

MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DA VERTENTE SUDESTE DA SERRA DE MARANGUAPE (CEARÁ) COM ÊNFASE EM MOVIMENTOS DE SOLOS E ROCHAS

*Helano Regis da Nóbrega Fonteles¹, César Ulisses Vieira Veríssimo² &
Jaime Quintas dos Santos Colares³*

Resumo

É apresentada neste trabalho a carta de zoneamento geotécnico geral para a vertente sudeste da serra de Maranguape (CE), Nordeste do Brasil na qual estão delimitadas áreas onde foram detectadas feições indicativas de movimentos de massa (solos e rochas) nas meio-encostas da serra. A elaboração da carta de zoneamento geotécnico baseou-se na superposição de informações geológicas (substrato rochoso e materiais inconsolidados) e geomorfológicas (formas de relevo e declividade em carta topográfica). Cada unidade geotécnica é constituída por cinco atributos a saber: origem, textura, tipo de substrato rochoso associado, profundidade e intervalo de declividade em percentual. Os tipos de movimentos de massa identificados foram: queda e tombamento de blocos e rastejo. O quadro observado na vertente sudeste da serra de Maranguape é de aparente estabilidade, não obstante devendo-se dar a devida atenção às áreas onde ocorrem casas em meio aos blocos rochosos.

Abstract

A general geotechnical zoning map is presented to the southeast slope of Maranguape mountain (Ceara State), Northeastern Brazil involving delimited areas that shows indicatives features of landslides (soils and rocks) at the middle portions of the slope of Maranguape mountain. The construction of the geotechnical zoning map was based on overlaying of geological data (rocky substrate and unconsolidated materials) and geomorphology data (landforms and declivity on topographical chart). Each geotechnical unit is composed by five attributes: origin, texture, associated rocky substrate type, depth and declivity interval given in percentage. The identified landslides types are: rock falls and soil creeping. An apparent stability condition was observed at the southeast slope of Maranguape mountain. However attention must be focused on areas where there are houses among the rock blocks.

Introdução

O mapeamento geotécnico vem sendo aprimorado desde o início do século e, compreende um conjunto de procedimentos essenciais ao estudo e planejamento da expansão de zonas rurais e urbanas. Especialmente a partir de meados do século XX teve grande impulso em decorrência da destruição parcial e/ou total de algumas cidades européias na 2ª Guerra Mundial, que de outro modo não poderiam ser reconstruídas sem as informações básicas do meio físico.

Os desastres com perdas materiais e humanas têm sido neste século um dos grandes desafios

¹Geólogo Mestrando em Geotecnia - EESC/USP

²Prof. Adjunto I do Departamento de Geologia/UFC

³Serviço Geológico do Brasil – CPRM/Residência de Fortaleza (REFO)

da geologia de engenharia e objeto de estudo de geólogos, engenheiros e geógrafos ou pela atuação multidisciplinar destas três categorias profissionais. Alguns trabalhos, em especial, (e.g. Cerri, 1993) têm sido desenvolvidos com o objetivo da consolidação dos conceitos de risco, eventos desastrosos (*hazards*), etc.

Guidicini & Nieble (1984) num levantamento histórico dos escorregamentos de massa, colocou o evento de Maranguape como representante do ano 1974 no inventário das catástrofes. Segundo os referidos autores e os técnicos do IPT em um trabalho realizado em 1975, foram ceifadas 12 vidas, além do arruinamento de dezenas de propriedades.

Apesar de constituir um evento, em primeira análise, natural, muitas vezes a interferência antrópica (ocupação desordenada, práticas agrícolas inadequadas, etc.) opera no sentido desencadear e/ou acelerar os processos naturais.

Devido à importância do tema e da área em estudo, o presente trabalho tem por finalidade contribuir com o conhecimento acumulado a cerca de uma região singular como a de Maranguape. O polígono de 92Km² definido como área de trabalho engloba a vertente sudeste da serra de Maranguape e situa-se cerca de 25Km, a sudoeste de Fortaleza. (Figura 1).

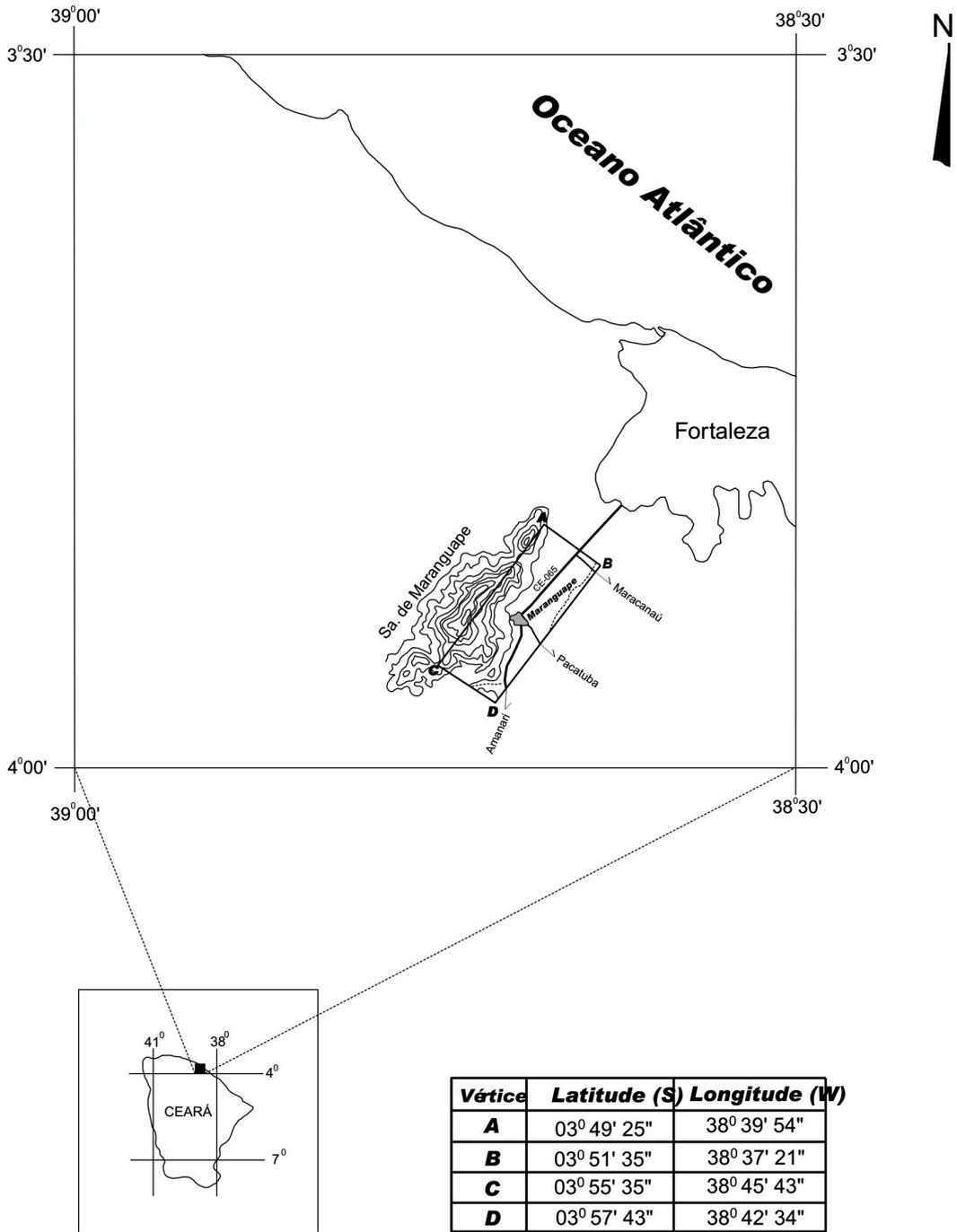
O Meio Físico da Área Estudada

Em decorrência de chuvas orográficas geradas pelo encontro de uma massa saturada proveniente do litoral, com a referida serra, é favorecido o desenvolvimento de um microclima tropical úmido de altitude localizado, notadamente na vertente sudeste. Com base em dados coletados por estações pluviométricas do DNOCS e da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), a média do acumulado pluviométrico anual entre 1912 e 1998 é de 1374 mm. Tal valor se destaca frente à pronunciada escassez hídrica no estado cearense como um todo.

Nas concepções de Moreira & Gatto (1981) e Souza¹ (1988), a serra de Maranguape é considerada como um *Maçiço Residual*, caracterizado por formas aguçadas e processos de dissecação, onde destacam-se os topos semi-contínuos e encostas entalhadas. A crista principal apresenta direção NE-SW, altitudes em torno 800m e 8Km de extensão. Este maciço encontra-se embutido numa superfície pediplanada circundante caracterizada por níveis altimétricos inferiores a 400m e pelo predomínio de formas erosivas conservadas. Souza¹ (*op. cit.*) refere-se a superfície de erodida como sendo a *Depressão Sertaneja*.

Os solos presentes no maciço residual de Maranguape são principalmente podzólicos vermelho-amarelos eutróficos, profundos a moderadamente profundos, raramente rasos, com textura varia de média a argilosa. Normalmente bem drenados, porosos, e apresentam média a alta saturação de bases ($V > 50\%$). Secundariamente, ocorrem solos litólicos eutróficos, rasos a muito rasos e bastante pedregosos. Na Depressão Sertaneja, predominam planossolos solódicos, solos rasos com horizonte A arenoso e horizonte B altamente argiloso. Devido à elevada saturação em sódio, apresentam restrições agrícolas. Ainda, na Depressão Sertaneja, ocorrem solos aluviais essencialmente arenosos, profundos a muito profundos e imperfeitamente drenados (Leite & Marques, 1997).

Os recursos hídricos superficiais mais relevantes são o rio Maranguapinho que drena uma área aproximadamente de 223,8Km² com oferta hídrica de 66,77 x 10⁶ m³/ano (Medeiros *et al.*, 1995) e o riacho da Tangureira, sendo que este torna-se realmente disponível nas estações chuvosas.



Situação da Folha Fortaleza no Estado

Figura 1 - Localização e acesso à área de estudo

Materiais e Métodos

O presente trabalho foi desenvolvido seguindo uma série de etapas que incluíram: a) levantamento e pesquisa bibliográfica da literatura geológica-geotécnica disponível; b) trabalhos de gabinete, nos quais procedeu-se estudos fotointerpretativos (geologia e geomorfologia) e montagem da base cartográfica; c) trabalhos de campo preliminares; d) ensaios laboratoriais; e) levantamentos de campo finais para checagem das informações obtidas na etapa fotointerpretativa e; f) elaboração da carta zoneamento geotécnico geral e dos textos relacionados.

Como base cartográfica foram utilizadas aerofotos na escala aproximada de 1:25.000 e cartas plani-altimétricas na escala de 1:20.000 dos municípios de Maracanaú, Maranguape e Caucaia (Região Metropolitana de Fortaleza) elaboradas pela Superintendência de Desenvolvimento Urbano do Estado do Ceará (SEDURB). Com o intuito de caracterizar os materiais inconsolidados presentes na área de estudo, foram realizadas análises laboratoriais envolvendo ensaios granulométricos; a obtenção dos limites de Atterberg (LL, LP e IP) e; a caracterização dos argilo-minerais presentes na fração argila. Nos casos dos dois primeiros tipos de ensaios, seguiu-se as orientações de normas específicas da ABNT. Os litotipos graníticos foram estudados em escala de afloramento, amostra de mão e seção delgada.

A maioria das análises foram executadas nas dependências do Laboratório de Prospecção Geoquímica e Geotécnica (LPGG) do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará (UFC), excetuando as análises de raios-X que foram realizadas no Laboratório de Difração de Raios-X do Instituto de Geociências da USP.

O Mapeamento Geotécnico

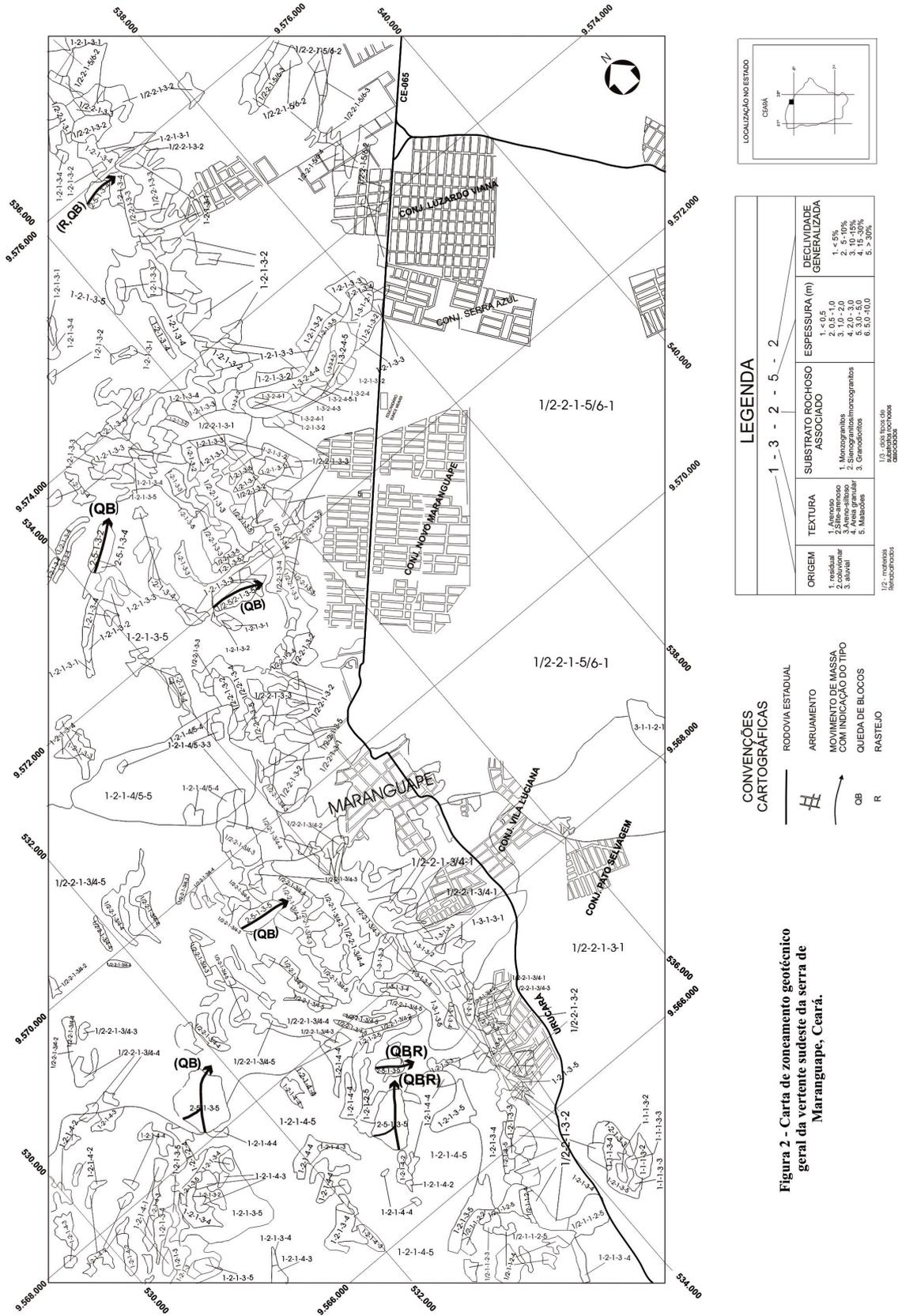
Considerações Iniciais.

O mapeamento geotécnico da vertente sudeste da serra de Maranguape tomou por base conceitual e metodológica, os trabalhos de Souza² (1992), Pejon (1992), Zuquette (1993) e Colares (1996). Os elementos e atributos considerados incluíram informações relacionadas à geomorfologia (formas de relevo e declividade em classes percentuais) e geologia (materiais inconsolidados e substrato rochoso), além de incluir as evidências de movimentos de solos e rochas já ocorridos (Quadro 1).

Elaboração da Carta de Zoneamento Geotécnico Geral

A Carta de Zoneamento Geotécnico Geral representa a síntese cartográfica de todas as informações levantadas nas fases de gabinete, campo e laboratório, foi elaborada a partir da múltipla superposição dos mapas e/ou cartas auxiliares de formas de relevo, de substrato rochoso, de materiais inconsolidados e declividades. Foram definidas cerca de 500 unidades, cada uma constando dos seguintes atributos: *origem, textura, substrato rochoso associado, espessura e declividade generalizada* (Pejon, 1992; Colares, 1996). Optou-se por classes generalizadas de declividade, com intuito de evitar uma sobrecarga gráfica.

A legenda utilizada nesta carta é ilustrada pelo Quadro 2. Cada unidade apresenta cinco dígitos, cada um correspondendo a um atributo. A utilização dos dígitos facilita ao usuário que ele tenha acesso às informações básicas, além de dispensar descrição de cada uma. A carta de zoneamento geotécnico original foi elaborada na escala de 1:20.000. Entretanto, para efeito de divulgá-la no presente artigo, foi necessária uma redução da original, conforme ilustra a Figura 2.



ELEMENTO	<i>Atributo</i>	Forma e/ou meio de obtenção
SUBSTRATO ROCHOSO	<i>Mineralogia</i>	- Descrição meso e microscópica (seção delgada)
	<i>Estruturas</i>	- Fotos aéreas- Trabalhos de campo (tomadas de atitudes, direção de fraturas, etc.)
	<i>Distribuição</i>	- Fotos aéreas - Trabalhos de campo
	<i>Textura</i>	- descrição mesoscópica (amostra de mão)
	<i>Índicios de Alteração</i>	- Avaliação de campo- Observação em seção delgada
MATERIAIS INCONSOLIDADOS	<i>Processos genéticos</i>	- Trabalhos de campo - Ensaios de laboratório
	<i>Textura</i>	- Análise granulométrica (norma ABNT adaptada)
	<i>Mineralogia</i>	- Estudo em lupa binocular (fração grossa)- Difração de raios-X (fração fina)
	<i>Distribuição</i>	- Fotos aéreas - Trabalhos de campo
	<i>Limites de Atterberg (LL, LP e IP)</i>	- Norma ABNT e DNER de ensaio laboratorial
GEOMORFOLOGIA	<i>Formas de Relevo</i>	- Fotos aéreas - Carta plani-altimétrica - Estudo de formas de vertentes e topos associados
	<i>Padrão de Drenagem</i>	- Fotos aéreas - Trabalhos de campo - Carta plani-altimétrica
	<i>Quebras de Relevo</i>	- Fotos aéreas
	<i>Declividade</i>	- Método de Aguiar & Kreling (1984) - Carta plani-altimétrica
CLIMA	<i>Pluviometria</i>	- Dados fornecidos pela FUNCEME - Consulta bibliográfica
EVENTOS PERIGOSOS	<i>Movimentos de Massa (Mat. Incons. e Rochas)</i>	- Trabalhos de campo - Fotos aéreas

Quadro 1- Elementos e atributos do meio físico abordados no mapeamento geotécnico da vertente sudeste da Serra de Maranguape.

ORIGEM	TEXTURA	TIPO DE SUBSTRATO ROCHOSO ASSOCIADO	ESPESSURA (m)	DECLIVIDADE GENERALIZADA
1. Residual 2. Coluvial 3. Aluvial	1. Arenoso 2. Silte-arenoso 3. Areno-siltoso 4. Areia Granular 5. Matacões	1. Monzogranitos 2. Sienogranitos/ monzogranitos 3. Granodioritos	1. < 0,5 2. 0,5 - 1,0 3. 1,0 - 2,0 4. 2,0 - 3,0 5. 3,0 - 5,0 6. 5,0 - 10,0 7. 10,0 - 15,0	1. < 5% 2. 5 - 10% 3. 10 - 15% 4. 15 - 30% 5. > 30%

Quadro 2 - Legenda utilizada na caracterização das unidades geotécnicas na Carta de Zoneamento Geotécnico Geral (Anexo VI)

Substrato Rochoso

O substrato rochoso da área em estudo foi definido com base na investigação fotogeológica e, principalmente nos trabalhos de campo e de petrografia, através dos quais foi possível identificar os fácies graníticas que compõem o maciço granítico de Maranguape. Foram observados quatro fácies graníticas a saber: monzogranitos, sienogranitos, granodioritos e quartzo-microdioritos. Os monzogranitos constituem a unidade litológica predominante da área. Subordinadamente, apresentam-se os granodioritos na porção sul da área, enquanto que os quartzo-microdioritos ocorrem como xenólitos nos sienogranitos.

Além dos tipos graníticos, foram identificados manifestações do vulcanismo alcalino terciário, materializadas por pequenos diques lineares com direção NE-SW, destacando-se um corpo maior, situado na Serra Pelada. Contudo, sem representatividade na carta de zoneamento geotécnico geral.

Materiais Inconsolidados

Identificou-se quatro tipos de coberturas sedimentares a saber: *coberturas residuais*, *depósitos colúvio-eluviais*, *depósitos colúviais* e *sedimentos aluviais*.

As *coberturas residuais*, representadas pelos perfis de alteração desenvolvidos *in situ* sobre o substrato granítico, são mais evidentes, e melhor identificadas, nos topos e em alguns setores das meio-encostas. Nestes observa-se o retrato da evolução intempérica do substrato granítico até o solo propriamente dito. Em alguns perfis ocorrem níveis de seixos subarredondados com dimensões que variam de poucos centímetros a 1 decímetro, formando um capeamento coluvionar. Em outros, porém, os clastos quartzosos, parecem ter sido gerados *in situ* através do dismantelamento dos veios quartzo-feldspáticos existentes no substrato granítico. Estes veios raramente ultrapassam dez centímetros de espessura. As espessuras dos perfis variam em função do seu posicionamento geomorfológico. Aqueles desenvolvidos nas encostas atingem no máximo 2,5 metros, enquanto que na Depressão Sertaneja, chegam seguramente aos 4 metros. Não obstante as profundidades possam variar numa mesma unidade de materiais inconsolidados. Os perfis de alteração em encostas côncavas apresentam textura areno-siltosa com fração granular (partículas > 2,000 mm) que varia de 5 a 15%;

o percentual da fração areia varia entre 56 e 64%. De acordo com a análise dos limites de Atterberg, realizada para algumas amostras representativas, são não-plásticos (NP). Análises por difração de raios-X da fração argilosa de algumas amostras apontaram a caolinita como argilo-mineral predominante, e secundariamente a montmorillonita.

Os depósitos elúvio-colúviais são constituídos por sedimentos semi-consolidados a inconsolidados de coloração laranja avermelhada, com textura areno-siltosa com horizonte eluvial, por vezes, enriquecido em óxidos de ferro. Podem ser confundidos com os perfis de alteração desenvolvidos sobre o substrato granítico. Apresentam resquícios do que poderia ser uma suposta fábrica litológica, porém é algo indistinto. Seu desenvolvimento se dá sobre paleoescorregamentos. Algumas boas exposições podem ser vistas nos cortes na estrada que leva à Pousada da Serra Verde. São pouco representativos em termos de área.

Os depósitos colúviais são representados basicamente pela acumulação de blocos e matacões rochosos, posicionados geralmente nas meio-encostas. Os blocos apresentam formas elipsoidais com eixos maiores que chegam a três metros. São pouco expressivos em termos de área, mas importantes do ponto de vista do risco geológico. Foram definidas sete áreas em que constituem boa representação. Nestas áreas, foi possível observar que os colúvios são constituídos por duas partes, a saber: os blocos rochosos e uma matriz. Esta última apresenta textura areno-siltosa, com baixo índice de plasticidade. Nela figuram fragmentos líticos de dimensões que variam de poucos milímetros (cristais de quartzo e feldspato), fragmentos de granitos foliados e até os blocos, mencionados anteriormente. Normalmente há moradias associadas e plantações de bananeiras ao longo das vertentes da serra. A exposição mais significativa encontra-se justamente na cicatriz do escorregamento de solos e rochas ocorrido no fatídico início do mês de maio de 1974. Embora não representáveis na escala de mapeamento aqui trabalhada, observa-se que tais depósitos têm parentes mais antigos, como atesta alguns perfis de alteração desenvolvidos em depósitos de paleoescorregamentos.

Os sedimentos aluviais, com espessuras que variam entre 1 e 2 metros, constituem a carga sedimentar das drenagens ativas. São essencialmente arenosos, bastante granulares (com partículas > 2,000 mm) e imaturos do ponto de vista mineralógico. Apresentam, de uma maneira geral, percentuais de areia acima de 60%, sendo, portanto, não plásticos (NP). Em alguns locais ocorre hidromorfismo, com drenagem imperfeita e matéria orgânica mal decomposta. As planícies de inundação, apresentam materiais com textura argilo-siltosa com areia e coloração marrom-avermelhada, apresentando um índice de plasticidade fraca a média ($1 < IP < 15$). Estes materiais são explotados, somente, para o fabrico artesanal de tijolos, em função da fração arenosa fina presente. Duas unidades representando estas coberturas foram individualizadas, correspondendo ao riacho do Meio (porção sul da área) e parte do riacho da Tangureira (porção central).

Movimentos de Solos e Rocha

Numerosas tentativas têm sido propostas para classificação dos movimentos de massas. Neste trabalho optou-se pela classificação de Augusto Filho (1995). Na área em estudo constatou-se que não ocorreram escorregamentos translacionais ou planares recentes, não obstante foram delimitadas áreas nas quais diagnosticou-se movimentos de massa do tipo rastejo e queda de blocos (Quadro 3). A análise dos dados de granulometria, mostra que boa parte das amostras, incluindo aquelas coletadas na vertente da serra, são compostas de pelo menos 60% da fração areia. A fração argila raramente ultrapassa os 20% (Figura 3). É possível considerar que este material possui, *a priori*, boa permeabilidade. A predominância da fração arenosa nos materiais inconsolidados constitui fator intrínseco de pré-disponência a movimentos de massa. No caso enfocado neste trabalho, a vertente sudeste da serra de Maranguape de um modo geral, é composta por materiais que evoluíram por intemperismo *in situ* de rochas graníticas, gerando materiais de textura essencialmente arenosa e areno-siltosa com contribuição

granular considerável, de modo que no período de intensa pluviosidade, a água da chuva infiltra no solo, até que a capacidade de infiltração é ultrapassada. A partir daí, tem-se o escoamento superficial. O início deste tipo de fluxo d'água no solo marca o início do decréscimo da resistência e da coesão interna do solo, de tal maneira que a saturação, aumentando a pressão neutra e promovendo a instabilização daquela parcela da encosta. Assim sendo, o escorregamento de massa possui estrutura interna caótica, composto por materiais de granulometrias diversas, além de incorporar a seu corpo o que estiver pela frente, incluindo, a cobertura vegetal e casas, semelhante a uma avalanche de neve.

Tipos de Movimentos	Feições Características
Queda de Blocos	- substrato rochoso aflorante com alta declividade (vegetação rarefeita); - concretação de matacões de tamanhos diversos (dimensões decimétricas a métricas) numa parcela do terreno; - fraturamento associado (tombamento);
Rastejo	- trocos de árvores encurvados

Quadro 3 – Tipos de movimentos de massas identificados e feições características na vertente sudeste da serra de Maranguape.

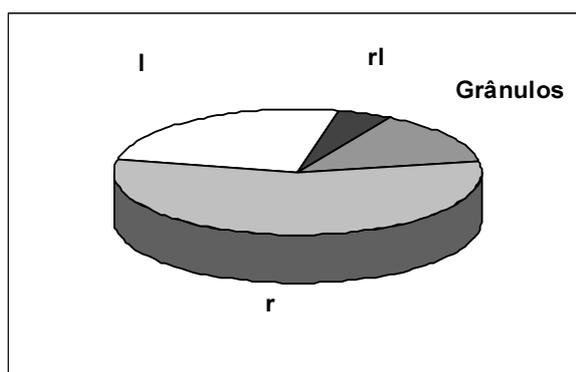


Figura 3 – Percentuais das frações granulométricas presentes nos materiais inconsolidados estudados.

Mais detalhadamente, os tipos de movimentos identificados foram os seguintes:

Queda de Blocos - As áreas que apresentavam maior concentração de matacões e blocos, são identificadas na carta de zoneamento geotécnico geral pelas setas de direção de movimento. Estão geralmente relacionadas porções com declividade superior a 40%. Os blocos apresentam dimensões decimétricas a métricas com formatos ovalados. As zonas relacionadas a tombamentos de rochas ocorrem restritos às porções de declividade superior a 50%, muitas vezes constituem paredões escarpados, com rocha aflorante. Os blocos caem e/ou rolam por ação da gravidade e devido ao controle estrutural.

Rastejo - Dentre as muitas feições indicadoras deste tipo de movimento como obras de engenharias com fissuras, rodovias com inflexão, troncos de árvores encurvados, etc., as observações de campo permitiram identificar somente estes últimos, associados a pequenos ressaltos na superfície de terreno. Embora não tenham sido observadas fendas de tração na superfície, não se deve descartar a sua

existência no interior do maciço.

Conclusões

Desde o ano de 1974, não foram evidenciados movimentos de massa significativos e catastróficos na vertente sudeste da serra de Maranguape. De acordo com os dados fornecidos pela FUNCEME, a região não mais experimentou evento pluviométrico semelhante ao registrado naquela época.

Os sinais de rastejo observados em determinados setores da serra, apesar de não apresentarem risco imediato de instabilização, são indicativos de processos lentos e contínuos de movimento da encosta que, dependendo dos fatores geodinâmicos, pode evoluir para movimentos de maior expressão e magnitude.

A remoção da cobertura vegetal, o aumento da pluviosidade bem como a textura essencialmente arenosa dos materiais inconsolidados associados a uma declividade superior a 40%, constituem elementos pré-disponíveis a movimentos de massa.

A situação mais crítica se reserva às encostas da serra Pelada, onde a cobertura vegetal é pouco expressiva e as comunidades, embora em pequeno número, localizam-se geralmente nos vales.

Em diversos setores da serra de Maranguape, observa-se o cultivo de bananeiras, acima da cota dos 400m, prática já vetada pelos técnicos do IPT (1975) Outro fato que exige atenção especial, é a existência de propriedades com residências situadas em meio às zonas de queda (rolamento) de blocos ou à jusante destas áreas de risco potencial.

A carta de zoneamento geotécnico geral na escala de 1:20.000 elaborada para a vertente sudeste da serra de Maranguape serve como base cartográfica preliminar para o diagnóstico das zonas e setores susceptíveis a novos movimentos de solos e rochas, que podem significar risco de perdas materiais e humanas. Constitui, desta forma, uma ferramenta importante para subsidiar o uso e a ocupação ordenada dos setores mais fragilizados da serra de Maranguape.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à Universidade Federal do Ceará (UFC) pelo financiamento parcial dos custos de execução da pesquisa. Agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio dado na forma de Bolsa do Programa Institucional Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) cedida ao primeiro autor. Pelo fornecimento da base cartográfica e aerofotogramétrica, os autores agradecem ao Serviço Geológico do Brasil – CPRM, mais especificamente à Residência de Fortaleza.

Referências Bibliográficas

- AGUIAR, M.B. & KRELING, P.C.L. Elaboração Gráfica de Carta de Declividades de Vertentes. *Rev. do Depto. de Geografia*. São Paulo: USP. Vol. 3..109-116.1984.
- AUGUSTO FILHO, O. Escorregamento em Encostas Naturais e Ocupadas: Análise e Controle. In: BITAR, Y.O. *Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente*. Série Meio Ambiente. São Paulo: ABGE/IPT. 1995.
- COLARES, J.Q.S. *Mapeamento Geotécnico da Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará*. Rio Claro:UNESP, 1996. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências

- Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita, 1996.
- CERRI, L.E.S. *Riscos Geológicos Associados a Escorregamentos: Uma Proposta para Prevenção de Acidentes*. Rio Claro: UNESP, 1993. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita, 1993.
- GUIDICINI, G. & NIEBLE, C.M. *Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação*. 2.ed. São Paulo: Editora Edgar Blücher. 1984.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Estudo Preventivo e Corretivo dos Movimentos Coletivos de Solos e Rocha na Serra de Maranguape, Estado do Ceará. São Paulo: IPT. Relatório Técnico. nº 8271. 1975.
- LEITE, F.A.B. & MARQUES, J.N. Solos. In: IPLANCE. *Atlas do Ceará*. Fortaleza: IPLANCE/SEPLAN. 1997.
- PEJON, O.J. *Mapeamento Geotécnico Regional da Folha Piracicaba/SP*. São Carlos: USP, 1992. Tese (Doutorado em Geotecnia), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1992.
- MOREIRA, M.M.M.A. & GATTO, L.C.S. Geomorfologia. In *Projeto RADAM*. Folha SA.24 Fortaleza. Vol.21. Rio de Janeiro: DNPM.1981.
- SOUZA, M.J.N. Contribuição ao Estudo das Unidades Morfo-estruturais do Estado do Ceará. *Rev. Geol.* Fortaleza: Imprensa Universitária – UFC. 1. (1). 73-91, 1988.
- SOUZA, N.C.D.C. *Mapeamento Geotécnico Regional da Folha Aguai: com Base na Compartimentação por Formas de Relevo e Perfis Típicos de Alteração*. São Carlos: USP, 1992 Dissertação (Mestrado em Geotecnia). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1992.
- ZUQUETTE, L.V. *Uso e Importância do Mapeamento Geotécnico na Avaliação do Meio Físico: Fundamentos e Guia para a Elaboração*. São Carlos: USP, 1993 Tese (Livre Docência), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1993.