



Franciele Braga Machado Tullio  
(Organizadora)

# Enfoques e Possibilidades para a Engenharia Geotécnica



Franciele Braga Machado Tullio  
(Organizadora)

# Enfoques e Possibilidades para a Engenharia Geotécnica

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E56	<p>Enfoques e possibilidades para a engenharia geotécnica [recurso eletrônico] / Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web ISBN 978-85-7247-746-8 DOI 10.22533/at.ed.468190611</p> <p>1. Geologia de engenharia. 2. Mecânica do solo. I. Tullio, Franciele Braga Machado.</p> <p style="text-align: right;">CDD 624.15136</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A obra “Enfoques e Possibilidades para a Engenharia Geotécnica” contempla onze capítulos em que os autores abordam as mais recentes pesquisas relacionadas as possibilidades de materiais e metodologias aplicadas na área de geotecnia.

A Engenharia Geotécnica desempenha um papel muito importante em nossa sociedade, pois é através do estudo da ação do homem sobre o solo e rochas que torna possível a prevenção de deslizamentos, desabamentos e desmoronamentos, contenção da ocupação de encostas e gerenciamento de resíduos.

Os estudos da área de geotecnia visam a proteção da população, fazendo uso de soluções sustentáveis sem prejudicar o meio ambiente.

A adição de resíduos no solo pode viabilizar a sua utilização em subleito ou sub-base na pavimentação. Assim como a utilização de resíduos industriais em substituição ao uso de brita pode se tornar como alternativa para a confecção de misturas asfálticas onde há escassez desse material.

A engenharia geotécnica apresenta várias possibilidades de proteção de encostas, tais como: drenagem, proteção superficial, construção de muros de arrimo, retaludamento, entre outras técnicas, proporcionando segurança para diversas comunidades.

Diante do exposto, esperamos que o leitor faça bom uso dos estudos aqui apresentados, de modo que sejam subsídio para uma reflexão sobre as possibilidades que a engenharia geotécnica proporciona à sociedade, trazendo qualidade de vida e segurança, utilizando meios sustentáveis e reduzindo danos ao meio ambiente.

Franciele Braga Machado Tullio

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ATERROS LEVES SOBRE SOLOS MOLES COM UTILIZAÇÃO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) NA BR-101/PE, LOTE 6: AVALIAÇÃO DA TÉCNICA E CARACTERIZAÇÃO DO EPS QUANTO À COMPRESSÃO SIMPLES	
Fabiano Queiroz de Souza Roberto Quental Coutinho Danisete Pereira de Souza Neto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4681906111</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>14</b>
DOSAGENS PARA MISTURAS ASFÁLTICAS TIPO SMA COM RESÍDUOS INDUSTRIAIS	
André Sales Mendes Jander Joia de Figueiredo Costa Júnior Patrícia de Magalhães Aragão Valença Consuelo Alves da Frota	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4681906112</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>26</b>
ESTUDO DA VIABILIDADE TECNOLÓGICA DO EMPREGO DA CAL EM UM SOLO DA FORMAÇÃO GUABIROTUBA PARA FINS DE PAVIMENTAÇÃO	
Vitor Reinaldo Bordignon Rogério Francisco Kuster Puppi Ronaldo Luiz dos Santos Izzo Amanda Dalla Rosa Johann	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4681906113</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>38</b>
MELHORAMENTO DE SOLO COM ADIÇÃO DE RESÍDUO PROCEDENTE DO CEPILHAMENTO RE PAVIMENTOS CCP	
Daniel da Silva Gomes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4681906114</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>50</b>
USO DE DRENOS FIBROQUÍMICOS E COLUNAS DE BRITA PARA TRATAMENTO DE SOLOS MOLES NA BAIXADA DE JACAREPAGUÁ - RJ	
Fernanda Valinho Ignacio Bruno Vieira de Jesus Juliano de Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4681906115</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>62</b>
ESTUDO PARA UTILIZAÇÃO DE TUBOS GEOTÊXTIL PARA ACOMODAÇÃO DE REJEITOS E ESTÉRIL EM SISTEMAS DE DISPOSIÇÃO POR BACKFILL	
Rafaela Baldí Fernandes Sander Elias Rodrigues	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4681906116</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>78</b>
OCUPAÇÃO ANTRÓPICA DE ENCOSTAS E SUA ESTABILIZAÇÃO	
Paulo Afonso de Cerqueira Luz Alberto Alonso Lázaro	

Henrique Dinis  
Kamila Rodrigues Cassares Seko  
DOI 10.22533/at.ed.4681906117

<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>91</b>
ZONEAMENTO SIMPLIFICADO DE RISCO DE DESLIZAMENTO EM ENCOSTAS NO NORDESTE DO BRASIL	
Belaniza Gaspar Santos Neta Osvaldo de Freitas Neto Erinaldo Hilario Cavalcante	
DOI 10.22533/at.ed.4681906118	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>105</b>
ESTUDOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS PARA IMPLANTAÇÃO DA BARRAGEM VENTUROSA NO ESTADO DE PERNAMBUCO	
Hosana Emilia Sarmiento Costa Leite Rafaella Teixeira Miranda Maiara de Araújo Porto Túlio Martins de Lima Natália Milhomem Balieiro	
DOI 10.22533/at.ed.4681906119	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>118</b>
COMPARAÇÃO E PREVISÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL (UCS) DE ROCHAS ARENÍTICAS TURBIDÍTICAS DAS FORMAÇÕES SANTOS, BACIA DE SANTOS, BRASIL E DA FORMAÇÃO CHICONTEPEC, BACIA DE CHICONTEPEC, MÉXICO	
Claudia Martins Bhering Dominoni Anna Laura Lopes da Silva Nunes Claudio Rabe Gilmara Alexandre Felipe da Silva Cleverson Guizan Silva	
DOI 10.22533/at.ed.46819061110	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>130</b>
MODELAGEM EM ELEMENTOS FINITOS 3D DE RADIER ESTAQUEADO COMPOSTO POR ESTACAS EMBUTIDAS PARCIALMENTE EM ROCHA	
Jean Rodrigo Garcia Paulo José Rocha de Albuquerque Osvaldo de Freitas Neto Rodrigo Álvares de Araújo Melo	
DOI 10.22533/at.ed.46819061111	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>144</b>
MELHORAMENTO DOS PARÂMETROS MECÂNICOS E FÍSICOS DE DEPÓSITOS ALUVIONARES ATRAVÉS DA EXECUÇÃO DE GEODRENOS VERTICAIS	
Rodrigo Rogério Cerqueira da Silva Bruno Pereira Casanova	
DOI 10.22533/at.ed.46819061112	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>156</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>157</b>

## OCUPAÇÃO ANTRÓPICA DE ENCOSTAS E SUA ESTABILIZAÇÃO

### **Paulo Afonso de Cerqueira Luz**

Universidade Presbiteriana Mackenzie – Escola  
de Engenharia  
São Paulo – SP

### **Alberto Alonso Lázaro**

Universidade Presbiteriana Mackenzie – Escola  
de Engenharia  
São Paulo – SP

### **Henrique Dinis**

Universidade Presbiteriana Mackenzie – Escola  
de Engenharia  
São Paulo – SP

### **Kamila Rodrigues Cassares Seko**

Universidade Presbiteriana Mackenzie – Escola  
de Engenharia  
São Paulo – SP

**RESUMO:** A ocupação antrópica de encostas pode ser decorrente de inúmeros fatores, dentre estes: econômico, habitacional ou relacionado à mobilidade. No Brasil, a instabilidade das encostas é considerada recorrente devido à sua formação geológica. A principal causa de riscos geológicos ocorre pela ocupação desordenada do solo por edificações irregulares, denominadas de favelas. A probabilidade de ocorrência de eventos ou acidentes nessas encostas é caracterizada pela classificação dos riscos em R1, R2, R3 e R4, podendo ser considerada um parâmetro para a adoção de

uma determinada técnica de estabilização da encosta. Contudo, a acessibilidade ao local, a altura do talude a ser contida, a área disponível para o retaludamento e meio de transporte podem ser impeditivos na escolha de uma solução tanto em obras de contenção com elemento externo quanto em obras com maciço em solo reforçado. Neste trabalho, são apresentados os métodos usuais para correção da instabilidade, com ações visando evitar, mitigar ou gerenciar os riscos sociais e econômicos dela decorrentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ocupação antrópica de encostas. Risco Geológico. Estabilização de encostas.

### ANTHROPIC SLOPE OCCUPATION AND STABILIZATION TECHNIQUES

**ABSTRACT:** The anthropic slope occupation could be a consequence of countless factors, such as: economic, housing and population mobility. The landslide instability is considered a recurring event due to geological formation in Brazil. Disorderly occupation by irregular housing, commonly denominated slums, is the main cause for geological risks. The probability for slide events or accidents occurring can be classified as R1, R2, R3 and R4. This classification could be used as a parameter to choose a specific stabilization technique.



However, local accessibility, slope height, available area for mass grading and means of transportation can interfere in the proposed solution for a retaining wall technique or reinforced soil techniques. In this work, are presented the usual slope stabilization techniques to avoid, mitigate or manage social and economic risks.

**KEYWORDS:** Anthropic slope occupation. Geological risks. Slope stabilization.

## 1 | INTRODUÇÃO

A ocupação antrópica das encostas ocorre por finalidades variadas, podendo ser por atividades econômicas, de transportes ou por habitações. A ocupação feita indistintamente, sem planejamento ou orientação técnica, pode levar a riscos geológicos, pela ocorrência de deslizamentos, erosões, muitas vezes inclusive, com consequências ambientais. No Brasil, o problema de instabilidade de encostas é recorrente, tendo em vista a formação geológica característica de boa parte de seu território, em especial ao longo de sua orla marítima, onde ocorrem solos residuais instáveis, com a formação de “tálus” e outros fenômenos de fragilidade geológica. São os riscos geológicos com deslizamentos que impõem maior cautela, pois causam grandes danos materiais ou perda de vidas humanas, vindo a ocorrer especialmente em vertentes ocupadas por agrupamentos desordenados de edificações irregulares, construídas de forma precária, em núcleos habitacionais ou não, denominados de favelas.

Este processo de ocupação é histórico no país e teve várias origens e causas, em função da urbanização que cada região ou município sofreu, frente a fenômenos sociais, como a migração interna do campo para as cidades, com origem econômica, motivada pela industrialização. Há também que salientar o grande crescimento populacional ocorrido especialmente a partir da década de 1960, quando se registraram taxas de até 3,5 a 4,0 % ao ano. O fenômeno sempre foi caracterizado pela presença das faixas mais pobres da população e por moradias com processos construtivos precários, sem a posse legal do imóvel e localizadas em áreas de difícil acesso; sujeitas a riscos variados, como enchentes, deslizamentos ou de baixa salubridade; em locais sem infraestrutura adequada, como arruamento, drenagem e serviços públicos.

Cabe à Municipalidade estabelecer condições mínimas a serem atendidas nas construções, através de legislações específicas, que estabeleçam disposições a serem atendidas para garantir ambientes saudáveis, boa funcionalidade e conforto, tais como: áreas mínimas, acessos, recuo das edificações com as divisas, ventilação, insolação, dentre outras. Para ocupação das encostas, torna-se evidente a necessidade de avaliações do risco ao deslizamento e erosões, frente à interferência em seus taludes naturais.

A rigor, as encostas encontram-se em continua transformação. Normalmente, junto à sua superfície, ocorrem várias modificações no solo, químicas ou

físicas, causadas por agentes naturais, climáticos, chuvas, ventos, que produzem instabilidade na massa de solo da superfície, acarretando o deslizamento de sedimentos encosta abaixo. Esse fenômeno pode ocorrer lentamente durante anos ou em instantes. Existem vários tipos de movimento de massa: creep, escorregamento e avalanche. Sua classificação pode ser efetuada pelo tipo de material envolvido, maneira como se move e sua rapidez. Entretanto, qualquer movimento de massa é caracterizado pelo desprendimento de uma camada qualquer de solo, do leito da rocha ou de uma superfície do próprio solo, subjacentes. Assim, os deslizamentos são fenômenos da natureza e fazem parte da dinâmica natural de transformação e formação da crosta terrestre. Quando causados por razões antrópicas, pode-se dizer que houve uma interferência nestes fenômenos, acelerando o processo ou instabilizando-o.

Normalmente o processo de ocupação de um território é dinâmico, pois está em permanente evolução, com algumas áreas já consolidadas, outras áreas com a urbanização em curso e outras áreas ainda vagas ou em estruturação urbana. Com relação à ocupação de áreas em situação de risco por deslizamento de encostas, consideram-se medidas de prevenção, cuja abrangência depende do tipo do risco, sua natureza, intensidade e dano, frente à sua incidência. As medidas podem ser subdivididas em três grupos: as **ações intensivas**, aplicadas às áreas já consolidadas ou em processo de ocupação, que estejam sob risco iminente, visando evitar os danos; as **ações extensivas**, visando minimizar eventuais danos por meio de intervenções preventivas, aplicadas em áreas de baixa ocupação; e as **ações de regulamentação**, que se referem às legislações e orientações aplicadas às áreas em processo de estruturação urbana, visando disciplinar a ocupação e o uso do solo, de modo a evitar a incidência de riscos. Assim, a exigência de um Plano Diretor e de uma Lei de Uso e Ocupação do Solo é necessária, de modo a estabelecer regras para convívio dos vários usos, evitando-se riscos com a interferência entre os mesmos.

Neste trabalho são focados os riscos decorrentes dos processos de instabilização de encostas ou de áreas muito inclinadas, ocupadas antropicamente ou não, naturais ou resultantes de obras de terraplanagem: deslizamentos, avalanches ou erosões, suas causas e mecanismos de ocorrência, e métodos usuais para correção, com ações visando evitar, mitigar ou gerenciar os riscos sociais e econômicos decorrentes.

## 2 | CONTEXTO GEOLÓGICO E RISCO GEOLÓGICO EM ÁREAS URBANAS OCUPADAS DE FORMA DESORDENADA

### 2.1 Contexto geológico

Para a compreensão desses fenômenos de instabilização de taludes e encostas é necessária a completa caracterização do contexto geológico e geotécnico onde ocorrem, sendo subdividido em: rochas, intemperismo físico e químico, solos, erosão e o relevo.

As rochas, quanto à origem, são classificadas em ígneas (intrusivas e extrusivas), sedimentares e metamórficas. Sua descrição, com base em características como a cor, a composição mineralógica e o tamanho dos grãos é denominada de litologia. Em função do grau de alteração, que é o processo de desagregação e decomposição das rochas, por agentes físicos e químicos, são classificadas em rochas sãs, pouco, muito e extremamente alteradas.

Intemperismo é um processo natural que, por ação de efeitos físicos, químicos e biológicos, acarreta modificações nas propriedades físicas e características químicas de minerais e rochas. O intemperismo físico provoca a desagregação e fragmentação das rochas, principalmente por variações de temperatura e pressão no interior dos maciços rochosos, e o aumento, nas rochas, da superfície de exposição ao ar e à água, sem alterar a sua estrutura cristalina. O intemperismo químico tem como principal agente a água da chuva, que infiltra e percola pelas rochas, tornando-se ácida quando associada ao gás carbônico presente na atmosfera, provocando alteração das características químicas dos minerais e rochas. As principais reações provocadas pelo intemperismo químico são: hidrólise, hidratação, dissolução e oxidação, que são facilitadas pelas temperaturas mais elevadas, presentes em regiões de clima tropical e subtropical.

Solo pode ser definido como resultado de processos de intemperismo desenvolvidos em minerais e rochas. Os solos são divididos, quanto à sua origem, em dois grandes grupos: os solos residuais e os solos transportados.

Solos residuais são aqueles que sofrem as alterações por intemperismo sem movimentação; quando os processos de intemperismo encontram-se em andamento, mantendo ainda a heterogeneidade, estrutura, textura e coloração da rocha matriz recebem a denominação de solo residual jovem ou solo de alteração; e quando os efeitos do intemperismo se intensificam, tornando-os homogêneos quanto à cor, granulometria, composição mineralógica, textura e estrutura, perdendo as características originais da rocha matriz, passam a ser chamados de solo residual maduro ou solo eluvial.

Solos transportados são os solos residuais que sofreram processos de erosão, transporte e deposição. Quando esses processos ocorrem em ambiente fluvial, em cursos d'água e planícies de inundação, os solos são denominados de aluviões ou

aluviais. Os solos aluviais que são retrabalhados, ficando numa posição superior em relação a aluviões mais recentes, formam os chamados terraços fluviais. Os ambientes de praias e manguezais produzem os chamados sedimentos marinhos. O transporte de solos e rochas pode ser efetuado por efeito da gravidade, por exemplo em encostas. Quando os materiais transportados são constituídos somente por solo são chamados de coluviões; com a presença de solos e blocos de rocha passam a ter a denominação de tálus. A ação dos ventos, transportando materiais intemperizados, forma os solos eólicos.

O termo erosão denomina o conjunto de ações e efeitos de processos que fazem parte da dinâmica superficial da Terra e provocam a desagregação, remoção e deposição de partículas de solo e fragmentos de rocha. Os processos erosivos são causados pela ação combinada da gravidade, água, ventos e geleiras. A ação da água tem maior importância na instabilização de taludes e encostas.

Declividade é a inclinação da superfície de um terreno em relação ao plano horizontal. Pode ser expressa em porcentagem entre a diferença de nível e a distância horizontal entre dois pontos na superfície do terreno ou também pela tangente do ângulo de inclinação.

Ao conjunto de diversos aspectos, formas e feições que formam a estrutura superficial da Terra dá-se o nome de relevo. As formas de relevo são definidas pela declividade, pela altitude e pela extensão das ocorrências.

Os principais fatores condicionantes de instabilização de encostas são as águas no subsolo, chuvas, cobertura vegetal e ação antrópica (ABGE, 1998).

As águas de subsuperfície podem aumentar as solicitações hidrostáticas e diminuir a resistência dos solos, e na base das encostas podem ocorrer concentrações das linhas de fluxo, aumentando a vazão e as pressões neutras, diminuindo as tensões efetivas, provocando erosão subterrânea (“piping”), ocasionando escorregamentos planares nas encostas.

As chuvas estão diretamente relacionadas aos escorregamentos de encostas, pois a grande maioria desses acidentes ocorrem no período chuvoso. A intensa pluviosidade, associada à precipitação em dias anteriores, provoca processos erosivos em superfície e alterações nas águas de subsuperfície que acarretam processos de instabilização de encostas e taludes.

A cobertura vegetal pode interferir favoravelmente na estabilidade de encostas e taludes redistribuindo as águas das chuvas, diminuindo o impacto da chuva na superfície do terreno e a infiltração da água no solo, aumentando a resistência da superfície com a presença de raízes e retirando água do solo pela evapotranspiração (ABGE, 1998).

## 2.2 Risco geológico

As ocorrências de processos geológicos, naturais ou induzidos, tem a denominação de eventos quando não acarretam danos sociais ou materiais. Se

causam perdas ou danos às pessoas e suas propriedades, passam a ser denominadas acidentes e o risco geológico é a possibilidade ou probabilidade de ocorrência de acidentes associados a processos geológicos (ABGE, 2018).

Os riscos geológicos têm a seguinte classificação:

- **Endógenos**, quando associados a processos da geodinâmica interna da Terra, tais como terremotos, atividades vulcânicas ou “tsunamis”;

- **Exógenos**, quando associados a processos da geodinâmica externa da Terra, tendo como exemplos escorregamentos, inundações, erosões, assoreamentos, colapso dos solos e expansão dos terrenos (ABGE, 2018).

Para a determinação do grau de probabilidade de ocorrência do processo ou risco geológico podem ser utilizados os seguintes critérios (Ministério das Cidades/ Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007):

- R1 (baixo) – os condicionantes geológico-geotécnicos são de baixa potencialidade, não há indícios de desenvolvimento de processos e não se espera a ocorrência de acidentes;

- R2 (médio) – os condicionantes geológicos-geotécnicos são de média potencialidade, existem algumas evidências de desenvolvimento de processos e é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos;

- R3 (alto) – os condicionantes geológicos-geotécnicos são de alta potencialidade, com a presença de evidências significativas de desenvolvimento de processos e é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos;

- R4 (muito alto) – os condicionantes geológicos-geotécnicos são de muito alta potencialidade, as evidências de desenvolvimento de processos são expressivas e é muito provável a ocorrência de acidentes.

As cartas geotécnicas ou cartas de suscetibilidade de risco, que representam em mapas as características geológicas, os processos de riscos geológicos predominantes e seu grau de probabilidade de ocorrência, são instrumentos de maior importância na prevenção de acidentes no meio físico e na implementação de planejamento territorial e de políticas públicas.

### 3 | TÉCNICAS EXECUTIVAS PARA ESTABILIZAÇÃO DE ENCOSTAS EM ÁREAS URBANAS

O processo de estabilização de encostas pode ser dividido nas seguintes etapas: **diagnóstico, solução e monitoramento**. A identificação do tipo de movimento de massa e a realização de investigações geológico-geotécnicas compõem a etapa denominada de diagnóstico. Em relação às medidas de prevenção de acidentes geológicos a serem adotadas como solução, estas podem ser classificadas como extensivas e intensivas.

As medidas de prevenção consideradas como extensivas visam a diminuição

da probabilidade de ocorrência de riscos de escorregamentos. Fazem parte deste tipo de intervenção: recuperação das áreas de risco, controle da expansão e do adensamento da ocupação, remoção preventiva e temporária da população instalada, serviços de limpeza e recuperação, proteção vegetal, drenagem superficial e acessos, revestimento de taludes, desmonte de blocos de rocha e matacões, obras de drenagem subsuperficial e profunda, estruturas de contenção (localizadas, de pequeno porte), estruturas de contenção (médio e grande porte), terraplenagem e remoção de moradias.

Há inúmeras soluções técnicas para a estabilização de **taludes em solo**. Independentemente do tipo de alternativa a ser executada, pode-se afirmar que a drenagem e proteção superficial são necessárias e importantíssimas para sua estabilização. O Quadro 1 apresenta um resumo das técnicas executivas para este tipo de situação-problema.

CLASSIFICAÇÃO DE TALUDES EM SOLO	TÉCNICAS EXECUTIVAS
<b>Corte</b>	Retaludamento (suavização ou execução de bermas).
	Drenagem e proteção superficial.
	Solo grampeado.
	Cortinas atirantadas.
<b>Aterro</b>	Muros de arrimo.
	Drenagem e proteção superficial.
	Reforço com geossintético.
	Cortinas atirantadas.

Quadro 1 – Tipos de técnicas para estabilização de taludes em solo.

Fonte: Elaborado a partir do Manual Técnico de Encostas (GEO-RIO, 2000, p.163).

Ressalta-se que a altura do talude a ser contida, a área disponível para o retaludamento, o acesso e meio de transporte projetados para execução da obra podem ser impeditivos no processo de adoção de certas soluções técnicas, principalmente quando se tratar de equipamentos de maior porte.

A solução a ser executada para estabilização de **taludes em rocha** é influenciada por inúmeras características como por exemplo: inclinação do talude, risco detectado, forma e volume do bloco de rocha, juntamente com centro de gravidade, sua estrutura, litologia, grau de alteração, condições de apoio, espaço disponível para trabalho e bota-fora disponíveis na região. O Quadro 2 apresenta as soluções técnicas viáveis para a situação de estabilização e convivência com o problema.

TIPO DE SOLUÇÃO	TÉCNICAS EXECUTIVAS
<b>Eliminação</b>	Desmonte e fragmentação de blocos de rocha.
	Realocação da estrutura instável.
<b>Estabilização</b>	Chumbadores e ancoragens com a execução de contrafortes ou grelhas.
	Implantação de banquetas.
	Preenchimento de fissuras.
	Proteção superficial com o emprego de concreto projetado.
	Drenagem.
<b>Convivência com o problema</b>	Execução de banquetas para redução de energia.
	Construção de barreiras flexíveis.
	Construção de muros rígidos.
	Tela metálica.
	Trincheira para coleta de blocos.
	Túnel falso.

Quadro 2 – Tipos de técnicas para estabilização de taludes em rocha.

Fonte: Elaborado a partir do Manual Técnico de Encostas (GEO-RIO, 2000, p.167).

A seguir serão apresentadas algumas soluções técnicas que demonstram potencial de serem empregadas na estabilização de encostas de áreas urbanas, com enfoque para as regiões com ocupação urbana desordenada.

### 3.1 Obras de contenção com elemento estrutural externo

Correspondem a obras de contenção concebidas por sistemas estruturais não incorporados dentro do maciço de solo, cuja estabilidade é obtida por meio de fundações, superficiais ou profundas. Os principais sistemas estruturais são:

- **Muros de gravidade** – são estruturas de contenção verticais que funcionam basicamente através do seu peso próprio, como o nome indica. Geralmente possuem funcionamento estrutural rígido e são impermeáveis. Os muros de gravidade costumam ser aplicados para vencer desníveis máximos da ordem de 5 a 6 m de altura. São utilizados em locais com condições topográficas favoráveis, que permitam a execução de uma base mais larga, e em locais com fundação adequada. Existem vários tipos de muro de gravidade: concreto não estrutural (massa ou ciclópico), pedra arrumada (argamassada ou não), gabiões e crib-wall (muro fogueira).

- **Muros à flexão** – são estruturas de contenção verticais esbeltas flexíveis, executadas em concreto estrutural fortemente armado, que funcionam através do seu peso próprio e do peso da porção de solo (reaterro) que é construída (apoiada) acima da base do muro, do lado interno. Tem uma seção transversal esbelta em formato de “L”, voltada para o maciço de solo (reaterro). São utilizados em locais com condições topográficas e geológico-geotécnicas menos favoráveis que as dos

muros de gravidade. Este muro é o tipo mais eficiente de todos os muros de arrimo, podendo vencer desníveis elevados, da ordem de 7 a 8 m de altura. Podem ser reforçados com contrafortes, tirantes ou estacas (subfundação).

- **Perfil pranchada** – é uma estrutura de contenção vertical, esbelta e flexível, constituída por dois tipos de materiais bem diferentes: perfis metálicos cravados no subsolo e pranchões de madeira ou painéis de concreto estrutural (pré-moldados ou moldados “in loco”). Geralmente os pranchões de madeira são empregados em obras provisórias e os painéis de concreto, em obras definitivas. Os perfis metálicos podem ser de vários tipos: I, H, CS, VS, trilhos etc sendo cravados através de um bate-estaca. Sua parte inferior (ficha) irá funcionar enterrada no maciço de solo e sua parte superior (balanço), juntamente com os painéis de concreto ou pranchões de madeira, irá trabalhar basicamente à flexão. É empregada em condições topográficas desfavoráveis ou quando se necessita vencer um desnível relativamente elevado, com uma obra de contenção que seja bastante esbelta e em locais com fundação adequada mais profunda. Para alturas de balanço mais elevadas, geralmente as pranchadas são reforçadas por uma ou mais linhas de tirantes protendidos.

- **Cortina atirantada** – é uma estrutura de contenção vertical e esbelta, construída usualmente com espessura entre 0,15 e 0,30 m, executada em concreto armado e obrigatoriamente reforçada por tirantes protendidos, distribuídos em duas ou mais linhas (níveis). Pode ser subfundada por estacas ou não. Os tirantes utilizados podem ser de três tipos: monobarra (de aço comum tipo CA-50), cordoalhas ou fios, ambos em aço especial. A cortina atirantada é parecida com um muro à flexão, porém sua base tem uma dimensão muito reduzida em relação à sua altura, justamente por causa da ação das linhas de tirantes para sua estabilidade global. Normalmente é empregada em obras de contenção de maior porte, em condições topográficas desfavoráveis ou quando se necessita vencer um grande desnível com uma obra de contenção a mais estreita (esbelta) possível. Costuma atingir alturas da ordem de 20 m.

- **Placas atirantadas** – constituídas por uma parede vertical composta por placas atirantadas isoladamente, porém adjacentes (contíguas) entre si. Essas placas são executadas em concreto armado pré-moldado e com dimensões variáveis, em função do talude a ser estabilizado. Possui uma utilização muito semelhante àquela das cortinas atirantadas. Sua vantagem consiste no fato de as peças serem pré-moldadas, sendo mais econômica e de execução mais rápida que as cortinas convencionais.

- **Muro de sacos de solo-cimento** – é composto por sacos de poliéster ou similares, que são preenchidos pela mistura de solo-cimento e costurados manualmente. Após o transporte, são dispostos em camadas horizontais que são compactadas manualmente com o emprego de soquetes. Ressalta-se que durante o posicionamento dos sacos há a intenção de proporcionar um intertravamento entre camadas, semelhante à amarração de fiadas de tijolos em uma alvenaria. Ao longo



da vida útil do muro, os sacos se desintegram. Porém o solo-cimento permanece na mesma forma sob a qual foi moldado. Sendo assim, as faces externas do muro podem ser protegidas através do emprego de concreto magro. Este tipo de solução apresenta uma vantagem que corresponde à facilidade de adaptação da geometria do muro à topografia local. É uma solução econômica por não requerer mão-de-obra especializada nem equipa-mento especial.

### 3.2 Obras com maciço em solo reforçado

Correspondem a obras de contenção concebidas por sistemas estruturais que são incorporados dentro do próprio maciço de solo, reforçando-o sem contar com um elemento estrutural externo. Os principais sistemas estruturais são:

- **Solo grampeado** – consiste em reforçar o solo por meio da introdução de elementos estruturais resistentes à flexão composta. Estes grampos podem ser: barras de aço (chumbadores), que é o tipo de grampo mais comum, microestacas, ou em caso excepcional, estacas. Pode ser empregado tanto em um talude natural (encostas) quanto em taludes resultantes de cortes.

A técnica executiva usual do solo grampeado consiste em: escavação parcial sem escoramento, de cima para baixo; perfuração inclinada com espaçamento entre os furos estabelecido em projeto (tanto na vertical quanto na horizontal); colocação de barras de aço; injeção de argamassa no interior do furo; execução da drenagem e aplicação de concreto projetado na superfície do talude parcialmente escavado. A face externa do solo grampeado é constituída geralmente por concreto projetado, reforçado por tela metálica. Outra alternativa é a utilização de concreto projetado reforçado por fibras de aço.

- **“Jet-grouting”** – é uma segunda técnica que proporciona melhoria das propriedades mecânicas dos solos “in situ”. Esta técnica consiste na formação de colunas de solo-cimento moldadas diretamente no subsolo. Em suma, insere-se uma haste no subsolo e aplica-se um jato de alta pressão através de movimentos rotacionais a alta velocidade, para desagregar a estrutura do solo natural ao redor da haste e, a seguir, misturá-lo com um ligante, geralmente calda de cimento, que é injetado também sob alta pressão. Forma-se então, em torno da haste, um bloco homogêneo de forma cilíndrica com características mecânicas melhores e com menor permeabilidade, em relação ao solo inicial.

Na ocorrência de deslizamentos de encostas pelo efeito de rastejo ou escorregamento em cunhas planas ou curvas, pode-se empregar as estacas de “jet-grouting” no solo, que funcionarão como grampos e proporcionarão melhores fatores de segurança. Essas estacas também possuem a função de prevenir possíveis escorregamentos de camadas de solo em contato com camadas de alteração de rocha, ou seja, pode-se evitar o rastejo do solo.

- **Microestacas ou estacas raiz** – outra técnica empregada é a utilização desses dois tipos de estacas injetadas moldadas “in loco” para compor cortinas de

estacas justapostas ou reticulados de estacas. O reticulado de estacas é aplicado quando há a probabilidade de uma ruptura planar. Este sistema consiste na execução de estacas em diversos ângulos que convergem para um único ponto, onde são incorporadas a um bloco de coroamento ou viga. As estacas apresentam elevada capacidade de resistir à tração e o bloco de coroamento ou viga apresenta a função de arrimar o maciço de solo instável em movimento descendente.

Quando a encosta é constituída por rocha alterada, as estacas podem ser distribuídas ao longo da encosta e ortogonais à mesma, sendo paralelas entre si, em uma densidade conveniente. O objetivo principal é a consolidação do maciço rochoso. Neste caso, as estacas trabalham ao cisalhamento puro. Deve-se ressaltar que esta solução tem a vantagem de evitar a construção de grandes muros de concreto armado.

As estacas raiz e microestacas são executadas por meio do emprego de equipamentos de pequeno porte. Possuem diâmetros considerados pequenos e podem ser executadas na direção vertical ou inclinada. Apesar da baixa capacidade de resistência da estaca aos momentos fletores gerados pelos esforços solicitantes e um número elevado de juntas por metro quadrado quando se trata de uma cortina, as estacas ainda se apresentam como soluções viáveis para locais de difícil acesso e quando há a necessidade de perfuração de rochas com o emprego do martelo de fundo tipo DTH (“down the hole”).

A estaca raiz é armada ao longo de todo o seu comprimento e concretada com argamassa. Sua execução é dada pela perfuração rotativa ou rotopercussiva, em que a escavação é revestida integralmente através do emprego de tubos metálicos rosqueáveis e recuperáveis com o intuito de garantir a estabilidade da perfuração no solo. Ao atingir a profundidade desejada, deve-se limpar o furo da escavação por meio de processo de lavagem, para então preencher a escavação de baixo para cima com argamassa. Após esta etapa, deve-se retirar o tubo de revestimento, no qual periodicamente é acoplada a cabeça de injeção e aplicada uma pressão.

No caso das microestacas, após a colocação do tubo de aço mancheteado ou barras de aço estribadas munidas de tubo-manchete com válvulas espaçadas no interior da escavação, realiza-se a injeção com calda de cimento ou argamassa através da válvula inferior e, de forma concomitante, retira-se o revestimento metálico. As demais injeções por meio das manchetes são executadas de forma ascendente.

- **Muro de terra armada** – é caracterizado pela introdução de fitas metálicas de aço especial no interior do reaterro compactado, possuindo um paramento vertical constituído de placas pré-moldadas de concreto, denominadas de escamas. As fitas metálicas desempenham o papel de resistência à tração e ao cisalhamento. Deve-se observar que o paramento vertical não apresenta uma função estrutural, mas apenas de proteção superficial do solo contra a erosão.

- **Aterro de solo reforçado com geossintético** – consiste em um aterro compactado em camadas que se apresentam envelopadas por uma manta de

geotêxtil não tecido. Com o intuito de proteger o geossintético, pode-se construir uma face (paramento) composta por alvenaria de tijolos ou de blocos, ou então por concreto. Este último pode ser executado com o emprego de formas (concreto moldado “in loco”) ou então em concreto projetado reforçado com tela metálica, tela plástica ou geogrelha para sustentação do mesmo. Ressalta-se a importância do emprego de uma capa plástica (geomembrana) protetora para o geotêxtil com o intuito de evitar sua colmatação (perda da capacidade de drenagem e filtração) ao longo do tempo.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O problema de instabilização de encostas naturais, decorrente de ocupações urbanas desordenadas (favelas) é sabidamente recorrente no Brasil, causando uma série de prejuízos materiais, danos sociais e a ocorrência mais grave, que se traduz em diversas vítimas fatais.

Este artigo teve como objetivo apontar as principais causas desse tipo de problema, além de indicar soluções de engenharia para evitar sua ocorrência e corrigir os efeitos danosos acarretados pelas instabilizações das encostas que ocorrem em áreas urbanas.

É fundamental observar também que, desde que existam para uma determinada região, as cartas geotécnicas ou de suscetibilidade de risco para áreas urbanas devem ser consultadas, pois são instrumentos muito importantes na prevenção de acidentes no meio físico e na implementação de planejamento territorial e de políticas públicas.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES E GEOTECNIA (ABEF). Manual de execução de fundações e geotecnia: Práticas recomendadas. São Paulo: Pini, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL (ABGE). Geologia de Engenharia. Editores: OLIVEIRA, A. M. S. e BRITO, S. N. A. São Paulo, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL (ABGE). Geologia de engenharia e ambiental – Vol. 2 – Métodos e técnicas, Editores: OLIVEIRA, A. M. S. e MONTICELLI, J. J. São Paulo, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6122: Projeto e execução de fundações: Procedimento. Rio de Janeiro, 2010.

FALCONI, F. et al. Fundações: teoria e prática. 3a. ed. São Paulo: Pini, 2016.

GEO-RIO. Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro. Coleção Manual Técnico de Encostas. 2ed. Rio de Janeiro: GEO-RIO, 2000a, v.1, 253p.

GEO-RIO. Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro. Coleção Manual Técnico de Encostas. 2ed. Rio de Janeiro: GEO-RIO, 2000b, v.3, 184p.

GEO-RIO. Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro. Coleção Manual Técnico de Encostas. 2ed. Rio de Janeiro: GEO-RIO, 2000c, v.4, 188p.

MINISTÉRIO DAS CIDADES/INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios. Editores: CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S. e OGURA, A. T. Brasília, 2007.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Análise numérica 130

Arenito 35, 37, 119, 120, 121, 122, 125, 128

Aterro 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 39, 47, 49, 50, 52, 57, 58, 59, 60, 61, 65, 66, 67, 84, 88, 145, 146, 151, 153, 154, 155

### B

Backfill 62, 63, 65, 66

Barragem 66, 105, 106, 107, 108, 112, 114, 116

### C

CCP 38, 39, 40, 41, 42, 48

Cepilhamento 38, 39, 41, 42, 46, 48

Colunas de brita 50, 51, 52, 53, 54, 55, 58, 59, 60, 61

Compressão simples 1, 4, 7, 26, 27, 29, 30, 32, 33, 35, 36, 37, 116

### D

Deslizamento 64, 79, 80, 91, 92, 93, 98, 104

Disposição de rejeitos 62, 63, 65

Drenos fibroquímicos 50, 51, 52, 53, 55, 57, 58, 59

### E

Embutimento em rocha 139, 141

Encostas urbanas 91

Ensaio 1, 7, 9, 13, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 41, 42, 43, 46, 47, 48, 49, 56, 60, 64, 73, 105, 106, 107, 108, 109, 113, 114, 115, 116, 118, 120, 121, 122, 124, 125, 128, 133, 145, 148, 149, 150, 151, 152, 154

Estabilização 4, 26, 27, 36, 37, 38, 39, 46, 48, 52, 58, 59, 68, 76, 78, 83, 84, 85, 144, 150

Estabilização de encostas 78, 83, 85

Estacas 86, 87, 88, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142

### F

Formação Chicontepec 119, 120, 121

Formação Santos 119, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128

### I

Implantação 3, 39, 52, 57, 59, 60, 74, 75, 76, 85, 91, 93, 105, 112, 155

Investigações geológicas-geotécnicas 105

## **M**

Material pétreo 14, 116

Mistura asfáltica 14, 20

## **O**

Ocupação antrópica de encostas 78

## **P**

Pavimentação 5, 26, 27, 30, 32, 35, 36, 37, 58, 59, 155

Poliestireno expandido (EPS) 1, 2

## **R**

Radier estaqueado 130, 131, 134, 136, 137, 139, 142

Recalque 12, 47, 50, 51, 57, 58, 59, 130, 131, 134, 136, 139, 140, 141, 142, 148

Rejeitos de mineração 62

Reservatório arenítico turbidítico 119

Resíduo 17, 21, 22, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48

Resíduos cerâmicos 14, 16, 20, 21

Resíduos de construção e demolição 14, 16, 25

Resistência à compressão simples 26, 27, 29, 30, 33, 35, 36, 116

Resistência à compressão uniaxial 109, 118, 119, 120, 125, 128, 132, 133

Risco geológico 78, 81, 82, 83, 92, 96, 98

## **S**

Solo 3, 5, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 64, 66, 70, 78, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 93, 94, 105, 108, 109, 112, 113, 114, 116, 130, 131, 134, 135, 136, 137, 139, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155

Solo-cal 26, 27, 28, 29, 33, 35, 36

Solos moles 1, 2, 3, 13, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 59, 60, 61, 144, 145, 147, 148, 151, 153, 154, 155

Stone Matrix Asphalt 14, 15, 16, 25

## **T**

Tubos de geotêxteis 62

## **Z**

Zoneamento de risco 91, 92, 98

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7247-746-8



9 788572 477468