



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL

**ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES FEITAS PARA REABILITAÇÃO DE TALUDES
NO MORRO SANTA TEREZINHA – FORTALEZA/CE**

STÉFANO LUCCA SOBREIRA ROCHA

FORTALEZA

2019

STÉFANO LUCCA SOBREIRA ROCHA

**ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES FEITAS PARA ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES
NO MORRO SANTA TEREZINHA – FORTALEZA/CE**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Dr^a Prof^a Mariana Vela Silveira

Fortaleza

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- R576a Rocha, Stéfano Lucca Sobreira.
Análise das Intervenções Feitas para Reabilitação de Taludes no Morro Santa Terezinha - Fortaleza/Ce /
Stéfano Lucca Sobreira Rocha. – 2019.
55 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2019.
Orientação: Profa. Dra. Mariana Vela Silveira.
1. Estabilidade de taludes. 2. Movimentos de massa. 3. Taludes urbanos. 4. Obras de contenção. I. Título.
CDD 620
-

STÉFANO LUCCA SOBREIRA ROCHA

ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES PARA REABILITAÇÃO DE TALUDES NO
MORRO SANTA TEREZINHA

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: 29/11/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Mariana Vela Silveira (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Anderson Borghetti Soares

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Alfran Sampaio Moura

Universidade Estadual do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

- Agradeço, inicialmente, aos meus pais, Vlândia e Renê, por todo o apoio, confiança e fortaleza que me proporcionaram. Sem vocês nada disso seria possível.
- À minha família, que sempre me apoiou e me incentivou a continuar no estudo.
- À minha orientadora e professora, Dr^a Mariana Vela Silveira, pela enorme paciência e apoio
- A todos os meus amigos que se mostraram como um último reduto de força e suporte para que eu vencesse todas as barreiras e obstáculos físicos e psicológicos que surgiram ao longo dos últimos anos.
- Especialmente a todos os amigos do curso de Geografia, que me ajudaram bastante com a realização deste trabalho, entre eles a professora Jéssica Barbosa, o professor Jeovah Meireles e os integrantes do Laped e LabCart.
- A todos os professores que tive ao longo de toda minha vida. Muito obrigado pelo incentivo, dedicação e competência.
- A todos os companheiros do LMSP que me acompanharam e tornaram este trabalho possível, em especial ao Anselmo, pela paciência, comprometimento e dedicação.
- A todos os trabalhadores e estudantes que compõem e acreditam na UFC. Se hoje saio como um homem mais virtuoso do que entrei, não foi pelo simples acaso ou unicamente mérito próprio. Apesar de todos os pesares, esta universidade me abrigou e me proporcionou o crescimento, não apenas como profissional, mas também como ser humano; toda solidariedade aos irmãos de luta.

RESUMO

O Morro Santa Terezinha, localizado no bairro Mucuripe, em Fortaleza - CE, passou por um intenso processo de urbanização e ocupação desordenada a partir da década de 80, que culminou, no ano de 2015, em um deslizamento de parte da encosta após um período de chuvas intensas seguido pelo seu processo de revitalização, requalificação e reurbanização promovido pelo Governo do Ceará, em conjunto com a Prefeitura de Fortaleza, e concluído em 2018. O presente trabalho tem, portanto, como objetivo apresentar as soluções do estudo realizado sobre a revitalização do Morro Santa Terezinha. Para o presente estudo, foi realizado, inicialmente, levantamentos tanto bibliográficos sobre a área estudada, além de notícias, cartas geológicas-geográficas e imagens de satélite, quanto de campo, a fim de coletar os mais variados tipos de informações sobre a situação anterior e atual do morro. A etapa de campo constou de coletar amostras deformadas de solo do talude, as quais foram submetidas ao ensaio de caracterização e resistência ao cisalhamento direto no laboratório de solos da Universidade Federal do Ceará (UFC). A partir dos parâmetros geográficos, geológicos e geotécnicos, torna-se possível classificar o solo natural do local como uma areia fina, com pouca presença de argila e silte e com ângulo de atrito aproximadamente igual a 36° e coesão nula, além de ser possível discorrer acerca de todo o processo de revitalização ocorrido no Morro Santa Terezinha, que contou com técnicas de retaludamento, proteção superficial, muros de contenção e adoção de um sistema de drenagem apropriado, o que contrasta com a situação anterior da encosta.

Palavras-chave: Estabilidade de talude. Movimentos de massa. Taludes Urbanos. Obras de contenção

ABSTRACT

Morro Santa Terezinha, located in Mucuripe neighborhood, Fortaleza - CE, went through an intense process of urbanization and disorderly occupation starting in the 80's, which culminated in a landslide of part of the slope after a rainy season, in 2015. followed by the process of revitalization, requalification and redevelopment, promoted by the Ceará's Government, in conjunction with Fortaleza's municipal government, and concluded in 2018. Therefore, the present study aims to present the result of a revitalization work fulfilled on Morro Santa Terezinha. For such study, it was performed, initially, bibliographic researches about the studied area, as well as news, geographical maps, satellite images and fieldworks, in order to collect the most varied types of information about the previous and current situation of the hill. For this, deformed soil samples were collected and subjected to characterization and shear strength tests at the soil laboratory of the Universidade Federal do Ceará (UFC). Based on these geographic, geological and geotechnical parameters, it is possible to categorize the soil as a plastering sand, with few presence of clay and silt, and with friction angle of approximately 36° , besides being possible to discuss the whole process of revitalization occurred at Morro Santa Terezinha, which resort to the use of shredding techniques, surface protection, retaining walls and the adoption of an appropriate drainage system, contrasting to the previous slope's situation.

Keywords: Slope stability. Mass Movements. Urban Slopes. Contantion Works.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 — Resistência mobilizável e resistência mobilizada	4
Figura 02 — Mudança na verticalidade do solo devido ao rastejo de terra	6
Figura 03 — Exemplo de Retaludamento	11
Figura 04 — Exemplificação de um modelo de drenagem superficial	12
Figura 05 — Exemplificação de um modelo de drenagem superficial	13
Figura 06 — Cálculo da densidade real dos solos	17
Figura 07— Picnômetros utilizados para o cálculo de densidade real	17
Figura 08 — Resultado do solo utilizado na granulometria	18
Figura 09 — Maquinário utilizado para o ensaio de cisalhamento direto	20
Figura 10 — Localização da área estudada	23
Figura 11 — Mapa representativos da disposição dos solos em Fortaleza	24
Figura 12 — Mapa representativos da disposição dos solos do Ceará	25
Figura 13 — Disposição da Formação Barreiras	26
Figura 14 — Especificação técnica do reforço do sistema Terramesh ®	29
Figura 15 — Representação dos blocos de concreto utilizados	30
Figura 16 — Representação da camada de proteção superficial do talude	31
Figura 17 — Vista aérea de ambas as situações do morro	32
Figura 18 — Comparação entre ambas situações do morro	32
Figura 19 — Curva Granulométrica do solo ensaiado	33

Figura 20 — Gráficos Variação Volumétrica X Deslocamento Horizontal.....	35
Figura 21 — Gráfico Tensão de Cisalhamento X Deslocamento Horizontal	35
Figura 22 — Envoltória de resistência	36

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 01 — Classificação dos movimentos das encostas	5
Quadro 02 — Características dos principais grandes grupos de processos de escorregamento	5
Quadro 03 — Fatores deflagradores dos movimentos de massa.....	8
Quadro 04— Síntese das características geológicas de Dunas e Barreiras	27
Tabela 05— Composição percentual de cada tipo de solo.....	33
Tabela 06 — Índices físicos do solo.....	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificativa	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Estrutura do trabalho	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Taludes em áreas urbanas	3
2.2 Movimentos de massa	3
2.3. Fatores de instabilidade de taludes	7
2.4. Análise de estabilidade de taludes	8
2.5. Processos erosivos	9
2.6. Técnicas de estabilidade de taludes	10
3. METODOLOGIA	15
3.1. Caracterização da área estudada	15
3.2. Identificação das soluções empregadas na obra de revitalização	15
3.3. Ensaios realizados com o solo do local	16
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS	21
4.1. Caracterização do Morro Santa Terezinha	21
4.2. Soluções de revitalização	28
4.3. Ensaios de laboratório	33

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
5.1. Conclusão do Trabalho	37
5.2. Sugestões para próximas pesquisas	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
ANEXO A – SEÇÃO MÉDIA DO TALUDE ESTUDADO*	44

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

Pode-se definir talude como uma superfície inclinada composta de solo e/ou rocha, o qual se subdivide em dois tipos principais: taludes naturais e artificiais. Os de ocorrência natural, são também conhecidos como morros ou encostas; e os últimos, são projetados pela ação humana, que geralmente altera a vegetação, topografia e paisagem da região, em diversas obras de engenharia como rodovias, aterros e barragens, entre outras. Devido ao desnível existente no terreno, os taludes são submetidos a forças gravitacionais e, eventualmente, de percolação, as quais tendem a mover o solo para baixo, podendo instabilizá-los.

Para solucionar tais situações, é possível o emprego das mais variadas técnicas que visam garantir uma maior estabilidade para essas estruturas. Entre essas medidas de correção pode-se citar o retaludamento, a adoção de camadas de proteção superficial e a construção de obras de contenção e de drenagem. Essas técnicas visam reabilitar um talude, já se mostraram efetivas por muitas vezes, tanto em zonas urbanas habitadas quanto em zonas rurais.

O Morro Santa Terezinha, localizado no Bairro Mucuripe, no município de Fortaleza – CE, sofreu com deslizamentos na estação chuvosa de 2015, que resultaram no planejamento e execução de um projeto de revitalização e reurbanização da encosta por parte do Governo do Estado. Tal ação é importante não apenas por encontrar-se em uma área urbana e habitada, mas, também, pelo seu potencial turístico. Previamente à revitalização, o morro sofria com o constante processo erosivo típico da região, que era motivo de preocupação por geralmente estarem associados, principalmente em meios urbanos, a impactos sociais, econômicos e ambientais (CARNEIRO *et al*, 2013).

Nesse contexto, o presente trabalho busca, a partir de um levantamento bibliográfico e de campo, realizar uma discussão, sobre as eficácias das medidas e técnicas tomadas para a implementação de cada estrutura de estabilidade da recém revitalização e requalificação do Morro Santa Terezinha, como também discutir acerca de por que essas medidas foram adotadas, relatando suas vantagens, desvantagens e possíveis impactos para a comunidade habitante do morro e para o polo turístico da região.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem por objetivo geral realizar um estudo de caso referente as medidas adotadas na revitalização do talude do Morro Santa Terezinha — localizado no bairro do Mucuripe, em Fortaleza, capital do estado Ceará —, analisando as técnicas empregadas em sua revitalização.

Como objetivos específicos deste trabalho, definem-se:

- a) conhecer as características geográficas, geológicas e geotécnicas do solo da região estudada, além de outras informações que caracterizem o morro;
- b) identificar a situação do talude antes de sua requalificação e do conjunto de problemáticas e processos históricos que geraram sua revitalização;
- c) analisar e avaliar as soluções empregadas e as intervenções realizadas para a revitalização do talude, além de discutir as opções de construção não escolhidas e suas consequências;
- d) discutir e comparar as situações anterior e atual do Morro Santa Terezinha.

1.3 Estrutura do trabalho

O presente trabalho é estruturado em cinco capítulos distintos. O primeiro capítulo apresenta a introdução do trabalho, contendo a justificativa e os objetivos. O segundo capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre taludes, seus fatores de instabilidade e técnicas de estabilização. No terceiro capítulo apresenta-se a metodologia utilizada na construção do trabalho, abrangendo a caracterização da área estudada, a identificação das estruturas de estabilidade utilizadas e os ensaios de laboratório que são os ensaios de caracterização e de resistência. O quarto capítulo apresenta e discorre acerca dos resultados obtidos com a prática realizada, discorrendo, principalmente, sobre o levantamento bibliográfico e os ensaios propostos pela metodologia. Finalmente, no quinto capítulo são apresentadas as conclusões e as sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo trata da revisão bibliográfica a respeito dos temas referentes a movimentos de massa, à análise, às técnicas e aos fatores de estabilidade de taludes, de modo a fornecer uma base teórica que possa auxiliar tanto a análise dos resultados como a conclusão do trabalho.

2.1 Taludes em áreas urbanas

Taludes se subdividem em dois tipos principais: taludes naturais e artificiais. Os primeiros de ocorrência natural, e os últimos projetados pela ação humana, que alteram a paisagem local. Em ambos os casos, essas estruturas se encontram em determinado grau de estabilidade, contudo, elas estão sujeitas a mudanças e movimentações de sua massa, que são deflagrados por uma série de eventos ao longo do tempo, os quais tendem a aumentar as solicitações ou diminuir a resistência dos maciços (VARNES, 1958).

Em meios urbanos, esses taludes geralmente se encontram ocupados ou próximos de edificações ou habitações irregulares, o que resulta em uma relativa preocupação acerca das condições de estabilidade dessas estruturas, evidenciada pela possibilidade de ocorrerem perdas econômicas, ambientais e humanas. Isso se faz ainda mais alarmante considerando as catástrofes ambientais ocorridas nesta década, geradas por deslizamentos (LINS, 2008).

Por isso, a intervenção humana deve ser sempre planejada para alterar o mínimo possível da geometria da encosta. Eventualmente, existirão situações em que uma obra colocará em risco a estabilidade de uma encosta, sendo necessário utilizar-se de soluções de estabilização, para que tais estruturas se tornem viáveis do ponto de vista da segurança e da economia (MASSAD, 2010).

2.2 Movimentos de massa

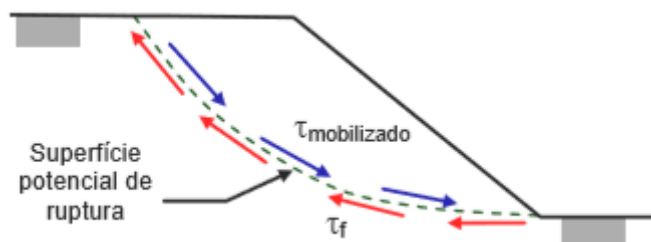
Segundo Hutchinson (1968), os movimentos de massa são processos que envolvem o transporte de solo ou rocha encosta abaixo, e que podem ser subdivididos em dois tipos: movimentos gravitacionais de massa, provocados pela aceleração da gravidade; e movimentos de transporte de massa, nos quais ocorre o transporte do material sólido por um meio qualquer, tal como a água, gelo ou o ar.

Os eventos que causam esses movimentos apresentam-se das mais diversas formas (VIEIRA, 2007). Por isso, o estudo gênico de tais movimentos torna-se importante para se entender como eles são deflagrados e como podem ser evitados e controlados.

A instabilidade do talude, e conseqüente ruptura e escorregamento, será deflagrada, normalmente, devido aos esforços de cisalhamento. A resistência ao cisalhamento de um solo é definida como a máxima tensão cisalhante que o solo pode suportar sem que sofra ruptura ou, ainda, como a tensão cisalhante do solo no plano em que ocorre a ruptura, que acontecerá quando as tensões cisalhantes mobilizadas se igualarem à resistência ao cisalhamento (NASH, 1987).

Tal mecanismo pode ser melhor entendido pela Figura 01.

Figura 01 — Resistência mobilizável e resistência mobilizada



Fonte: Silva (2011)

Gerscovich (2012) afirma que diversos geotécnicos propuseram, ao longo dos anos, os mais variados métodos de classificação para os movimentos de massa, sendo a classificação proposta por Varnes (1978) — representada no Quadro 01 — a mais utilizada internacionalmente.

Quadro 01 — Classificação dos movimentos das encostas

Tipos de movimentos			Tipo de Material		
			Rocha	Solo	
				Fino	Grosseiro
Quedas			De rocha	De terra	De detritos
Tombamentos					
Escorregamentos	Rotacional	Poucas Unidades	De rocha e blocos rochosos	De terra e de blocos de terra	De detritos e de blocos de detritos
	Translacional	Muitas Unidades			
Expansões Laterais			De rocha	De terra	De detritos
Corridas/escoamentos			De rocha (rastejo profundo)	Rastejo de Solo	
Complexos: Combinação de dois ou mais tipos de movimento					

Fonte: Varnes (1978)

O Quadro 02 apresenta a proposta de classificação de Augusto Filho (1992), que relaciona as características do movimento de massa com o tipo de material e geometria da encosta.

Quadro 02 — Características dos principais grandes grupos de processos de escorregamento

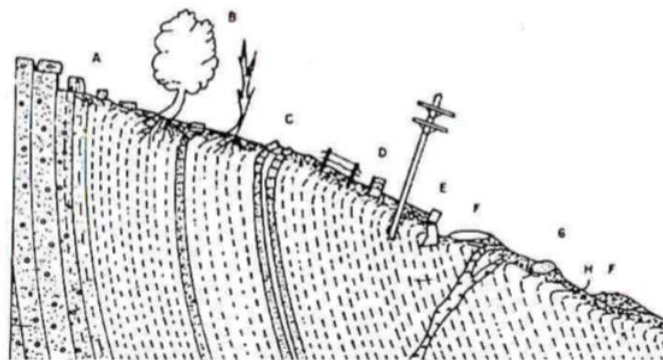
Processos	Características do Movimento	Geometria		Material
Rastejo ou fluência	Vários planos de deslocamento (internos) Velocidades muito baixas (cm/ano) Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes	Indefinida		Solo, depósitos, rocha alterada ou fraturada
Escorregamentos	Poucos planos de deslocamento (externos)	Planares	Solos e rochas com um plano de fraqueza	Solos pouco espessos
	Velocidades de médias (km/h) a altas (m/s)	Circulares	Rocha muito fraturada	Solos espessos homogêneos
	Pequenos a grandes volumes de material	Em cunha	Solos e rochas com dois planos de fraqueza	Material variável
Quedas	Sem planos de deslocamento Movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado Velocidades muito altas	Geometria variável: lascas, placas e blocos. Podendo ter rolamentos de matacão e tombamentos		Material geralmente rochoso
Corridas	Muitas superfícies de deslocamento Movimento semelhante ao de um líquido viscoso Velocidades de médias a altas	Extensa área de alcance, mesmo em áreas planas		Mobilização de solo, rocha, detritos e água, com grandes volumes de material

Fonte: Augusto Filho (1992)

a) Rastejos:

Segundo Guidicini e Nieble (1984), rastejos são movimentos lentos e contínuos do material da encosta, geralmente sem uma superfície de ruptura bem definida, que podem englobar grandes áreas sem que haja uma diferenciação clara entre a massa do solo em movimento e a região estável; evidenciando-se, quando na superfície, por mudança na verticalidade ou encurvamento de postes, cercas ou árvores como sugere a Figura 02.

Figura 02 — Mudança na verticalidade do solo devido ao rastejo de terra



Fonte: Sharpe (1938)

b) Escorregamento:

Os escorregamentos definem-se, de acordo com Fernandes & Amaral (1996), como movimentos rápidos, de curta duração, e com plano de ruptura bem definido, sendo visível a diferença entre o material que se movimentou e o inerte. O material envolvido pode ser caracterizado por solos, depósitos de encosta (colúvio), rochas e detritos. Os escorregamentos se distinguem em rotacionais e translacionais de acordo com seu plano de ruptura.

c) Quedas:

Segundo Augusto Filho (1992), a queda livre de massas de uma encosta se dá pelo desprendimento de material de diversas litologias e dimensões, configurando-se entre lascas, placas ou blocos. As quedas são consequências do intemperismo físico ou químico através das descontinuidades das rochas. A erosão do restante do material tende a isolar esses blocos de rocha na superfície do terreno, que acabam se desprendendo ao longo do tempo pelo efeito de chuvas ou da gravidade. (DIAS *et al*, 2000)

Cruden e Varnes (1996) afirmam que esse movimento ocorre muito rapidamente e, com exceção dos casos que a massa desprendida foi minada, a queda precederá pequenos deslizamentos ou tombamentos do restante do talude.

d) Corridas:

Corridas são formas rápidas de escoamento, com caráter essencialmente hidrodinâmico, ocasionadas pela perda de atrito interno do material, seja ele solo, rocha ou detritos, causada pelo excesso de água e consequente destruição de sua estrutura interna (fluidificação) (GUIDICINI; NIEBLE; 1984). Essa fluidificação pode ser originada por adição de água, no caso das areias, esforços dinâmicos, como terremotos, e amolgamento de argilas muito sensitivas.

e) Movimentos complexos:

A perfeita distinção entre os movimentos nem sempre é possível, principalmente quando analisado que muito deles ocorrem em conjunto ou são consequência de outros, sendo mais comum presenciar uma combinação de movimentos do que apenas um deles de forma isolada (VARNES; 1978).

2.3. Fatores de instabilidade de taludes

Cruden e Varnes (1996) afirmam possuir uma classificação mais adequada para este trabalho, na qual “os processos envolvidos nos movimentos de massa compreendem uma contínua série de eventos de causa e efeito”. Essas causas ou mecanismos são divididas em processos de instabilização de taludes e podem ser deflagradas por uma cadeia de eventos que contribuem de duas formas distintas, seja pelo aumento de tensões sobre o talude ou pela diminuição da resistência às tensões de cisalhamento, conforme explicitado no Quadro 03:

Quadro 03 — Fatores deflagradores dos movimentos de massa

Ação	Fatores	Fenômenos
Aumento das solicitações	Remoção de massa (lateral ou da base)	Erosão
		Escorregamentos
		Cortes
	Sobrecarga	Peso da água da chuva
		Acumulo natural de material (depósitos)
		Peso da vegetação
		Construção de estruturas
	Solicitações dinâmicas	Terremotos, ondas ou vulcões
		Explosões ou tráfegos
	Pressões laterais	Água em trincas
Material expansivo		
Redução da resistência	Características inerentes ao material	Características geomecânicas do material
	Mudanças ou fatores variáveis	Intemperismo: redução na coesão e variação do ângulo de atrito e das poropressões

Fonte: Varnes (1978)

Terzaghi (1950) declara que tais causas deflagradoras de movimentos de massa podem ser separadas em três categorias distintas: 1) causas internas, as quais levam ao colapso sem que se verifique mudanças na geometria do talude e resultam da diminuição da resistência de cisalhamento interna do material, causado pelo aumento de poro pressão e diminuição da coesão ou do ângulo de atrito internos por um processo de alteração do material, por exemplo; 2) causas externas, que devido a esforços externos provocam um aumento de tensões de cisalhamento, que resultam na ruptura, sem que haja diminuição da resistência do material, como o aumento da declividade do talude por processos naturais ou antrópicos, a deposição de material na porção superior do talude ou a presença de abalos sísmicos e vibrações externas; 3) causas intermediárias, que resultam de efeitos causados por agentes externos, mas que ocorrem no interior do talude, por exemplo, a liquefação e o *piping*.

2.4. Análise de estabilidade de taludes

A análise de estabilidade de taludes conta, conforme Ferreira *et al* (2012), com dois objetivos importantes: avaliar a necessidade de se aplicar, ou não, medidas de estabilização em taludes naturais, e encontrar para taludes artificiais a solução ótima, ou seja, a inclinação adequada.

Nesse sentido, a análise de estabilidade de taludes verifica a possibilidade de ocorrência de deslizamento da massa do solo constituinte de um talude. Em geral, essa análise é realizada através de uma comparação entre as tensões atuantes na encosta com a resistência ao cisalhamento do solo; essa comparação é conhecida como Fator de Segurança (FS) (FERNANDES, 1995).

Visto que o deslizamento ocorrerá quando as tensões cisalhantes forem superiores à resistência do solo, confirma-se que a estabilidade da encosta será admitida para valores de FS maiores que 1, ou seja, quando apenas parte da resistência do solo estiver mobilizada para conter as tensões atuantes, enquanto que valores inferiores a 1 são caracterizados como instáveis. Para valores de FS equivalentes ou muito próximos da unidade, o talude estará em condição de equilíbrio limite ou iminência de ruptura (SILVA, 2011).

2.5. Processos erosivos

As erosões se caracterizam como movimentos de massa que podem ser deflagrados, ou não, pela surgência de água. Apesar de ter uma ocorrência bastante generalizada ao longo de toda a costa brasileira, o processo erosivo só se torna verdadeiramente uma ameaça quando combinado com a ação antrópica sobre o ambiente (MUEHE, 2005).

Segundo Muehe (2005), o processo erosivo ocorre de forma generalizada ao longo de todo o litoral brasileiro e de intensidade severa em determinadas regionalidades. Apesar disso, esse processo só se torna preocupante quando combinado com a ação antrópica, tendo como maiores expoentes da degradação litorânea as cidades que sofreram com maior urbanização e artificialização de sua costa — Recife, Olinda e Fortaleza.

No Ceará, e com maior significância em Fortaleza, a erosão costeira é resultante especialmente da redução do suprimento de sedimentos em direção à zona costeira, que, por sua vez, é resultante de múltiplos fatores, como o aumento da pressão antrópica em áreas de contribuição sedimentar, desenvolvimento urbano acelerado das orlas costeiras, antropização das bacias hidrográficas, construção de barramentos ao longo dos tributários fluviais e o desenvolvimento de atividades econômicas com foco na orla costeira, como o Turismo (MONTEFALCONE, 2010).

A erosão pluvial, ademais, é formada pelos processos de desagregação, transporte e deposição. A desagregação é formada pela separação de partículas de solo o, tanto pela ação de impacto das gotas, quanto pela ação cisalhante do escoamento originado da chuva. O

transporte das partículas desagregadas também ocorre tanto pelo salpicamento gerado pelo impacto das gotas da chuva quanto pela enxurrada, que pode ser maior em terrenos inclinados. A deposição do material que foi desgastado e transportado representa a última etapa e “ocorre quando a carga de sedimentos na enxurrada é maior do que sua capacidade de transporte” (VOLK, 2006).

Paula (2012) declara que o litoral cearense, incluída a parte abrangida pelo Morro Santa Terezinha, sofreu com um intenso processo de urbanização desordenada e ocupação comerciária desde o século XVI, o que acarretou em uma antropificação e artificialização significativa de sua costa — ainda mais agravantes da erosão do local — e tornou determinadas localidades, entre elas o Morro Santa Terezinha, ambientalmente insustentáveis .

Esse mesmo autor reforça que, em 52% do litoral da metrópole fortalezense, os valores ambientais encontram-se perdidos, sendo necessário um esforço para manter os demais trechos não urbanizados sem uma massiva pressão urbana, contribuindo para manutenção da resiliência ambiental. Considerando o alto potencial turístico dessa região, as medidas citadas também são importantes para a economia regional, pois a erosão afeta diretamente o uso balnear das praias e o desenvolvimento econômico local.

2.6. Técnicas de estabilidade de taludes

Segundo Carvalho (1991), é com base nos conhecimentos das causas dos processos de instabilidade de taludes que se deve definir os métodos de estabilização. Esse embasamento teórico é necessário para garantir a eficiência das obras do ponto de vista técnico e econômico, evitando, assim, medidas desnecessárias. A seguir, encontram-se as diferentes técnicas para estabilização de taludes:

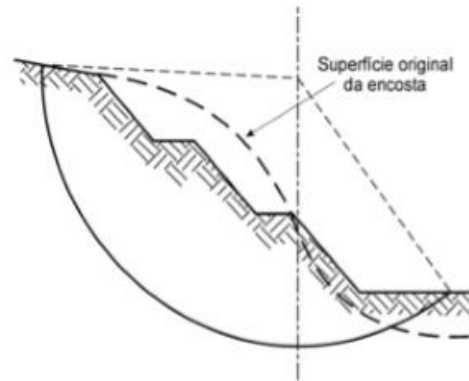
2.4.1 Retaludamento

O retaludamento é a técnica que busca fazer alterações na geometria do talude através de cortes e aterros, a fim de se obter uma melhor condição de estabilidade. Tais alterações podem abranger pequenas áreas do talude ou o maciço inteiro. Esse método de estabilização é o mais empregado devido a sua simplicidade e eficácia (Carvalho, 1991). Tal método pode ser melhor visualizado na da Figura 03.

Ainda segundo Carvalho (1991), é importante que o retaludamento seja associado a um sistema de controle de drenagem e proteção superficial, de modo que reduza a infiltração

de água no terreno e disciplinar o escoamento superficial, com a finalidade de impedir a erosão da encosta.

Figura 03 — Exemplo de Retaludamento



Fonte: Massad (2010)

2.4.2 Proteção Superficial

O método de proteção superficial consiste em diminuir os efeitos de erosão no material do talude e diminuir a infiltração de água no solo. Tal prática consiste na aplicação de materiais artificiais ou naturais, geralmente gramíneas, as quais se apresentam como revestimento de melhor capacidade regenerativa, sendo indicada para taludes, pois funcionam como uma solução barata, limpa e de alta eficiência (TRUONG, 2001)

Segundo Barbosa (2013), a proteção vegetal ocasiona uma fixação do solo através das raízes das plantas, o que ocasiona um incremento na coesão aparente do solo e aumento do fator de segurança e da resistência ao cisalhamento, contribuindo, assim, para uma maior estabilidade do talude. Tais medidas proporcionam, inclusive, a estabilização de taludes arenosos com inclinações mais íngremes (TABALIPA, 2008); e em significativo aumento da resistência do solo (ISLAM, 2013).

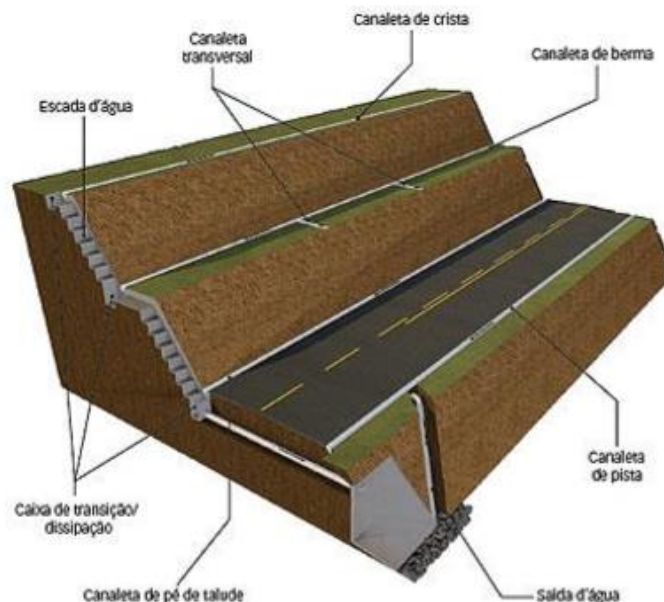
2.4.3 Drenagem

Para Carvalho (1991), os sistemas de drenagem têm a finalidade de captar e conduzir convenientemente as águas superficiais e subterrâneas de um talude, reduzindo a erosão e a taxa de infiltração no solo, constituindo um sistema vantajoso, caracterizado por ser simples, barato e apresentar eficiência tanto quando usado sozinho, quanto como em conjunto

com outras técnicas de proteção. As obras de drenagem podem ser subdivididas em drenagem superficial e drenagem profunda.

A drenagem superficial objetiva realizar a captação do escoamento de águas superficiais através de uma rede de microdrenagem, formada por calhas, canaletas e valetas, e conduzi-la para um local conveniente, como mostrado pela Figura 04. Em casos de declividades elevadas, também é necessário a implementação de artifícios de desaceleração como escadas de água e caixas dissipadoras de energia (GEORIO, 2000).

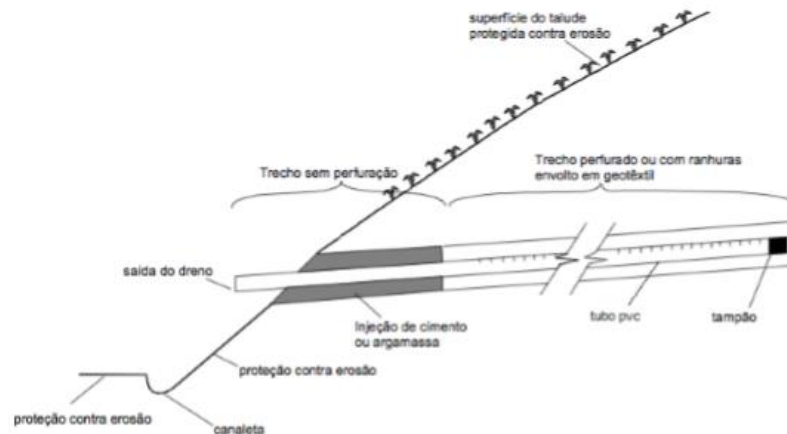
Figura 04 — Exemplificação de um modelo de drenagem superficial



Fonte: Carvalho (1991).

Para Carvalho (1991), a drenagem profunda tem como objetivo retirar a água da percolação interna do maciço, a vazão de percolação e as pressões neutras através de drenos horizontais curtos que atravessam a estruturas, conhecidos como barbacãs e trincheiras drenantes, de modo que seja possível drenar o fluxo de água do interior e aumentar a estabilidade do talude e diminuir o empuxo hidrostático. A Figura 05 exemplifica um modelo de drenagem profunda.

Figura 05 — Exemplificação de um modelo de drenagem superficial



Fonte: Georio (2000).

2.4.4 Obras de Contenção

Entende-se como estrutura de contenção toda obra ou elemento com a finalidade de se contrapor a empuxos ou tensões geradas em um maciço de solo, cuja condição de equilíbrio foi alterada por algum tipo de escavação, corte ou aterro (HACHICH *et al*, 1996). Dentre as estruturas mais comuns de obras de contenção, destacam-se os muros de arrimo, as cortinas e os tirantes.

Torna-se importante, também, citar que a preocupação com a drenagem deve estar sempre presente em todas as obras de contenção, visto que o empuxo hidráulico sobre as estruturas ocasiona um significativo aumento do esforço sobre elas, ainda mais considerando que obras como muros de contenção geralmente alteram o escoamento das águas superficiais e subterrâneas, tornando necessário e importante as drenagens das linhas de água (RIBEIRO, 2015).

2.4.5 Técnicas de controle de erosão

O processo erosivo resultou, ao longo das últimas duas décadas, em alterações morfológicas na paisagem de diversas praias ao longo de toda a costa brasileira, principalmente a nordestina, provocando erosões costeiras e pluviais pontuais e criando problemas de desmoronamento de dunas e falésias, principalmente em áreas urbanas onde os efeitos da ação do mar e da chuva têm demonstrado sua força de destruição (DE LYRA SOUZA, 2008).

Diversas técnicas existem a fim de amenizar as consequências causadas por tal processo. Entre elas, figuram-se a utilização de mecanismos de proteção costeira e de vegetação de cobertura.

Algumas características da área estudada são especificamente importantes para a deflagração do processo de erosão pluvial, a declividade do terreno é um fator que contribui, de forma mais branda, com este processo erosivo, sendo mais agravante quanto maior o grau de declividade local, a presença de vegetação, no entanto, é o fator mais determinante para a ocorrência ou não deste tipo de erosão, visto que contribui em manter a umidade do solo, em diminuir o escoamento superficial e o transporte de sedimentos, apresentando-se como uma importante técnica para o controle da erosão pluvial (JÚNIOR; CRUZ; RODRIGUES, 2008).

Airoldi *et al* (2005) asseguram como os mecanismos de proteção da costa são exemplos importantes para mitigar os efeitos negativos da erosão sobre a economia e o ecossistema litorâneos.

Em larga escala, o Estado do Ceará já se utilizou de algumas dessas obras, como enrocamentos, espigões e aterros hidráulicos, para tentar proteger a linha de sua costa, sendo que apenas no litoral de Fortaleza foi observado que essas estruturas obtiveram algum resultado na proteção do patrimônio edificado, porém, não recuperaram a qualidade ambiental propícia ao desenvolvimento das atividades balneares, com exceção do aterro construído na Praia de Iracema.

Em menor escala, a bioengenharia de solos é outra técnica utilizada para conter erosões, e que ganha espaço pela menor agressividade no que diz respeito às alterações paisagísticas. A técnica consiste no uso de elementos biologicamente ativos, geralmente vegetação rasteira, em obras de estabilização de solo e de sedimentos, conjugados com elementos inertes como concreto, madeira, ligas metálicas, polímeros e mantas confeccionadas com fibras vegetais, chamadas de geotêxteis ou biomantas (GRAY;SOTIR, 1996)

3. METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia empregada para promover um estudo de caso referente às intervenções feitas para revitalização do talude do Morro Santa Terezinha — localizado no Bairro do Mucuripe, em Fortaleza, capital do estado do Ceará.

A metodologia deste trabalho contempla três subtópicos — caracterização da área estudada, identificação das soluções empregadas na revitalização e ensaio realizados com o solo do local — realizados através do levantamento bibliográfico sobre a área estudada, da busca nos órgãos competentes por informações acerca dos projetos executivos; dos relatórios de ensaio de campo e/ou de laboratório; da visita a campo e discussão com os profissionais envolvidos na obra, verificando a situação atual; da coleta de amostras para ensaio de caracterização e comportamento mecânico; e da busca de informações, razões e procedimentos das soluções empregadas. Cada etapa da metodologia é descrita ao longo deste capítulo.

3.1. Caracterização da área estudada

Esta etapa do trabalho visou obter as informações sobre a localização, sobre os dados geográficos e geológicos da região; como também de fazer uma descrição da situação anterior e atual da área estudada, investigando a topografia do morro e fazendo uma caracterização geológica e geotécnica do solo do local.

Tais informações foram obtidas a partir de um levantamento bibliográfico dos estudos, notícias, reportagens e nos institutos e empresas nacionais e internacionais que obtêm informações sobre a área estudada — como o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), a Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM) e o Google Earth.

3.2. Identificação das soluções empregadas na obra de revitalização

Esta etapa do trabalho tem como objetivo identificar todas as soluções empregadas na obra de revitalização do Morro Santa Terezinha, que foi de responsabilidade da SEINF.

Tais informações foram obtidas através de imagens de satélite fornecidas pelo aplicativo Google Earth, pesquisas bibliográficas e buscas por projetos ou relatórios na Prefeitura de Fortaleza e na Secretaria de Infraestrutura do Estado (SEINF). Também foram realizadas idas a campo com o intuito de colher informações *in loco* e conversar com profissionais presentes durante a revitalização do morro.

3.3. Ensaaios realizados com o solo do local

Esta etapa do trabalho é composta pela coleta de amostra *in situ* e pela realização de ensaios de laboratório, os quais se dividem em ensaios de caracterização e de cisalhamento direto do solo amostrado e retirado da área caracterizada.

3.3.1 Coleta da amostra

Todo o solo utilizado para a realização dos ensaios foi retirado da região do Morro Santa Terezinha sob a condição de solo natural. Foi coletado cerca de 40 kg de uma amostra deformada de solo, de uma área que estava em estado de canteiro, por isso, o solo foi coletado de uma profundidade de, aproximadamente, 1,5 m para que não houvesse interferência na amostra coletada pela obra de aterro realizada concomitantemente; para tal, foram utilizados equipamentos próprios para escavação e retirada de solo, além de uma escavadeira cedida.

3.3.2 Ensaios de laboratório

Os ensaios de laboratório foram realizados com o intuito de se conhecer os parâmetros geotécnicos do solo presente na região estudada. Todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Mecânica dos Solos e Pavimentação (LMSP), da Universidade Federal do Ceará (UFC).

3.3.2.1 Ensaios de caracterização

Os ensaios de caracterização foram realizados com o intuito de se determinar as propriedades físicas do solo, sendo elas a densidade real, a granulometria, os limites de liquidez e de plasticidade e a massa específica natural do solo.

- Densidade Real dos Grãos

A densidade real dos grãos foi determinada a partir da massa de uma amostra de solo passante na peneira #40 (0,425mm), como previsto na norma DNER-ME 093/94 – *Solos – Determinação da densidade real*.

Desse material passante coletado, foi separado cerca de 50 gramas do solo para secar em estufa à temperatura de 105°C e, em seguida, colocado quatro picnômetros diferentes, com pesos secos conhecidos (P1), que foram pesados enquanto continham a amostra (P2). Em seguida, colocou-se água destilada nos

picnômetros até que se cobriu completamente a amostra; depois disso, foram fervidos os frascos por, pelo menos, 15 minutos, colocou-se a rolha perfurada e anotou-se a temperatura do banho para retirá-los e limpá-los.

Pesaram-se os frascos com o seu conteúdo (P3), que foi retirado completamente e despejado. Os picnômetros foram lavados e envidados com água destilada, para que, novamente, fossem fervidos por outros 15 minutos; colocou-se a rolha perfurada e anotou-se a temperatura do banho para se retirar, limpar e pesar os picnômetros (P4), como descrito pela norma. A fórmula de cálculo da densidade real do solo é apresentada na Figura 06 enquanto a Figura 07 mostra os picnômetros utilizados durante o ensaio.

Figura 06 — Cálculo da densidade real dos solos

$$D_t = \frac{P_2 - P_1}{(P_4 - P_1) - (P_3 - P_2)}$$

onde:

D_t - densidade real do solo à temperatura t ;

P_1 - peso do picnômetro vazio e seco, em g;

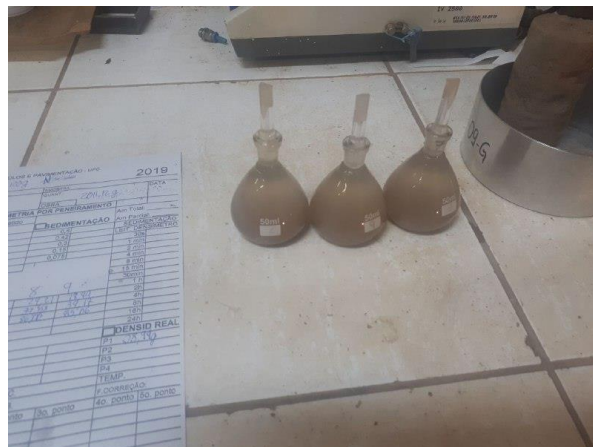
P_2 - peso do picnômetro mais amostra, em g;

P_3 - peso do picnômetro mais amostra, mais água, em g;

P_4 - peso do picnômetro mais água, em g.

Fonte: DNER-ME 093/94 – Solos – Determinação da densidade real

Figura 07— Picnômetros utilizados para o cálculo de densidade real



Fonte: autor

- Análise Granulométrica

Para a determinação da curva granulométrica do solo, peneirou-se por volta de 1000 gramas do material na peneira #10 (2 mm), seguindo a norma *NBR 7181/2016 – Solo – Análise Granulométrica*. O material retido na peneira foi lavado e, posteriormente, secado na estufa a 105 °C. Depois de 24 horas, realizou-se o peneiramento grosso com esse material, assim como previsto por norma.

Para o peneiramento fino, foi utilizado o material retido na peneira #200 (0,075 mm), foi secado na estufa a 105 °C por 24 horas e passados nas peneiras de 0,42 mm, 0,15 mm e 0,075 mm.

Pelo solo se tratar efetivamente de um solo arenoso, a parte da análise granulométrica referente a sedimentação não foi efetuada. A Figura 08 apresenta o resultado do solo após o ensaio.

Figura 08 — Resultado do solo utilizado na granulometria



Fonte: Autor

- Limites de Atterberg

A determinação dos limites de liquidez e de plasticidade, conhecidos como limites de Atterberg, é regida pelas normas *NBR 6459 – Solo – Determinação do limite de liquidez* e *NBR 7180 – Solo – Determinação do limite de plasticidade*.

Ambas as normas preveem a obtenção de uma pasta homogênea e consistente, a partir da preparação da amostra, entretanto, não se foi possível

a obtenção de tal pasta pelo solo estudado. A partir disto, não se pôde continuar os referidos ensaios.

- Massa específica aparente

O ensaio para a obtenção da massa específica aparente foi realizado como descrito pela norma NBR NM 53/2009 - *Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água*.

A amostra indeformada necessária para o ensaio foi obtida a partir de dois exemplares aproximadamente esféricos e bastante conservados, retirados da amostra original deformada de 40kg. O ensaio foi realizado a partir deles.

As amostras foram lavadas para remover o pó ou outro material da superfície e, em seguida, secadas até massa constante. Para se evitar perda de umidade, a amostra foi coberta por uma camada muito fina de parafina de massa específica conhecida e, então, secada e pesada, para ser colocada em um cesto de arame acoplado a uma balança hidrostática e submergida em um tanque de água para ser pesada em água, como previsto em norma.

3.2.2.1 Ensaio de cisalhamento direto

O ensaio foi realizado para a determinação dos parâmetros geotécnicos de coesão (c) e ângulo de atrito (ϕ), através da norma americana ASTM D3080 – 04 – “Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions”.

Para confecção do corpo de prova (CP), a compactação do material foi realizada manualmente a fim de modular as condições de umidade, densidade e índices de vazios do solo natural. O corpo de prova foi moldado e compactado no interior da caixa de cisalhamento e contou com, aproximadamente, 157g.

Para que o ensaio fosse realizado, o CP foi colocado na caixa bipartida de cisalhamento. A caixa é dividida horizontalmente em duas metades e a força normal é aplicada por uma prensa com carga definida no corpo de prova. A força de cisalhamento é aplicada a partir do movimento de uma das metades da caixa em relação à outra para que se provoque a ruptura. No interior da caixa bipartida, encontram-se placas ranhuradas que fornecem atrito ao

solo impedindo-o de deslizar quando aplicado à força horizontal. O ensaio foi realizado após um adensamento de 2 horas de duração e sob uma velocidade de 0,1219mm/min, como previsto para o conjunto de engrenagens utilizadas.

A ruptura sofrida pelo CP é definida no mesmo plano de divisão da caixa metálica. O deslocamento horizontal da metade superior da caixa é medido por um extensômetro, que serve para medir o deslocamento linear, enquanto a força horizontal variável, a qual o corpo de prova está sendo submetido, é medida pelo anel de carga.

Os ensaios foram repetidos em corpos de prova similares para cada solo e mistura. Adotou-se os valores de 50, 100 e 200 kPa para as tensões normais aplicadas, e seus resultados estão apresentados nos gráficos de Tensão Cisalhante Máxima versus Tensão Normal. A Figura 09 apresenta o equipamento de cisalhamento direto utilizado no ensaio.

Figura 09 — Maquinário utilizado para o ensaio de cisalhamento direto



Fonte: Leme (2016)

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentados e analisados os resultados obtidos através de ambos os ensaios de solo realizados, assim como serão analisadas, também, as intervenções realizadas na revitalização do Morro Santa Terezinha, sua situação atual e as justificativas que levaram a tais escolhas.

4.1. Caracterização do Morro Santa Terezinha

O processo de caracterização do Morro Santa Terezinha foi feito através de quatro etapas distintas: processo de revitalização, caracterização geológica-geográfica, processo histórico e potencial turístico.

4.1.1 Processo de revitalização

A revitalização do Morro Santa Terezinha, foi feita a partir de uma parceria entre a Prefeitura de Fortaleza, em menor parte, e o Governo do estado do Ceará, em maior parte, e iniciou no segundo semestre do ano de 2015, após um deslizamento ocorrido no início do mesmo ano. Tal ação se mostra muito importante tanto pelo seu caráter de redignificação do espaço habitado pelos moradores do Morro Santa Terezinha, geralmente esquecido pelas políticas públicas, quanto pela sua capacidade de agregação ao já construído imaginário turístico fortalezense. Atualmente, todo o processo de manutenção do morro está sob responsabilidade do grupo M. Dias Branco.

Dos Santos e De Paula (2018) mostram como esse processo mais recente de revitalização do Morro Santa Terezinha não foi o primeiro ou o único — anteriormente, o morro já passou, em 1989, por um processo de implementação de drenos para combater os riscos de deslizamentos e desmoronamentos. Os autores citam como até o presente momento já ocorreram, no mínimo, doze deslizamentos desde seu processo de ocupação.

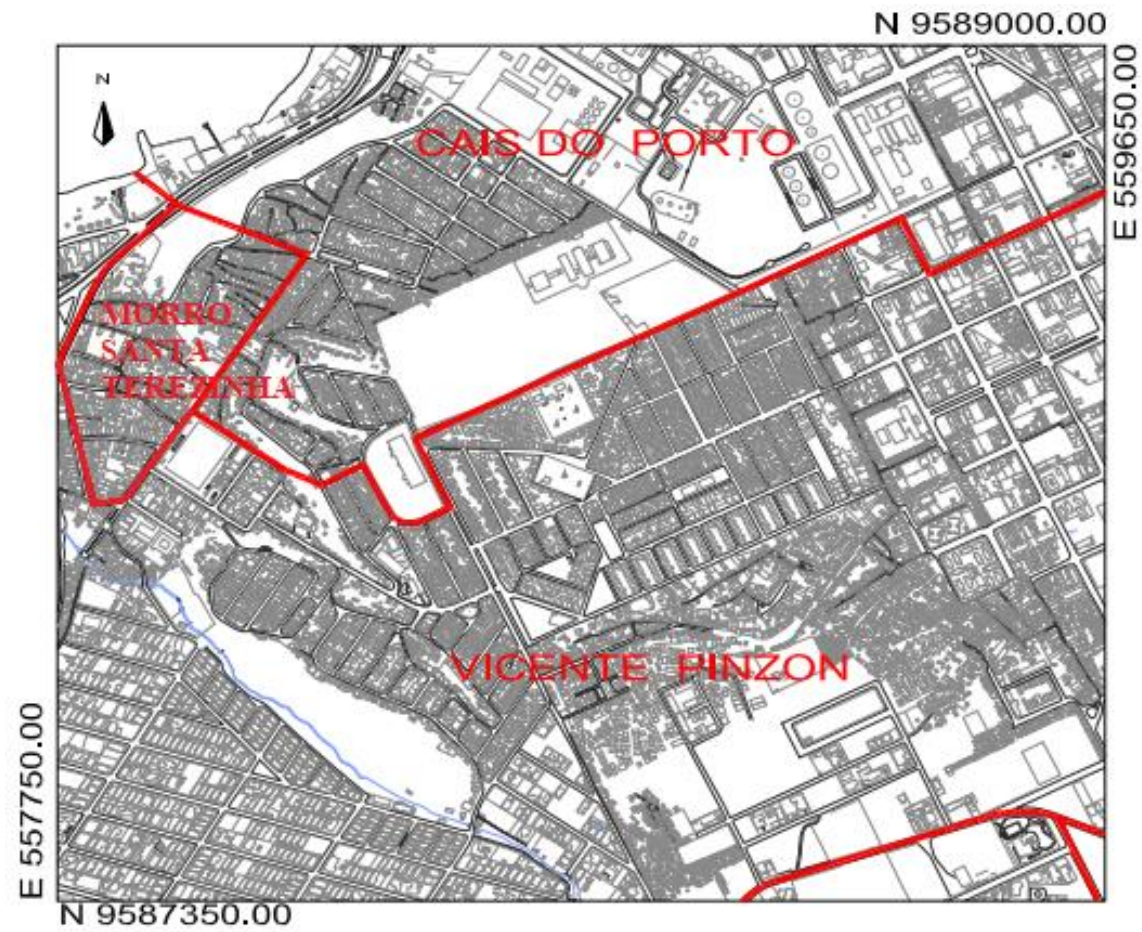
4.1.2 Caracterização geográfica e geológica

O Morro Santa Terezinha, também conhecido como Morro do Teixeira, localiza-se na costa leste de Fortaleza, no estado do Ceará. Tal morro abrange uma área de 3,14km², compreendendo os bairros Mucuripe, Cais do Porto e Vicente Pinzon, enquanto o talude estudado encontra-se na divisa dos bairros Mucuripe e Cais do Porto, com seu início coincidindo com o da Avenida Vicente de Castro.

O morro está delimitado ao norte e a leste pelo Oceano Atlântico, ao sul pelos bairros do Papicu e da Praia do Futuro, e à oeste pelo riacho Maceiozinho (Mucuripe), aproximadamente no limite das paleodunas, mais precisamente entre as coordenadas (UTM) 557.750 m E e 9.587.350 m N 559.650 m E e 9.589.000m N, como mostrado pela Figura 10.

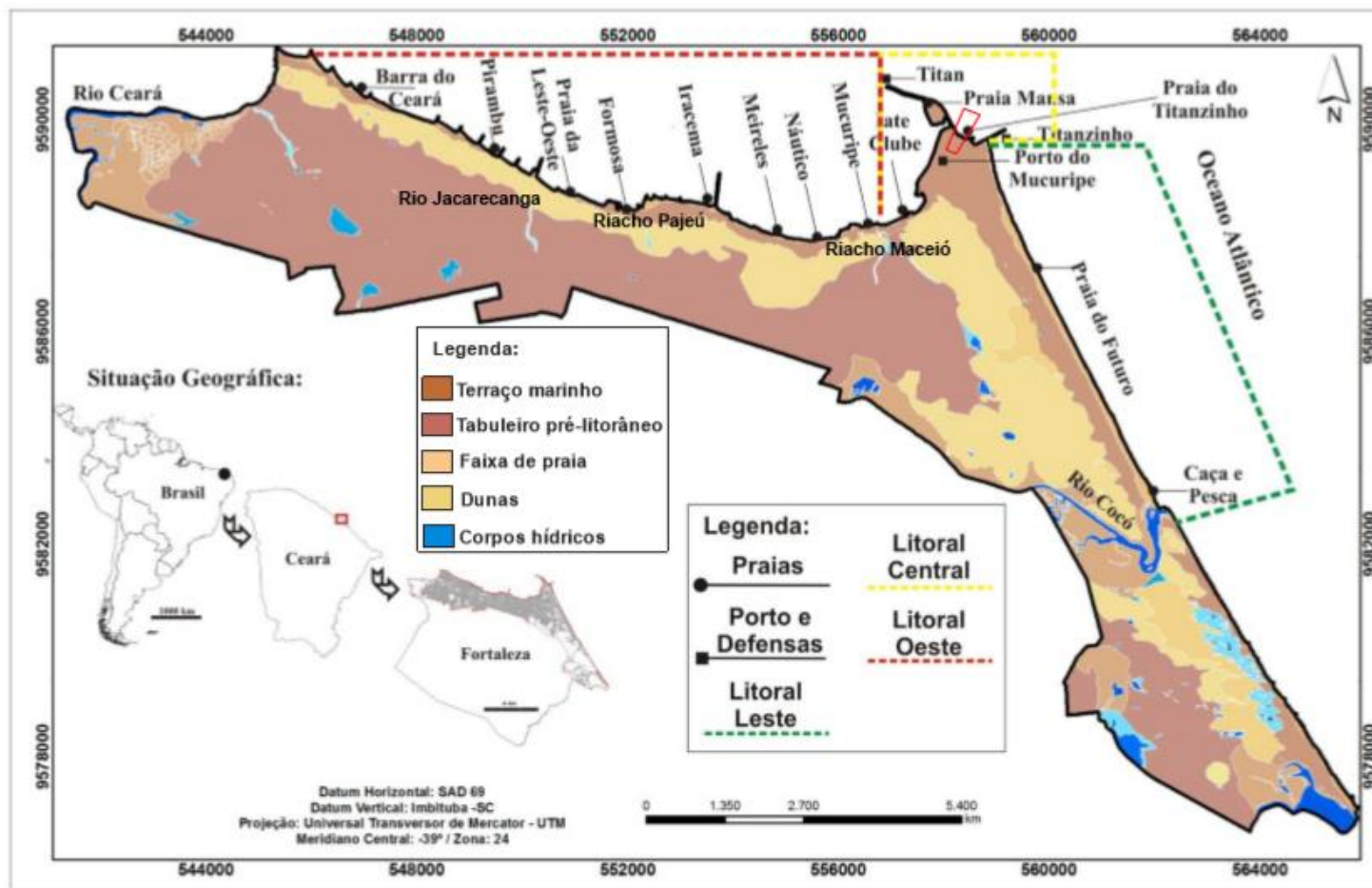
Segundo Brasil (1998), apud Fonteles (2003), as dunas ocorrem como uma faixa relativamente contínua ao longo de toda costa cearense, inclusa nisto a região litorânea de Fortaleza, onde formam um cordão litorâneo de 2 a 3 km de largura, com cotas superiores a 50 metros e dispostas paralelamente a linha da costa, como mostrado pelas Figuras 11 e 12, nos bairros Mucuripe, Vicente Pinzon e Cais do Porto, tais formações são caracterizadas como constituídas por dunas móveis e paleodunas. Tais dunas formadoras do morro são constituídas por areias quartzosas, amarelada a esbranquiçada, de granulometria fina a média, com grãos bem selecionados, foscos, que variam de arredondados a sub-arredondados; no Morro Santa Terezinha, o afloramento desse tipo de solo é incomum, devido à intensa urbanização ocorrida, sendo mais comum a percepção de solos do tipo Formação Barreiras, que, para Fonteles (2003), constituem a unidade geológica, localizadas imediatamente sob as dunas.

Figura 10 — Localização da área estudada



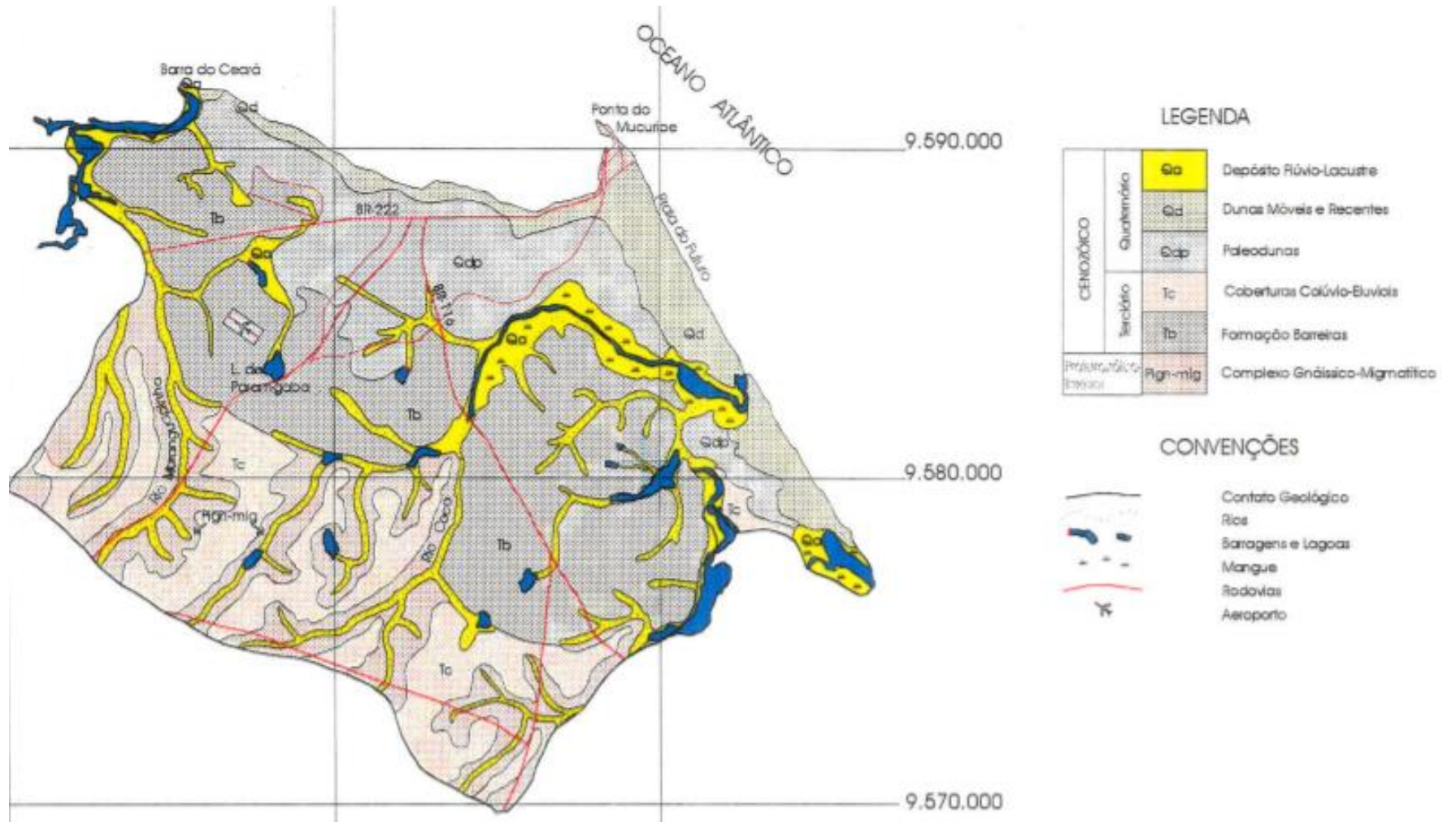
Fonte: adaptado de Carneiro (2013).

Figura 11 — Mapa representativos da disposição dos solos em Fortaleza



Fonte: Carneiro (2013).

Figura 12 — Mapa representativos da disposição dos solos do Ceará



Fonte: Brandão (1995).

Tal formação abrange a região litorânea do Pará e alonga-se até o Rio de Janeiro, estendendo-se, por consequência, ao longo de todo o território cearense. Essa formação se caracteriza pelo acúmulo de detritos arenosos ou areno-argilosos, com granulometria variando de fina a média (CHAVES, 2000). Contudo, Marino (2012) afirma que os solos dessa formação, localizados na região do Mucuripe e Praia do Futuro, caracterizam-se mais como um solo arenoso, enquanto as regiões mais ao sul da cidade, como o Porto das Dunas, abrigam o solo de caráter mais próximo do argiloso.

Segundo Miranda (2005), na região da Formação Barreiras, os solos são constituídos por areia, silte e argila, em variadas proporções com níveis ricos em cascalho, com camadas de areias argilosas, areias siltosas e argilas areno-siltosas, de coloração cinza claro ao vermelho, passando por amarelo e laranja. Tal formação se configura como uma unidade geológica intermediária entre as dunas e o solo cristalino, como mostrado na Figura 13. O Quadro 04 representa uma síntese das características geológicas e geotécnicas desses solos estudados.

Figura 13 — Disposição da Formação Barreiras



Fonte: Fonteles (2003)

Quadro 04— Síntese das características geológicas de Dunas e Barreiras

Unidade Geológica	Espessura máxima (m)	Descrição táctil - visual	Cor	Compacidade e Consistência	Faixa de variação do N
Dunas	27	Areia fina e média, areia siltosa, inconsolidada a parcialmente consolidada	Cinza, Branco, Amarelo	Fofa a medianamente compacta	1-11
Formação Barreiras	>21,5	Areia argilosa, argila arenosa, argila siltosa com concreções lateríticos com ou sem níveis de seixo ou materiais brechosos associados	Amarelo, Branco, Vermelho, Cinza, Variegada	Fofa a muito compacta, mole a muito dura	2-60

Fonte: Fonteles (2003).

4.1.3 Processo histórico

Paula (2012) disserta como a cidade de Fortaleza, em parte, foi construída sobre as dunas que margeiam o litoral. A intensa urbanização da cidade promoveu a destruição de parte desse patrimônio natural, que, paulatinamente, foi incorporado à malha urbana da cidade; conseqüentemente, alguns sistemas dunares foram completamente descaracterizados ou extintos, como as dunas do Serviluz, em decorrência da extração de areias para a construção do Porto do Mucuripe em 1940, quando se deu a ocupação da região por pescadores e trabalhadores do porto, e em 1960, pela expansão desordenada da cidade e das zonas industriais ao longo da cidade.

Segundo Ramos (2003), o processo de urbanização do Morro Santa Terezinha se deu a partir da década de 80, quando o então Governo do Estado do Ceará decidiu criar alguns conjuntos habitacionais, incluindo o lá presente. Foi apenas em 2015, após o deslizamento de parte do morro ocasionado por chuvas intensas, que foram planejadas e iniciadas as obras da primeira etapa da revitalização e urbanização de todo o morro, as quais terminaram em maio de 2018. Tais reformas contaram com o deslocamento de algumas famílias, a requalificação da encosta, a adoção de áreas verdes e a implementação de muros de contenção, como informado pela própria prefeitura em seu portal oficial (PREFEITURA DE FORTALEZA, 2018).

Carneiro (2013) cita, ainda, como esta desordenada interferência humana aumentou significativamente entre os anos de 1978 a 2008, o que resultou em vários impactos ambientais, tais como remoção da cobertura vegetal, causando processo de erosão e deslizamentos de encostas, impermeabilização dos solos, aumento do escoamento superficial da água e redução da infiltração e inundações e poluição dos aquíferos.

4.1.4 Potencial turístico

Historicamente, a configuração turística apresentada pelo Morro Santa Terezinha e suas adjacências a partir do ano de 1990, quando o então governador Carlos Jereissati inaugurou a praça do mirante dando início ao turismo da localidade (DE SANTOS; DE PAULA, 2018).

Desde então, o Morro Santa Terezinha resguarda em si um potencial turístico a ser incentivado, visto que serve, em conjunto com o restante da Beira-Mar, tanto como publicidade da orla marítima fortalezense, visando atrair recursos e fluxos, quanto como propaganda política da elite local (DANTAS, 2002). Por isso o fator estético agregado à revitalização do morro torna-se tão importante.

4.2. Soluções de revitalização

A partir da escolha de uma seção média do talude, pode-se afirmar que ele conta com uma altura de *15,54* metros, apresenta dois muros de arrimo por toda sua extensão, ambos com as mesmas características, localizados, respectivamente, nas cotas aproximadas de 8 e 22 metros acima do nível do mar, com aproximadamente *350m* de comprimento e *4,8m* de altura. Entre os muros, existe uma superfície coberta por vegetação rasteira com inclinação aproximada de $35,52^\circ$. O Desenho representativo da seção média do talude encontra-se no Anexo A.

Através de tais observações afirma-se que a revitalização do talude se utilizou de quatro formas diferentes para garantir a estabilidade da encosta: retaludamento, muros de contenção, drenagem e proteção superficial.

O retaludamento se deu através de cortes e aterros a fim de garantir uma estabilidade e apresentou-se como uma solução vantajosa por permitir inclinações mais suaves à nova configuração da encosta em contraponto a existente anteriormente. Essa solução apresenta-se bastante eficaz em conjunto com a drenagem e a camada de proteção superficial, pois ajuda a disciplinar o escoamento superficial e, assim, mitigar fortemente a erosão do talude por águas pluviais e pelo escoamento laminar.

Tal técnica é utilizada não apenas devido ao seu caráter estabilizador, mas também por ser facilitadora à criação de passeios e áreas de lazer, além de contribuir para a qualidade estética da obra e possibilitar a futura adesão de um elevador sobre trilhos e novo mirante na segunda etapa de urbanização do morro (DIÁRIO DO NORDESTE, 2019).

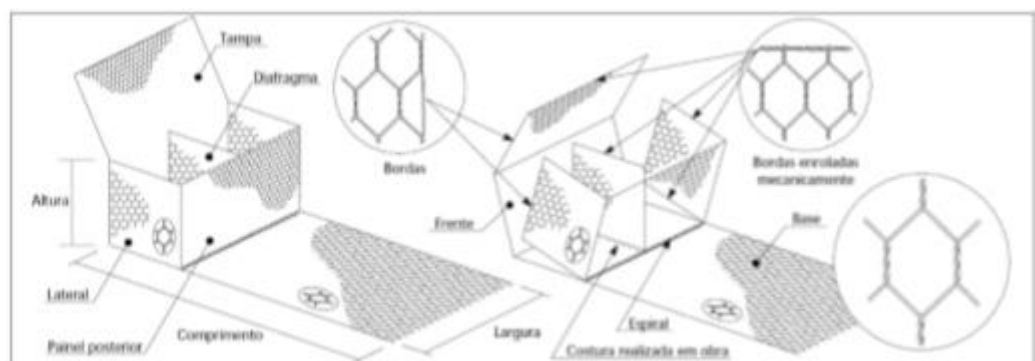
Sieira (2009) afirma como a técnica de estabilização de solos reforçados tem a finalidade de aumentar a capacidade de resistência do talude como um todo e apresenta-se como uma alternativa mais sustentável, mais barata e de alta resistência.

Os muros de contenção escolhidos para a revitalização foram muros de gravidade do tipo Terramesh® verde, que é um sistema de terra armada, que permite a utilização de gramas e arbustos em sua face. O sistema é composto por malhas hexagonais de dupla torção que se associam a um paramento frontal em forma de caixa, muito similar aos muros de gabião, que formam por um único pano, que forma o reforço, a base, a face e a tampa do gabião, fabricados com arames em aço de elevada resistência à tração e baixos níveis de alongamento. A Figura 14 apresenta as especificações resumidas do Terramesh ® .

O Terramesh System ® permite a construção de parâmetros externos escalonados (levemente inclinados em 6°) ou totalmente verticais, contando com diversas vantagens, entre elas: poder ser preenchido com solo sem exigência de granulometria específica, permeabilidade do paramento frontal, garantido eficiência da drenagem, e capacidade de inserção de vegetação para redução de possíveis impactos ambientais (ANANIAS *et al*, 2009).

Christopher e Berg (1990) citam, ainda, como esta alternativa configura-se como uma solução econômica, de facilidade construtiva, prazo de execução reduzido e desnecessidade de mão de obra especializada, o que justifica ainda mais a utilização desta solução para a revitalização do morro. Como desvantagem, é possível citar como o sistema utilizado de Terramesh ® é bem mais suscetível a ocorrência de patologias do que outras obras de contenção mais convencionais (DE BRITO, 2006).

Figura 14 — Especificação técnica do reforço do sistema Terramesh ®



Fonte: Macafferri (2008)

Perpendicularmente à seção do muro, observa-se a utilização de drenagem superficial com drenos simples espaçados que percorrem toda a área da encosta, a drenagem profunda é particular ao sistema adotado e localiza-se na face interna do muro, que fornece vias para escoamento de água sem a necessária utilização de barbacãs, como previsto pela norma BS8006-1- Code of practice for strengthened/reinforced soils and other fills. A face externa do muro é constituída por blocos de concreto, como mostrado na Figura 15 e uma biomanta interna a fim de dar suporte e melhor desenvolvimento à vegetação local, além de contribuir como facilitador à implementação da drenagem e impedir o carreamento de partículas pequenas (MACAFERRI, 2008).

Figura 15 — Representação dos blocos de concreto utilizados



Fonte: Autor

A proteção superficial do talude é composta, majoritariamente, pela utilização de gramíneas e pequenos arbusto que cobrem completamente, tanto a área e comprimento do morro como as faces horizontais dos muros de arrimo, como pode ser observado na Figura 16. Tal solução é benéfica visto que combate fortemente o grande potencial erosivo da região (PAULA, 2012). Tal medida é condizente com o estabelecido por Premchitt *et al* (1986), de que, para taludes com inclinações inferiores a 45°, a vegetação rasteira é suficiente como medida de proteção superficial e conta com fáceis e usuais técnicas de plantio.

Figura 16 — Representação da camada de proteção superficial do talude



Fonte: Prefeitura de Fortaleza (2018)

Comparativamente, é possível a partir dos dados do Google Earth (2019), contrastar os impactos positivos que a revitalização teve sobre o Morro Santa Terezinha; anteriormente à revitalização, o talude não contava com medidas preventivas a deslizamentos ou de segurança, as Figura 17 e 18 trazem comparações sobre ambas as situações do morro, a primeira figura faz essa comparação a partir de duas fotos cedidas pela Prefeitura de Fortaleza, enquanto a segunda figura faz essa mesma comparação se utilizando de uma foto do morro atualmente e uma simulação 3D de sua situação em 2015 pré-revitalização; o talude apresentava elevada inclinação, além de não contar com nenhum tipo de proteção superficial, estruturas de contenção ou drenantes, além de ter o *tálus* principal da encosta preenchido por habitações irregulares, o que tornava a situação ainda mais preocupante e perigosa, ainda mais considerando o seu histórico de deslizamentos.

Figura 17 — Vista aérea de ambas as situações do morro



Fonte: Adaptado de Prefeitura de Fortaleza (2018)

Figura 18 — Comparação entre ambas situações do morro



Fonte: Google Earth (2019)

Apesar disso, o projeto de revitalização ainda conta com algumas desvantagens intrínsecas ao seu processo construtivo. A SEINF, responsável pela obra, não forneceu para o desenvolvimento deste trabalho projetos básicos como *as built*, de contenção, de drenagem ou

de estabilização. Tais deficiências comprometem não apenas a confiança depositada na obra, mas também seu plano de manutenção, exigido pelo Terramesh®.

4.3. Ensaios de laboratório

4.3.1 Ensaios de Caracterização

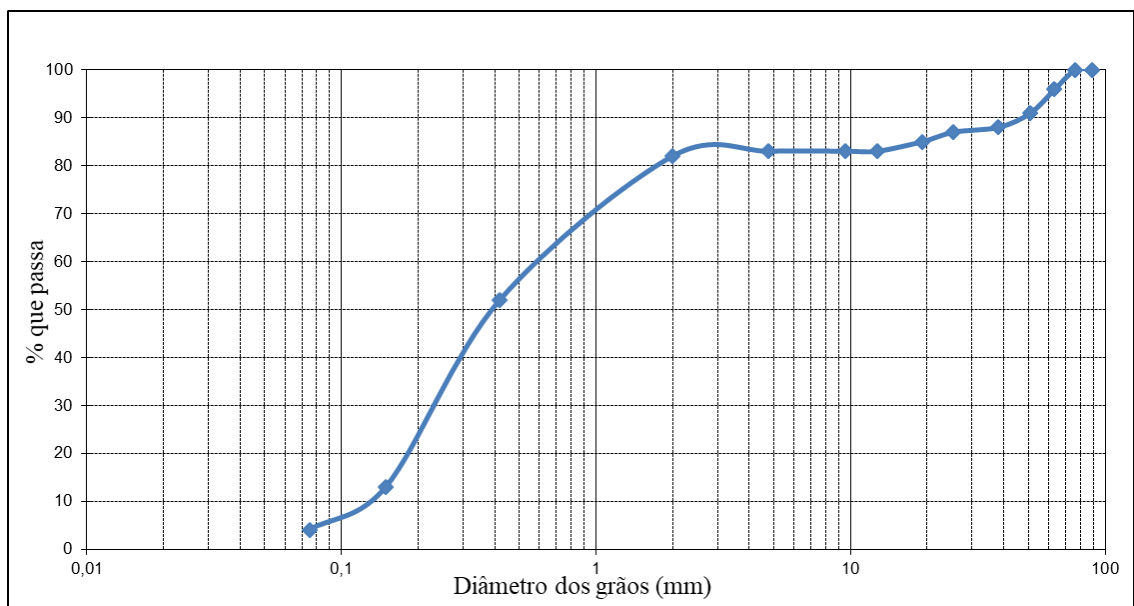
- Densidade real

A partir do ensaio realizado calculou-se a densidade real dos grãos como sendo de 2,66. O valor se encontra dentro do esperado para um material arenoso.

- Análise granulométrica

A Figura 19 apresenta a curva granulométrica obtida para o solo da região revitalizada do talude, e as Tabelas 05 e 06 apresentam, respectivamente, os percentuais encontrados para cada tipo de solo e os índices físicos obtidos para o solo estudado.

Figura 19 — Curva Granulométrica do solo ensaiado



Fonte: Autor

Tabela 05— Composição percentual de cada tipo de solo

COMP.GRANULOMÉTRICA (%)	
PEDREGULHO:	17
AREIA GROSSA:	1
AREIA MÉDIA:	30
AREIA FINA:	48
SILTE+ARGILA:	4

Fonte: Autor

Tabela 06 — Índices físicos do solo

Índices Físicos do solo	
Limite de Liquidez (LL)	NL
Limite de Plasticidade (LP)	NP
Peso específico real dos grãos (G)	26,6 kN/m ³
Umidade média do campo (H)	18,39%
Peso específico natural (γ_n)	19,0 kN/m ³
Peso específico aparente seco (γ_d)	16,05kN/m ³
Índice de vazios (e)	0,6573
Porosidade (n)	0,397
Diâmetro efetivo (D10)	0,13
D30	0,24
D60	0,63
Coefficiente de Uniformidade (CU)	4,85
Coefficiente de Curvatura (CC)	0,70

Fonte: Autor

A partir da curva granulométrica e dos resultados obtidos, é possível caracterizar o solo como uma areia majoritariamente fina. Já de acordo com o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS), as areias com menos de 5% de finos, apresentando $C_u < 6$ ou $CC < 1$, como o solo estudado em questão, são classificadas como SP. Dessa maneira, trata-se, então, de uma areia fina e mal graduada.

Entende-se, ainda, como a curva obtida é condizente com o levantamento bibliográfico realizado acerca da caracterização geológica do morro, ou seja, o solo não é constituído completamente nem de areia fina, como percebido das dunas, nem de argilas e siltes, como presenciado na Formação Barreiras, mas é, de certa forma, semelhante à geologia local, tendo traços de areia fina e de silte com argila.

- Massa específica do solo

A massa específica da amostra foi de 1,9g/cm³, encontrada a partir da média aritmética dos valores obtidos com as diferentes amostras.

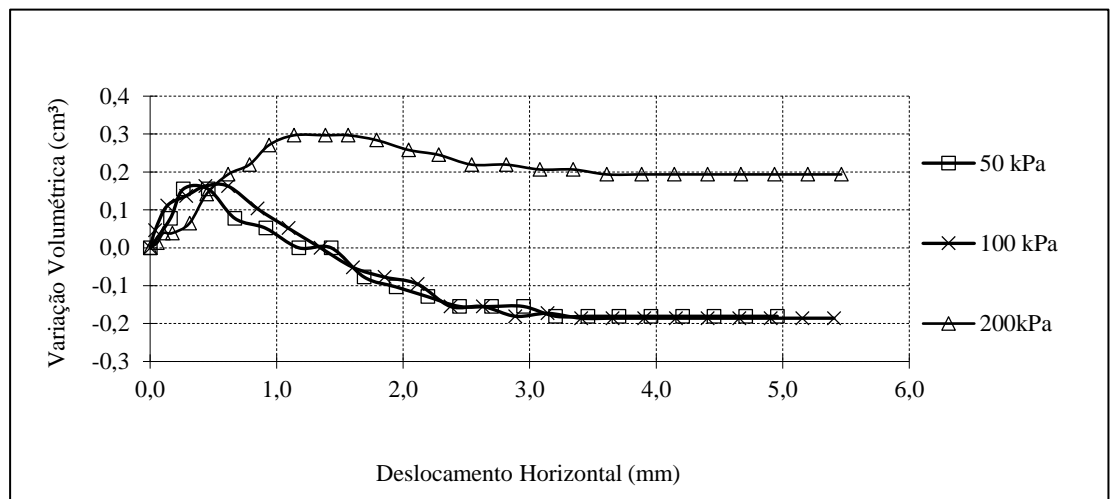
- Limites de Atterberg

A amostra de solo coletada comportou-se como um solo arenoso, não apresentando coesão suficiente para que se pudesse realizar os ensaios para cálculos dos limites de Atterberg, por isso tais valores foram desconsiderados.

4.3.2 Ensaio de cisalhamento direto

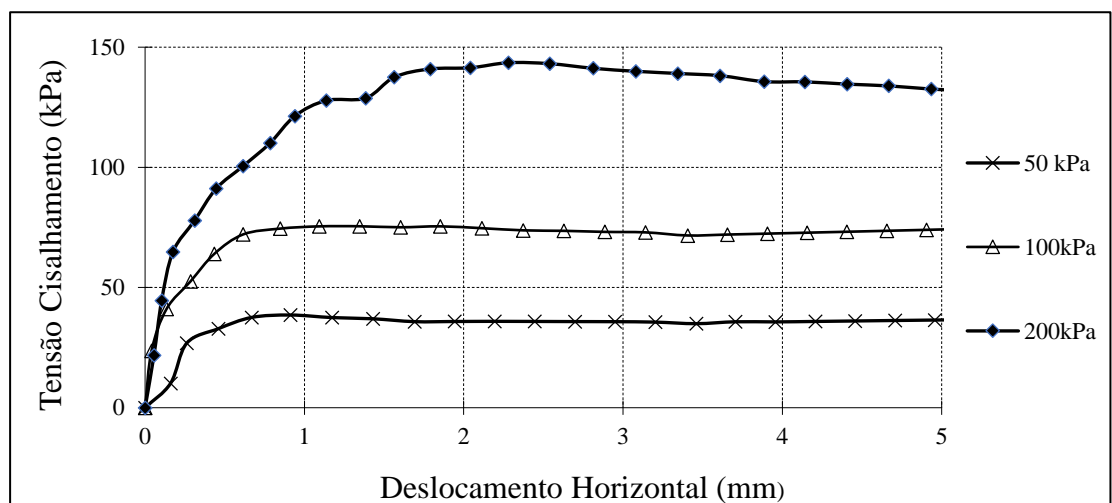
A partir do ensaio de cisalhamento direto é possível determinar as curvas de Variação Volumétrica x Deslocamento Horizontal, Tensão Cisalhante x Deslocamento horizontal e a envoltória de resistência, de onde se é obtido os parâmetros geotécnicos do solo estudado, como mostrado nas Figuras 20, 21 e 22.

Figura 20 — Gráficos Variação Volumétrica X Deslocamento Horizontal



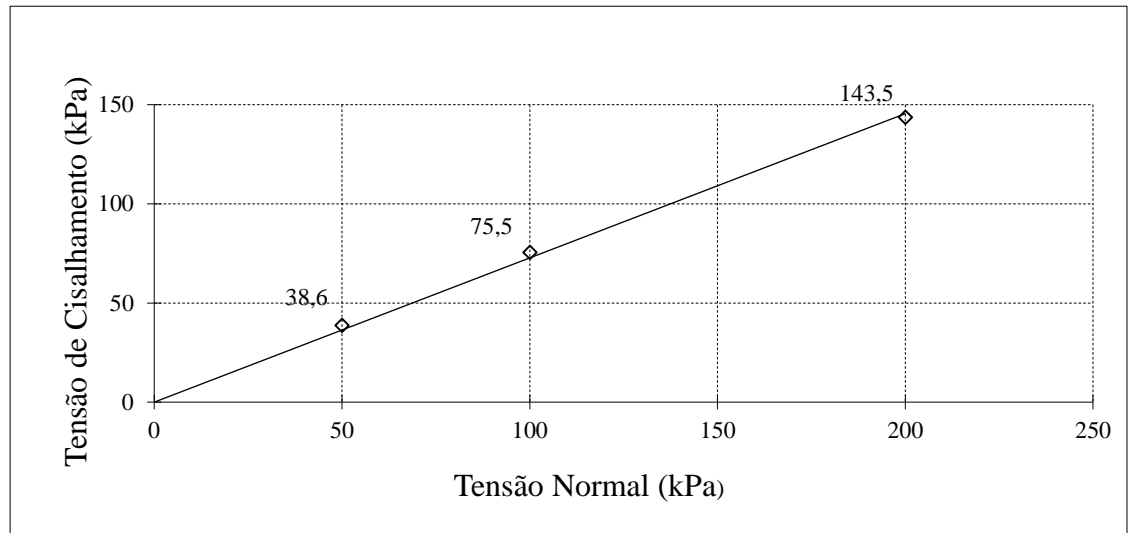
Fonte: Autor

Figura 21 — Gráfico Tensão de Cisalhamento X Deslocamento Horizontal



Fonte: Autor

Figura 22 — Envoltória de resistência



Fonte: Autor

A partir dos dados calculados, afirma-se que o solo apresenta coesão desprezível e ângulo de atrito igual a 36° . Estes valores são coerentes com a curva granulométrica mostrada anteriormente, classificada como uma areia fina.

Com base nos parâmetros geográficos, geológicos e geotécnicos obtidos do solo natural da encosta, torna-se possível realizar uma análise da estabilidade do talude do Morro Santa Terezinha, de forma que se avalie tecnicamente o impacto das soluções realizadas. No presente trabalho, contudo, a análise de estabilidade não foi realizada tanto pelo curto tempo de confecção da monografia quanto pela falta de uma informação um pouco mais detalhada sobre a estratigrafia do terreno. Apesar disso, afirma-se, ainda, a importância da realização de tal análise como decorrente dos ensaios apresentados e dos dados obtidos; sugerindo-se, portanto, a sua realização em futuros trabalhos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1. Conclusão do Trabalho

O presente trabalho buscou discorrer acerca de todo o processo de revitalização ocorrido no Morro Santa Terezinha, objetivando analisar criteriosamente as motivações e características das soluções empregadas nesse processo.

Primeiramente, é possível afirmar que o trabalho teve êxito em conhecer as características geográficas, geológicas e geotécnicas do solo da região estudada, além de os ensaios de laboratório realizados terem corroborado com os levantamentos bibliográficos obtidos, ambos classificando a areia da região como uma areia fina.

Anteriormente ao início da revitalização, a encosta acumulava um conjunto de problemáticas que levaram a seu deslizamento parcial em 2015, que colocou em risco a vida dos habitantes do morro, as estruturas adjacentes a ele e os transeuntes que por ali circulavam, afastando parte do fluxo humano e econômico local. O nível de importância da revitalização da encosta torna-se, dessa forma, evidente pela sua capacidade de possibilitar o desenvolvimento turístico da região e de prover segurança aos seus habitantes.

Conclui-se, ainda, que as técnicas empregadas atenderam seu objetivo inicial de revitalizar, reurbanizar e requalificar o Morro Santa Terezinha, principalmente perante seu histórico de ocupação desordenada, de processo erosivo intenso e de deslizamentos ocorridos desde sua ocupação.

Posto isso, afirma-se que as soluções adotadas de retaludamento, muros de contenção e proteção superficial foram escolhidas não apenas perante seu caráter predominante de estabilização de taludes e combate à erosão local, mas também pela sua contribuição e incremento às características estéticas do Morro Santa Terezinha.

Por fim, é possível inferir que, atualmente, o morro encontra-se em uma configuração bastante diferente de antes da revitalização; além de contar com uma quantidade significativamente maior de medidas estabilizadoras, conta com seu aspecto estético bastante melhorado, abrigando polos de lazer e de visitação mais atrativos.

5.2. Sugestões para próximas pesquisas

Reitera-se, portanto, como a revitalização desses espaços é importante não apenas de um ponto de vista técnico, mas também social, principalmente visto a capacidade de ressignificação da identidade coletiva de pertencimento a uma região por parte de seus habitantes e de como isso pode ser afetado pela necessária presença de espaços de lazer plurais e urbanos, que, por conta do crescimento urbano acelerado, acabam por se concentrar majoritariamente nos grandes centros.

Em virtude disso, propõe-se a seguir algumas sugestões de pesquisa com temas próximos do presente trabalho desenvolvido, mas que não estavam totalmente alinhados com o escopo do projeto.

- Realização de uma aferição mais efusiva às secretarias de infraestrutura responsáveis pelos projetos e processos construtivos da requalificação da encosta estudada, com o intuito de fazer necessária a análise de estabilidade da encosta;
- criação de um programa de monitoramento urbanístico para a construção de novas edificações na orla marítima de Fortaleza e para seus impactos no processo de sedimentação litorâneo, principalmente visto que esse é um enorme fator agravante da erosão ocorrida na costa;
- realização de uma análise político-social da percepção dos habitantes do Morro Santa Terezinha sobre o processo de revitalização e reurbanização impresso em seu bairro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIROLDI, Laura et al. An ecological perspective on the deployment and design of low-crested and other hard coastal defence structures. **Coastal engineering**, v. 52, n. 10-11, p. 1073-1087, 2005.

ANANIAS, Emerson José; TEIXEIRA, Alexandre Marcos; DA SILVA DURAN, Jaime. O uso crescente de solos reforçados para contenções em áreas urbanas: uma ênfase aos 20 anos da solução Terramesh® no Brasil. In: **Cobrae 2009 5ª Conferência brasileira de estabilidade de encostas**. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**: Solo – Determinação do limite de liquidez. 2 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2017. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180**: Solo – Determinação do limite de plasticidade. 2 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2016. 7 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Solo – Análise Granulométrica. 2 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2018. 16 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53**: Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. 2 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2009. 18 p.

ASTM, D3080. 3080–4: 2004, Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions. **West Conshohocken: ASTM International**, 2004.

AUGUSTO FILHO, O., 1992, Caracterização Geológico-Geotécnica Voltada à Estabilização de Encostas: Uma Proposta Metodológica, 1ª COBRAE, Vol. 2 p: 721733, Rio de Janeiro, Brasil.

BARBOSA, Michele Cristina Rufino; DE LIMA, Hernani Mota. Resistência ao cisalhamento de solos e taludes vegetados com capim vetiver. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, n. 1, p. 113-120, 2013.

BRANDÃO, Ricardo de Lima. Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza-Projeto SINFOR. Diagnostico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza. 1995.

BRASIL, DNPM. Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana do Recife. **Recife–1995**.

BSI STANDARDS PUBLICATION. BS 8006-1: Code of practice for strengthened/ reinforced soils and other fills. [S.I], 2010

CARNEIRO, Franklin de Andrade et al. EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO CAMPO DE DUNAS DO MORRO SANTA TEREZINHA, FORTALEZA/CE. **Geociências**, São Paulo, v. 32, n. 1, p.137-151, mar. 2013.

CARVALHO, PAS. Taludes de Rodovias: orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas. São Paulo: IPT, 1991. Publicação IPT, n. 1843, p. 388.

- CRUDEN, David M.; VARNES, David J. Landslides: investigation and mitigation. Chapter 3- Landslide types and processes. Transportation research board special report, n. 247, 1996.
- CHAVES, F. J. Caracterização Geotécnica de Solos da Formação Barreiras, da Região Metropolitana de Fortaleza para Aplicação em Obras Rodoviárias, COPPE / UFRJ, Tese de Mestrado. 2000
- CHRISTOPHER, B. R.; BERG, R. R. Pullout evaluation of geosynthetics in cohesive soils. **Geotextiles, Geomembranes and Related Products, Den Hoedt (ed.), Balkema Publishers**, p. 731-736, 1990.
- DANTAS, Eustógio Wanderley Correia. Construção da imagem turística de Fortaleza/Ceará. **Mercator**, v. 1, n. 1, 2002.
- DE BRITO, Jorge; ASSOCIADO, I. S. T. MUROS DE SUPORTE ESPECIAIS.
- DE LYRA SOUZA, Marco Antônio. Benefícios Ambientais no Controle de Erosão Costeira com o uso do Dissipador de Energia “Bagwall” no litoral de Alagoas. **Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 8, n. 2, p. 139-148, 2008.
- DOS SANTOS, Juliana Moreira; DE PAULA, Davis Pereira. PROCESSO HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO DO MORRO SANTA TEREZINHA, EM FORTALEZA: RISCO AMBIENTAL VERSUS URBANIZAÇÃO. **Geografia em Questão**, v. 11, n. 2.
- DIÁRIO DO NORDESTE (Fortaleza). Elevador sobre trilhos e novo mirante no Morro Santa Terezinha serão entregues até dezembro. **Diário do Nordeste**, [S. l.], p. 1-1, 4 set. 2019. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/metro/online/elevador-sobre-trilhos-e-novo-mirante-no-morro-santa-terezinha-serao-entregues-ate-dezembro-1.2145554>. Acesso em: 9 nov. 2019.
- DIÁRIO DO NORDESTE (Fortaleza). Elevador sobre trilhos e novo mirante no Morro Santa Terezinha serão entregues até dezembro. **Diário do Nordeste**, [S. l.], p. 1-1, 4 set. 2019. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/metro/online/elevador-sobre-trilhos-e-novo-mirante-no-morro-santa-terezinha-serao-entregues-ate-dezembro-1.2145554>. Acesso em: 9 nov. 2019.
- DIAS, Fernando Peres et al. Análise da susceptibilidade a deslizamentos no bairro Saco Grande, Florianópolis-SC. 2000
- FERNANDES, N.F. e AMARAL, C.P.do. Movimentos de Massa: Uma Abordagem Geológico-Geomorfológica. In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. da (Orgs.) Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 123-19
- FONTELES, Helano Regis da Nobrega. **Caracterização geotécnica do subsolo da porção nordeste do Município de Fortaleza (CE) com base em Geoestatística**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- GEORIO. Manual técnico de encostas. Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro,4v. 2000.
- GERSCOVICH, Denise. Estabilidade de taludes. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

- GOOGLE (Estados Unidos) (Org.). **Google Earth**. 2019. Disponível em: <<https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso em: 01 out. 2019.
- GRAY, Donald H.; SOTIR, Robbin B. **Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization: a practical guide for erosion control**. John Wiley & Sons, 1996.
- GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M.. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1984.
- HACHICH, Waldemar Coelho et al. **Fundações: teoria e prática**. 1996.
- HUTCHINSON, Jean. N.. Mass movement. **Geomorphology**, [s.i], v. 327, n. 1, p.688-696, fev. 1968.
- ISLAM, Mohammad Shariful et al. Use of vegetation and geo-jute in erosion control of slopes in a sub-tropical climate. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, v. 73, p. 1162-1170, 2013.
- JÚNIOR, José Fernando Pinese; CRUZ, Lísia Moreira; RODRIGUES, Sílvio Carlos. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia–MG. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 2, 2008
- LEME, Rosiel Ferreira; NETO, Silvrano Adonias Dantas; DA SILVA FILHO, Francisco Chagas. INFLUÊNCIA DA SUCÇÃO MÁTRICA NAS CONDIÇÕES DE FLUXO E ESTABILIDADE DE TALUDES DE UMA BARRAGEM DE TERRA. **Conexões-Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 2, p. 73-85, 2016.
- LINS, Adriano. Tragédia de 2008: as marcas que ficaram na natureza e nas pessoas. **Nsc Total**. Santa Catarina, p. 1-1. ago. 2008.
- LINS, Paulo Gustavo Cavalcante. **Considerações sobre a aplicação do método dos elementos finitos à análise de estabilidade de taludes**. 1996. 150 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996
- MACCAFERRI. (2008). **Reforço de solos**. Manual Técnico. São Paulo.
- MARINO, Márcia Thelma Rios Donato; FREIRE, George Satander Sá; HORN FILHO, Norberto Olmiro Horn Filho. Aspectos geológicos e geomorfológicos da zona costeira entre as praias do Futuro e Porto das Dunas, região metropolitana de Fortaleza,(RMF), Ceará, Brasil. **Geologia**, v. 25, n. 1, 2012.
- MASSAD, Faïçal. **Obras de terra: curso básico de geotecnia**. [s.i]: Oficina de Textos, 2010
- MIRANDA, A. N. Prática de fundações no Ceará. In: GUSMÃO, A.D.; GUSMÃO FILHO, J.A.; OLIVEIRA, J.T.R.; MAIA, G.B. (Org.). **Geotecnia no Nordeste**. Recife: UFPE. 2005.
- MONTEFALCONE, Monica et al. Human influence on seagrass habitat fragmentation in NW Mediterranean Sea. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 86, n. 2, p. 292-298, 2010.
- MUEHE, Dieter. Aspectos gerais da erosão costeira no Brasil. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 4, n. 7, p. 97-110, 2005.

NASH, D. (1987). Comprehensive review of limit equilibrium methods of stability analysis. Slope Stability, Chapter 2. M. G. Andersen and K. S. Richards, Eds. New York: Wiley, pp. 11-75.

PAULA, Davis Pereira de. Análise dos riscos de erosão costeira no litoral de Fortaleza em função da vulnerabilidade aos processos geogênicos e antropogênicos. 2012.

PREFEITURA DE FORTALEZA (Fortaleza). Prefeitura de Fortaleza. Prefeito Roberto Cláudio e governador Camilo Santana entregam obra de urbanização do Morro Santa Terezinha. S. l., p. 1-2, 29 maio 2018. Disponível em: <https://www.fortaleza.ce.gov.br/noticias/prefeito-roberto-claudio-e-governador-camilo-santana-entregam-obra-de-urbanizacao-do-morro-santa-terezinha>. Acesso em: 31 out. 2019.

PREMCHITT, H. F. et al. **Rainstorm runoff on slopes**. Geotechnical Control Office, Civil Engineering Services Department, 1986.

RAMOS, Lidiane da Costa. Mucuripe: verticalização, mutações e resistências no espaço habitado. 2003.

SHARPE, C. F. et al. Landslides and related phenomena. 1938.

SIEIRA, Ana Cristina Castro Fontenela. Geossintéticos e pneus: Alternativas de estabilização de taludes. Engevista, v. 11, n. 1, 2009..

SILVA, João Paulo Moreira da et al. Os métodos de equilíbrio limite e dos elementos finitos na análise de estabilidade de taludes. 2011

TABALIPA, Ney Lyzandro; FIORI, Alberto Pio. Influência da vegetação na estabilidade de taludes na bacia do Rio Ligeiro (PR). **Geosciences= Geociências**, v. 27, n. 3, p. 387-399, 2008.

TERZAGHI, K. (1950), Mechanisms of Landslides, *The Geological Society of America – Engineering Geology* (Berkeley), pp. 83-123.

TRUONG, P. N.; HART, Barbara. Vetiver system for wastewater treatment. Office of the Royal Development Projects Board, 2001.

VARNES, David J. Landslide types and processes. Landslides and engineering practice, v. 24, p. 20-47, 1958.

VARNES, David J.. Landslide types and processes. In: VARNES, David J.. **Landslides and engineering practice**. 24. ed. [s.l]: [s.e], 1958. p. 20-47.

VIEIRA, B. C. Previsão de escorregamentos translacionais rasos na Serra do Mar (SP) a partir de modelos matemáticos em bases físicas. Rio de Janeiro, 2007.

VOLK, Leandro Bochi da Silva. Condições físicas da camada superficial do solo resultantes do seu manejo e indicadores de qualidade para redução da erosão hídrica e do escoamento superficial. 2006.

ANEXO A – SEÇÃO MÉDIA DO TALUDE ESTUDADO*

