Lisboa, pp.197-205.
- Allegre, C. (1993). As Fúrias da Terra. Lisboa. Relógio d' Água.
- Alves, A. A. (1951). Grandes Problemas – Pequenas Soluções. I – Um Processo Rudimentar de Defesa Contra a Erosão. Revista Gabinete Estudos Ultramar.,Lisboa, 1 (1), pp.22-28.
- Barker, D. S. (1983). Igneous Rocks. Englewood Cliffs.
- Bartolo R. A. e Marcolan Bourotte C. L. M. (2009). Relações Rochas-agua e Hidro-geoquímica do Crómio na Água Subterrânea de Poços de Monitoramento Ambientais de Angola, Cursos Superiores de Agronomia e de Silvicultura, Nova Lisboa.
- Botelho da Costa, J. (1973). Caracterização e Constituição do Solo. Fundação Calouste Gulbenkian, 4ª edição.
- Botelho da Costa, J. (1993). Estudo e Classificação das Rochas por Exame Macroscópico. Fundação Calouste Gulbenkian, 8ª edição.
- Brady, B. H. G. & Brown, E. T. (2004). Rock Mechanics for Underground Mining. George Allen & Unwin, London. .
- Caputo, Homero Pinto (1988). Mecânica dos Solos e suas Aplicações.6ª edição. Editora Livros Técnicos e Científicos, Vol. 1.
- Carlos Eduardo de Mesquita Barros & Pierre Barbey (1998). A Importância da Granitogênese tardi-arqueana. Complexo Granítico Estrela e sua Auréola de Contato Técnicos e Científicos Editora Lda, 6ª edição, v. 1.
- Carvalho A. M. G (2011). Dicionário de Geologia. Editora Âncora.Lisboa

Carta Geral dos Solos de Angola – escala 1:1.000.000, Folha I - Distrito da Huíla.
Fonte: Ministério do Ultramar/ Junta das Missões Geográficas e de Investigações do Ultramar/ Missão de Pedologia de Angola.

Costa, J. (1951). Aspectos da Erosão do Solo de Angola. Revista Agros, 34 (1-2). Lisboa, pp.15-22.

Conceição L.S. Freire (2012). Estudo da Fracturação e Caracterização Tecnológica do Granito de Campia. Tese de Mestrado não publicada. Universidade de Aveiro.

Costa, J.; Azevedo, A. (1957). Classificação dos Solos de Angola. Comunicações das 1as Jornadas de Estradas, 23, vol. 1, Luanda.

Corroll, D. (1970). Rock weathering. New York, Plenum.

Correia, H. (1976). O Grupo Chela e a Formação Leba como Novas Unidades Litoestratigráficas Resultantes da Redefinição da Formação da Chela na Região do Planalto da Humpata (SW de Angola).

Cruz J. R. (1940). O Clima de Angola. Elementos da Climatologia. Garcia de Orta, Ser. Geologia, 6 (1-2), Lisboa, pp. 15-30.

Das Braga. M (2012). Fundamentos da engenharia geotécnica. 7ª edição. Editora Cengage Learningue, São Paulo

Deer. W.A , Howie .R.A e Zussnam.J (2010). Minerais constituintes das rochas ; Uma Introdução .4ª edição. Editora fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa

Diniz, A. C. (1973). Características Mesológicas de Angola. M.I.I.A, Nova Lisboa.

Diniz, A. C. (1989). Bacias Hidrográficas do SW Angolano. Recursos em Terras com Aptidão para o Regadio. Ministério do Plano, Luanda.

Diniz, A.C (1991). Meio Físico e Potencialidades Agrárias. Lisboa.

Diniz, A. C. (2001). Grandes Bacias Hidrográficas de Angola. Recursos em Terras com Aptidão para o Regadio das Bacias do Cuanza, NW Angolano e SW Angolano. Instituto da Cooperação Portuguesa e Agência Portuguesa de Apoio.

Feio, M. (1981). O Relevo do Sudoeste de Angola. Estudo de Geomorfologia. Memórias da Junta de Investigações Científicas do Ultramar, n.º 67 (2ª série), Lisboa.

Freitas M.C (2005). Geologia e ambiente; recursos geológicos. Lisboa

Guerra, G. (1957). Problemas de Erosão e Conservação dos Solos. Gazeta Agrícola Angola, Março, 1(9), Luanda. pp. 336-338.

Gonzalez e Francisco (1982). Atlas Geográfico. Volume 1. República de Angola.

Godard, Alain (1977). Pays et Pysages du Granite. Introduction à une Géographie des Domains Granitiques. Press Universitaires de France.

GPH (2007). Governo Provincial da Huila. Plano Diretor da Província da Huila .

INE, (2014). Instituto Nacional de Estatística. Censo Populacional. Angola

ISRM (1977). International Society of Rock Mechanics. Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geom. Abstr., 15 (6), pp. 319-368.

Jean-Lois Eliarde (1987). Manual Agricultura Geral.

Kirkby, M.; Morgan, R. (1980). Soil Erosion. John Wiley & Sons, Londres.

Lepsch, L F. (2002.). Formação e Conservação dos Solos. Oficina de Textos.

Marre, J. (2010). Méthodes d'Analyse Structurale des Granitoides. Manuel et Méthodes, n.º 3, 126pp., BRGM.

Marques, M., Sá, V. (1972). Caracterização sumária das condições edafoclimáticas.

Marques, M. (1977). Esboço das Grandes Unidades Geomorfológicas de Angola (2ª aproximação). Garcia da Orta, Série Geológica, Lisboa, 2 (1), pp. 41-44.

Medeiros, C. (1976). A colonização das Terras Altas da Huíla (Angola). Estudo de Geografia Humana. Memórias do Centro de Estudos Geográficos, n.º 2, Lisboa.

PDCL (2003). Plano Diretor da Cidade do Lubango. Estudo de Caracterização e Diagnóstico. Enquadramento Biofísico, Volume 3.

Pereira, E, Tassinari, C.C.G, Rodrigues, Van-Dúnem, M.V., (2011). Novos dados sobre a idade da sequencia Vulcano-sedimentares do grupo serra da Chela e do soco granítico subjacente: implicações na evolução crustal pós-Eburneana do SW de Angola.

Pereira E, Tassinari C,C,G,Rodrigues e Vandunem, M, V. (2013). Geologia na Região do Lubango, SW de Angola. Evolução no Contexto do Cratão do Congo. 1ª Edição.

Pedrosa, A. (1997). Geografia Física, Ambiente e Ordenamento, que perspectivas?". Cadernos ESAP, Porto.

Pinto, Carlos de Souza (2000). Curso Básico de Mecânica dos Solos. São Paulo. Oficina de Textos.

Popp José Henriques (2010). Geologia Geral. .6ª edição. Editora GEN. Rio Grande do Sul.

Primavesi, A. (2002). Manejo Ecológico do Solo. Agricultura em Regiões Tropicais. São Paulo.

Philpotts, A. R. (1990). Igneous and Metamorphic Petrology. Engle Cliffs, N. J: Prentice-Hall.

Ramiro Samouco, (1998). Dicionário de Agronomia.

Rothery David .A (1997).Geologia. Editora Europa-América.

Rose, S. V. (1994). Atlas da Terra: As Forças que Formam e Mudam o Nosso Planeta. (Ilustrado por Richard Bonson.) São Paulo.

Rocha, M. (1981). Mecânica das Rochas. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 445 pp.

Silveira, M. (1962). Climas de Angola. Serviço Meteorológico de Angola. Luanda.

Vale, F.S e Simões, M. C. (1971). Carta Geológica de Angola - escala 1:100.000, Folha 336. Direcção Provincial dos Serviços de Geologia e Minas.

Symes , R. F. (1995). The Description of Rock Masses for Engineering Purposes.

Varenes (2003). Produtividade dos Solos e Ambiente. 1ª edição, Setembro.

Vieira, A. (1958). Regiões Sísmicas de Angola (esboço). Serviço Meteorológico de Angola, Luanda.

Weiner, (1986). Planeta Terra. São Paulo. Martins Fontes.

Wilson Teixeira, Maria Cristina, Fábio Toledo, (2000). Decifrando a Terra. São Paulo

Outras fontes de consultas

Google. aert

w.w.w. cprm.cov.br

www. habbo.com.br

w.w.w. kunenerak.org/pt/rio.aspx.