

**Felipe Santana Machado
Aloysio Souza de Moura
(Organizadores)**



EDUCAÇÃO, MEIO AMBIENTE E TERRITÓRIO 3

Atena
Editora
Ano 2019

Felipe Santana Machado
Aloysio Souza de Moura
(Organizadores)

Educação, Meio Ambiente e Território 3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Karine de Lima

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E24	Educação, meio ambiente e território 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Felipe Santana Machado, Aloysio Souza de Moura. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Educação, Meio Ambiente e Território; v. 3) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-144-2 DOI 10.22533/at.ed.442192102 1. Divisões territoriais e administrativas 2. Educação ambiental. 3. Meio ambiente – Preservação. 4. Geologia. I. Machado, Felipe Santana. II. Moura, Aloysio Souza de. CDD 320.60981
-----	--

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Território é um dos termos mais utilizados pela Geografia, pois está intimamente relacionado aos sistemas de formação e transformação do espaço geográfico. Esta definição pode variar segundo a corrente de pensamento, e ou da abordagem que se realiza, mas a concepção mais comumente acolhida, o relaciona ao espaço delimitado a partir de uma associação de poder, seja político, religioso entre outros.

Na atualidade, o termo território é contemplado, nas mais diversas pesquisas e abordagens, como um espaço demarcado pelo uso de fronteiras – desnecessariamente visíveis – e que se fixa a partir de uma expressão e imposição de poder, contudo, desigualmente das concepções anteriores, o território pode se mostrar em múltiplas escalas, não possuindo necessariamente uma natureza política, mais também climáticas, vegetacionais e edáficas. A obra “Educação, Meio ambiente e Território” apresenta uma série de livros de publicação da Atena Editora. Em seu terceiro volume, com 27 capítulos, enfatizamos estudos sobre território, com destaque aos estudos de solos e geotécnicos, a influência de estudos erosivos para manutenção de aspectos geológicos e geográficos, e uma série de estudos de viabilidade hídrica, tanto superficiais quanto subterrâneos.

Acreditamos ser extremamente oportuno apresentar um primeiro capítulo que aborde uma temática tão atual (Jan 2019), uma vez que o Brasil tem sofrido com inúmeros desastres ambientais por parte de mineradoras localizadas no estado de Minas Gerais que não tem a destinação correta para seus rejeitos. O desastre de Mariana em novembro de 2015 e mais recentemente o desastre de Brumadinho são considerados os maiores desastres desta categoria do Brasil, pois além das perdas humanas, afetou inúmeras cidades ao longo das bacias hidrográficas do Rio Doce e Vale do São Francisco, os deixou sem água potável, dizimou grande parte da biodiversidade, e gerou um grande impacto nos estados nos quais perpassaram com influências visíveis inclusive no oceano Atlântico.

E por fim, finalizamos esse volume apresentando informações sobre danos físicos ao ambiente, mitigação de impactos ambientais, bem como técnicas de sensoriamento remoto e análises multitemporais sobre áreas de cultivo e florestais. Dessa forma, conseguimos elencar uma grande gama de aspectos relacionados ao território que não foram antes mencionadas em trabalhos científicos de forma a construir uma base de exemplos/metodologias que podem ser seguidos(as) e utilizadas como base para tomada de decisão dentro das diferentes esferas governamentais e científicas.

Esperamos que esta obra possa contribuir com o conhecimento sobre o território e com artífices ambientais para a sua preservação. Mesmo cientes da existência dos problemas mencionados nos diferentes capítulos, as informações normalmente são veiculadas de formas mais populares em detrimento de informações científicas. Isso interfere na opinião pública que ignora ou esquece problemas tão graves e que terão consequências ao longo de dezenas ou até centenas de anos. Acredita-se que

a informação presente nesse volume três possa estimular boas práticas que poderão ser disseminadas para evitar maiores problemas de ordem territorial e ecológica.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
VILA DE ITAPINA E OS LAÇOS COMO RIO DOCE: REGISTROS DE MEMÓRIA APÓS O ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO (SAMARCO/VALE/BHP)	
Bianca Pavan Piccoli Maria Cristina Dadalto Patrícia Pavesi Sônia Missagia Matos Leonardo Nunes Aranha Douglas dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.4421921021	
CAPÍTULO 2	18
ASPECTOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS PARA IMPLANTAÇÃO DA BARRAGEM ITAÍBA NO ESTADO DE PERNAMBUCO	
Hosana Emilia Abrantes Sarmiento Leite Rafaella Teixeira Miranda Maiara de Araújo Porto Túlio Martins de Lima Natália Milhomem Balieiro	
DOI 10.22533/at.ed.4421921022	
CAPÍTULO 3	35
ANÁLISE DO SOLO LOCALIZADO NA REPRESA DO RIO TAPAJOS NO MUNICÍPIO DE ITAITUBA	
Derek Leão Monteiro Eliana Costa Seabra Jamilly Rocha de Araújo Wesley Leão Monteiro	
DOI 10.22533/at.ed.4421921023	
CAPÍTULO 4	41
ESTIMATIVA DA VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO DO AQUÍFERO SERRA GERAL EM BOA VISTA DAS MISSÕES - RS	
Willian Fernando de Borba Gabriel D'Ávila Fernandes José Luiz Silvério da Silva Bruno Acosta Flores Mirta Teresinha Petry Lueni Gonçalves Terra	
DOI 10.22533/at.ed.4421921024	
CAPÍTULO 5	49
LEVANTAMENTO DE SOLOS DO JARDIM BOTÂNICO DE PORTO ALEGRE	
Edsleine Ribeiro Silva Luis Fernando da Silva Paulo César do Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.4421921025	

CAPÍTULO 6 57

SUBSÍDIOS GEOLÓGICOS PARA O PLANEJAMENTO URBANO E AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE IGREJINHA/RS

Saulo Borsatto
Norberto Dani
Rafael da Rocha Ribeiro
Nelson A. Lisboa

DOI 10.22533/at.ed.4421921026

CAPÍTULO 7 71

USO DO XRF EM AMOSTRAS DE SOLO DA COMUNIDADE ILHA DIANA – SANTOS, SP

Larissa Felicidade Werkhauser Demarco
Alexandre Muselli Barbosa
Marcos Jorgino Blanco
Amanda Figueredo Fonseca
Leonardo Silveira Takase
Luiza de Araújo João Sobrinho
Felipe Ian Strapasson Saldias

DOI 10.22533/at.ed.4421921027

CAPÍTULO 8 79

VERIFICAÇÃO DA ADESÃO EM SOLO GRAMPEADO OBTIDA ATRAVÉS DE ENSAIOS DE ARRANCAMENTO COMPARADOS COM MÉTODOS EMPÍRICOS

Rodrigo Rogério Cerqueira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.4421921028

CAPÍTULO 9 91

PROCESSOS EROSIVOS HÍDRICOS LINEARES DOS TIPOS RAVINA E BOÇOROCA

Gerson Salviano de Almeida Filho
Geraldo Figueiredo de Carvalho Gama Júnior

DOI 10.22533/at.ed.4421921029

CAPÍTULO 10 100

COMPARED BACKGROUND AND REFERENCE VALUES IN SOURCES OF CADMIUM-ENRICHED SOILS FROM BRAZIL

Fernando Machado de Mello
Essaid Bilal
Gustavo Neves
Maria Eduarda Loureiro dos Reis Teodoro
Thiago Peixoto de Araujo

DOI 10.22533/at.ed.44219210210

CAPÍTULO 11 113

CORRELAÇÕES DE RESISTÊNCIA PARA ALGUMAS ROCHAS METAMÓRFICAS DO ESTADO DE MINAS GÉRIAS, SUDESTE DO BRASIL

Klinger Senra Rezende
Daniel Silva Jaques
Eduardo Antônio Gomes Marques

DOI 10.22533/at.ed.44219210211

CAPÍTULO 12 123

CARACTERIZAÇÃO DAS FRAÇÕES DE FÓSFORO NO SEDIMENTO SUPERFICIAL DOS RIOS ARACAÍ, CARAMBEÍ E GUAÇU NA CIDADE DE SÃO ROQUE/SP

Sâmia Rafaela Maracaípe Lima
Mainara Generoso Faustino
Eddy Bruno dos Santos
Tatiane Bernardino Seixas Carvalho da Silva
Maria Aparecida Faustino Pires
Marycel Elena Barboza Cotrim

DOI 10.22533/at.ed.44219210212

CAPÍTULO 13 137

ANÁLISE DAS RELAÇÕES IÔNICAS COMO PARTE DA ANÁLISE HIDROQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS À OESTE DO RIO GUANDU - BAIXADA FLUMINENSE - RJ

Isabela Martins Itabaiana
Décio Tubbs Filho
Patrick Aloe Teixeira

DOI 10.22533/at.ed.44219210213

CAPÍTULO 14 147

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DAS ÁGUAS E DOS SEDIMENTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AURÁ (RMB) ENTRE OS ANOS DE 2002 A 2018

Gilmar Wanzeller Siqueira
Fabio Marques Aprile
Arthur Araújo Ribeiro
Alda Lucia da Costa Camelo
Alzira Maria Ribeiro dos Reis
Maria Alice do Socorro Lima Siqueira

DOI 10.22533/at.ed.44219210214

CAPÍTULO 15 164

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE INTRÍNSECA A CONTAMINAÇÃO DO AQUÍFERO EM SALVADOR DO SUL – RS

Jauana Marilise do Nascimento Riegel
Gabriel D'Ávila Fernandes
Pedro Daniel da Cunha Kemerich
José Luiz Silvério da Silva

DOI 10.22533/at.ed.44219210215

CAPÍTULO 16 171

AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS INDICADORES DA QUALIDADE DAS ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS DE CONSUMO POTÁVEL NA CIDADE DE BELÉM-PA

Milene Pereira Mendes
Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes

DOI 10.22533/at.ed.44219210216

CAPÍTULO 17 180

DETERMINAÇÃO DA CURVA CHAVE PARA UM TRECHO DO RIO DA PRATA-RS

Franciele Priori
Sara Regina Sperotto
Taison Anderson Bortolin

DOI 10.22533/at.ed.44219210217

CAPÍTULO 18 187

EROSÃO HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE, SÃO PAULO, BRASIL

Gerson Salviano de Almeida Filho
Zeno Hellmeister Júnior

DOI 10.22533/at.ed.44219210218

CAPÍTULO 19 198

LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS NA BACIA HIDROGRÁFICA TAQUARI ANTAS

Tuane de Oliveira Dutra
Pedro Antonio Roehe Reginato
Vinícius Menezes Borges
Marcos Imério Leão
Gustavo Barbosa Athayde

DOI 10.22533/at.ed.44219210219

CAPÍTULO 20 208

COMPARISON OF TWO TECHNOLOGIES APPLIED IN A MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANT: PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS AND CYTOGENOTOXICITY EVALUATION

Thaís Dalzochio
Fernando Hamerski
Nicole Giovanna Gross
Günther Gehlen

DOI 10.22533/at.ed.44219210220

CAPÍTULO 21 216

DANOS AO MEIO FÍSICO NA URBANIZAÇÃO DE SANTARÉM-PA: ESTUDO DE CASO NO BAIRRO SANTARENZINHO

Eduardo Francisco da Silva
Arthur Iven Tavares Fonseca
Anderson Conceição Mendes
Fábio Góis da Mota

DOI 10.22533/at.ed.44219210221

CAPÍTULO 22 225

PREVISÃO E MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS A ATIVIDADES DE CORTE E ATERRO

Christiane Ribeiro Müller
Flávia Cauduro

DOI 10.22533/at.ed.44219210222

CAPÍTULO 23 231

ESTUDOS GEOTÉCNICOS COMO SUBSÍDIO PARA CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO E PROPOSIÇÃO DE TRILHAS INTERPRETATIVAS DO JARDIM BOTÂNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

Patrick Aloe Teixeira
José Miguel Peters Garcia
Isabela Martins Itabaiana

DOI 10.22533/at.ed.44219210223

CAPÍTULO 24 242

TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO UTILIZADAS NA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS COM LAVOURAS, ANÁLISE PARA O MUNICÍPIO DE JAGUARI/RS

Bruno Zucuni Prina

Patrícia Ziani

Romario Trentin

DOI 10.22533/at.ed.44219210224

CAPÍTULO 25 252

ANÁLISE MULTITEMPORAL DO DESMATAMENTO POR NDVI DO MUNICÍPIO DE RONDON DO PARÁ NOS ANOS DE 2007 E 2017

Juliana Fonseca Cardoso

Isabela Loiane Carvalho Teixeira

José Cicero Pereira Júnior

Taissa Nery Ferreira

Denison Lima Correa

DOI 10.22533/at.ed.44219210225

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 259

VERIFICAÇÃO DA ADESÃO EM SOLO GRAMPEADO OBTIDA ATRAVÉS DE ENSAIOS DE ARRANCAMENTO COMPARADOS COM MÉTODOS EMPÍRICOS

Rodrigo Rogério Cerqueira da Silva

Universidade Nove de Julho, Departamento de
Ciências Exatas
São Paulo – São Paulo.

RESUMO: A técnica de estabilização de encostas por meio do solo grampeado vem tornando-se usual no meio geotécnico pelo seu baixo custo, versatilidade de adaptação à geometrias variadas, alta velocidade de execução, principalmente em situações de riscos de escorregamentos em taludes naturais. Uma das principais patologias ligadas ao solo grampeado é a sua ruptura por falta de aderência, esta técnica é avaliada em seu estado limite através da resistência ao cisalhamento desenvolvida pelo principal parâmetro geotécnico a adesão (q_s) obtida através da interação solo-reforço. O principal objetivo desta pesquisa é confrontar os valores de adesão (q_s) obtidos através de ensaios de arrancamento realizados in loco com a aplicabilidade de correlações empíricas da literatura desenvolvidas por Clouterre (1991), Ortigão (1997), Ortigão e Palmeira (1997) e Springer (2006), fornecendo base de dados para comunidade geotécnica. Os ensaios foram realizados em grampos em uma obra de infraestrutura localizada na região de Guarulhos, demonstrando que o método de Springer (2006) é mais eficiente na determinação dos

parâmetros de adesão para solos coesivos.

PALAVRAS-CHAVE: Solo grampeado, ensaio de arrancamento, injeção de calda de cimento, solos coesivos.

ABSTRACT: The technique of stabilization of slopes by means of stapled soil has become usual in the geotechnical environment due to its low cost, versatility of adaptation to varied geometries, high speed of execution, especially in situations of landslides in natural slopes. One of the main pathologies related to the stapled soil is its rupture due to lack of adhesion, this technique is evaluated in its limit state through the shear strength developed by the main geotechnical parameter the adhesion (q_s) obtained through the soil-reinforcement interaction. The main objective of this research is to compare the adhesion values (q_s) obtained through in situ pullout tests with the applicability of empirical correlations of the literature developed by Clouterre (1991), Ortigão (1997), Ortigão et al. (1997) and Springer (2006). Providing a database for geotechnical community. The tests were carried out in anchorage in an infrastructure project located in the Guarulhos region, demonstrating that the Springer (2006) method is more efficient in determining the adhesion parameters for cohesive soils.

KEYWORDS: Soil Nailing, pullot resistance, injection of cement grout, Cohesive soil

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente profissionais da área de engenharia geotécnica se deparam com o fato de que não há uma norma técnica para o uso de solo grampeado indicando boas práticas de projeto e parâmetros a serem ponderados, levando a técnica a superdimensionamentos distanciando-se da técnica desenvolvida por Rabcewicz (1964), através do sistema rápido de contenção para estabilização de encostas através de barras de aço inseridas no maciço por perfuração com posterior injeção de nata de cimento. Um dos principais mecanismos que contribui para a estabilidade do maciço de solo é a resistência ao cisalhamento desenvolvida na interface solo reforço (q_s), contribuindo com o desenvolvimento de tensões de tração nos grampos.

De acordo com Ortigão et al. (1995) a metodologia de execução somente através de barra de aço com injeção de bainha (preenchimento anelar entre furo e aço) permite obter parâmetros de resistência ao cisalhamento através da adesão (q_s) entre solo-grampo da ordem de 100 KPa. Estudos realizados por Frazen (1998) demonstrou através de ensaios de arrancamento em grampos, que a adesão é influenciada pela tensão normal do solo atuante na superfície do terreno, ângulo de atrito do solo, interação entre solo e chumbador e o seu perímetro. Este tipo de estrutura passiva necessita de deslocamentos para que haja mobilização da resistência ao cisalhamento através da interface solo e grampo.

Segundo Ortigão (1997) e Silva e Pereira (2016), alguns fatores podem ser essenciais nos valores de (q_s), como os parâmetros do solo, propriedades do grampo, método de perfuração, limpeza do furo, características mecânicas da calda de cimento, além de fatores ambientais como temperatura e umidade. As condições favoráveis para execução do solo grampeado de acordo com Elias et al. (2003) esta relacionada ao teor de umidade do solo, as estruturas devem ser executadas acima do lençol freático, sendo as condições favoráveis comprovadas a partir de investigação geológica-geotécnica do tipo sondagem a percussão, sendo o índice de resistência NSPT um dos principais parâmetros para dimensionamento dos grampos. Solos finos e rígidos, granulares denso com coesão aparente e rochas que não apresentam plano de ruptura, são considerados favoráveis para aplicação da técnica em solo grampeado.

2 | PROGRAMA EXPERIMENTAL

O desempenho da adesão dos grampos foi analisado por meio da interpretação de boletins de sondagens SPT, revisão bibliográfica através de artigos, normas internacionais e parâmetros obtidos dos ensaios de arrancamento realizado in loco. Os testes foram realizados em dois grampos executados no mesmo talude e alinhamento, porém em cotas distintas, com a finalidade de verificar as diferenças da adesão (q_s) devido à heterogeneidade do subsolo local.

A previsão da resistência ao arrancamento (qs) foi realizada por meio de correlações empíricas da literatura desenvolvidas por Clouterre (1991), Ortigão (1997), Ortigão e Palmeira (1997) e Springer (2006). Embora as correlações entre valores de arrancamento (qs) e as características do solo sejam ferramentas importantes principalmente para concepção inicial de projeto, os ensaios de arrancamento se constituem imprescindível para a real avaliação do atrito solo-grampo (qs) do comportamento da obra, além de demonstrar quais os métodos de previsão de resistência ao arrancamento é o mais eficiente e próximo do comportamento obtido in loco.

3 | CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GEOTÉCNICAS

Segundo Hasui e Carneiro (1980) e Janasi e Ulbrich (1991) a compartimentação no município de Guarulhos pode ser separado em duas amplas unidades geológicas, compostos por granitoides intrusivas de idade neoproterozóica ou rochas sedimentares de idade Cenozóica da Bacia de São Paulo, com embasamento composto por gnaisses, migmatitos e rochas metamórficas de baixo a médio grau, de idade arqueana a neoproterozóica.

O embasamento cristalino na região de Guarulhos pode ser repartido em duas unidades maiores, afastadas pela faixa de cisalhamento Caucaia-Rio Jaguari, que reparte o município na direção NE. Prevalecem ao Norte da Falha do Rio Jaguari metassedimentos distintos, de idade proterozóica, deformados ao longo de zonas de cisalhamento e metamorfismo no neoproterozóico. Estes metassedimentos envolvem essencialmente filitos e xistos nomeados de Grupo São Roque, intercalados aos filitos predominam corpos lenticulares de metadolomitos, quartzitos, metamargas, rochas metabásicas, rochas cálcio-silicáticas e metaconglomerados (ALMEIDA et al. 1981).

Estudos realizados por Juliani (1993), repartiu estas rochas nos grupos Serra do Itaberaba, incluindo as sequências vulcano-sedimentar, clasto-químicas e clásticas e São Roque, fundamentalmente clástico. Estas rochas do município de Guarulhos se localizam em muitas partes recobertas pelos sedimentos terciários da Bacia de São Paulo, surgindo no extremo Sul, unido ao perímetro no bairro de São Miguel na cidade de São Paulo, ou em pequenos altos estruturais, formados por blocos do embasamento aflorantes no meio dos sedimentos.

A área da execução dos ensaios foi previamente selecionada após inspeção de fatores geológicos do terreno favoráveis a execução dos ensaios, comprovados a partir de sondagens do tipo SPT.

As investigações geotécnicas compostas por sondagem a percussão apresentaram uma homogeneidade das camadas do subsolo, inicialmente caracterizada pela presença de um solo sedimentar composto em areia média a grossa com argila, pedregulho fino, de cores marrom, vermelha, variegada, variando sua compactidade ao

longo das sondagens em medianamente compacta a compacta. Por fim, determinou-se uma camada argilosa pouco siltosa, com areia fina, de cores cinza, marrom, variegada e com consistência rija a dura. O nível de água foi detectado durante o período de realização das investigações, sendo que sua cota é variável conforme a topografia do terreno encontrado em torno de -6 a -12 m.

Com base nas informações contidas dos perfis de horizonte descrito acima, foi desenvolvido o estudo do perfil geológico conforme a Figura 1, apresentando os valores de NSPT a partir dos resultados obtidos pelas sondagens SPT 01 e SPT 02 e 03 realizadas na área de execução dos grampos testes.

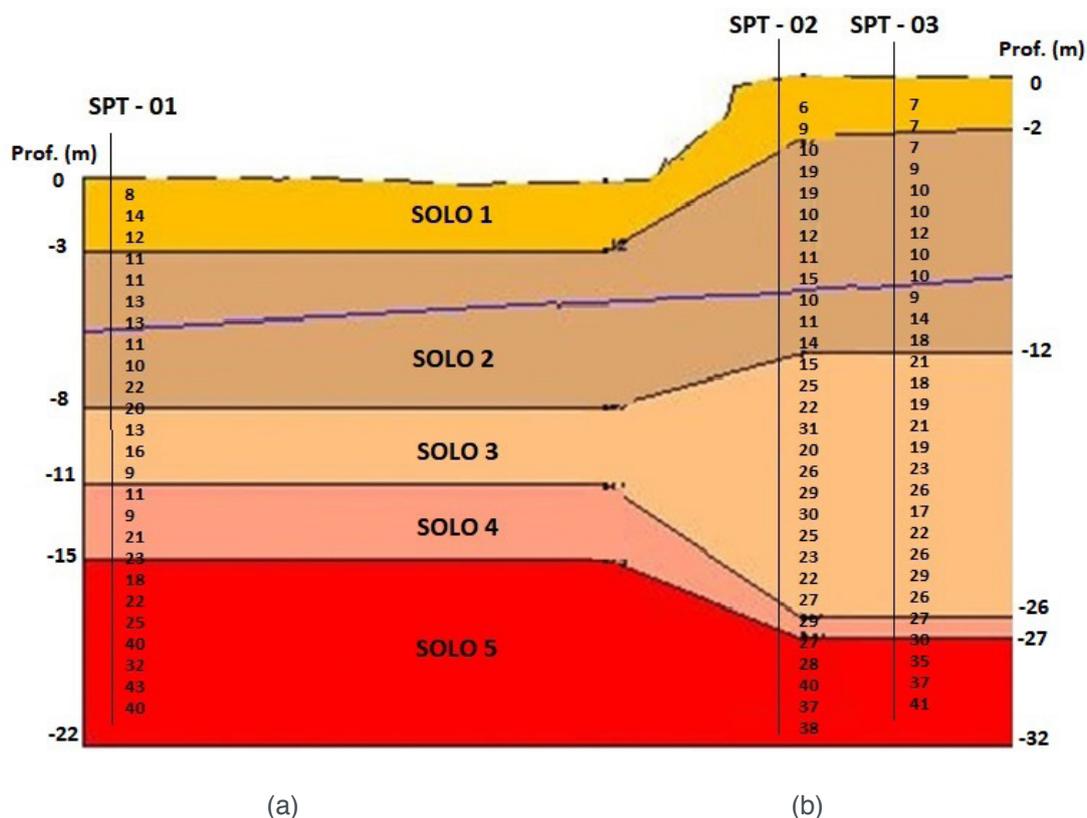


Figura 1. Perfil geológico da área dos ensaios e valores das sondagens NSPT.

Os parâmetros geotécnicos adotados fundamentaram-se na análise dos resultados das sondagens a percussão através do seu índice NSPT, classificação táctil-visual e das amostras de solos recolhidas durante as investigações geotécnicas para determinação dos índices físicos conforme Tabela 1. Os parâmetros em função dos horizontes de solo e de suas características efetivos de resistência média de NSPT, coesão efetiva e ângulo de atrito efetivo do solo são apresentados na Tabela 2.

Camada de solo	e	n	γ_{nat} (KN/m ³)	γ_{sat} (KN/m ³)	γ_s (KN/m ³)	Sr (%)	LP	LL	w (%)
1	1,172	53,80	17,0	17,0	27,75	40,30	26,5	35	16,3
2	1,090	51,99	18,0	18,0	27,74	43,78	20,9	31,4	16,8
3	0,956	48,61	18,0	18,0	27,73	53,98	18,6	38	18,9
4	0,976	49,49	19,0	20,5	27,70	49,9	21,9	30	23,3

5 0,639 35,03 20,0 20,5 27,55 47,97 19,4 34,6 19,6

Onde: e – índice de vazios; n – porosidade; γ_{nat} – peso específico aparente natural; γ_{sat} - peso específico aparente saturado; γ_s – peso específico do solo; S_r – grau de saturação; LP - limite de plasticidade; LL – limite de liquidez; w – teor de umidade.

Tabela 1. Índices físicos das camadas da área de execução dos grampos testes.

Camada de solo	NSPT médio na camada	Coesão c' (KPa)	Ângulo de atrito efetivo do solo ϕ' (°)
1	7	20	15
2	13	15	22
3	22	20	25
4	31	25	30
5	40	35	30

Tabela 2. Parâmetros de resistência dos solos investigados.

NSPT – Índice de resistência à penetração; c' – coesão; ϕ – ângulo de atrito.

4 | DETERMINAÇÃO ADESÃO SOLO-BARRA ATRAVÉS DE MÉTODOS EMPÍRICOS

A mobilização da resistência ao cisalhamento da interface solo-grampo é responsável pelo aumento ou diminuição da resistência dos grampos. Pela natureza e propriedades dos solos, a resistência ao cisalhamento da interface solo-grampo pode ser mobilizada tanto pelo atrito, quanto pela adesão superficial no perímetro com o comprimento ancorado do grampo.

A resistência ao arrancamento (q_s) foi realizada por meio de correlações empírica através dos métodos consagrados da literatura como Clouterre (1991), Ortigão (1997), Ortigão e Palmeira (1997) e Springer (2006). De acordo com Elias e Joram (1991) e Lazart et al. (2003) os valores obtidos através correlações empíricas baseadas nos números de golpes do ensaio SPT, são conservadores e podem ser usados como estimativa preliminar de projeto.

A Tabela 3 apresenta os valores dos métodos empíricos utilizados para determinação da adesão solo-grampo, considerando as duas camadas de solo que foram executados os grampos testes.

Métodos	Cálculo	q_s (KPa) Camada solo 2	q_s (KPa) Camada solo 3
Clouterre (1991)	Gráficos para argila	40	50
Ortigão (1997)	$q_s = 50 + 7,5 \text{ NSPT}$	102,50	125
Ortigão e Palmeira (1997)	$q_s = 67 + 60 \ln(\text{NSPT})$	184	205
Springer (2006)	$q_s = 45,12 \ln(\text{NSPT}) - 14,99$	73	89

Tabela 3. Adesão Solo-Grampo (q_s) obtido através de métodos empíricos.

5 | ENSAIO DE ARRANCAMENTO

As correlações entre valores de arrancamento (q_s) e as características do solo são ferramentas importantes, principalmente para concepção inicial de projeto, os ensaios de arrancamento se constituem imprescindível para a real avaliação do atrito entre solo-grampo (q_s) do comportamento da obra.

A execução de ensaios de arrancamento em grampos não é regulamentada por nenhuma norma técnica, a ABNT está em processo de elaboração de norma técnica de Muros e Taludes em Solos Reforçados, que compreende a execução de solos grampeados e contempla a realização de ensaios de arrancamento (Comissão ABNT CE-002:152.16). Sendo que a presente pesquisa utilizou os procedimentos e recomendações de ensaios, esquemas de montagem e interpretações do comportamento do arrancamento, baseados através do estado da arte e do comportamento adquirido durante os ensaios.

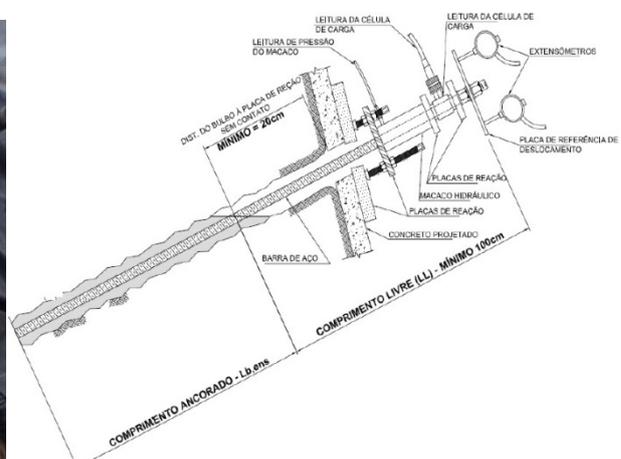
A metodologia utilizada *in loco* apresenta os procedimentos mínimos necessários dos parâmetros de adesão efetivos do solo grampeado, na interface solo/calda, confirmando os valores de adesão considerados durante a fase de projeto, aonde os resultados obtidos dos ensaios deverão ser confrontados com os valores de projeto para confirmação ou para indicação da necessidade de reavaliação do sistema de contenção.

Após um tempo mínimo de sete dias de cura da calda de cimento após a injeção da bainha, realizaram-se os ensaios de arrancamento em dois grampos testes, avaliando sua carga limite através de incrementos de cargas Figura 2 (a). Para realização dos ensaios foi utilizado como referência a metodologia empregada por Lazart et al. (2003) e Silva e Pereira (2016), adotando o comprimento do trecho ancorado da bainha dos grampos de 3 m, podendo ter uma variação de mais ou menos 10% (2.70 m á 3.30 m).

A montagem dos ensaios deve garantir um comprimento livre mínimo de 1 metro na extremidade de aplicação da força de ensaio, garantido também um afastamento mínimo da extremidade da bainha à placa de reação de 20 cm, conforme Figura 2 (b).



(a)



(b)

Figura 2. (a) Vista geral ensaio de arrancamento, (b) Vista geral detalhe de montagem ensaios.

Os grampos testes foram executados nas camadas de solos 2 e 3, conforme parâmetros geotécnicos demonstrado na Tabela (1), com profundidades de 10 metros, sendo 7 metros livre e 3 ancorado conforme recomendação Lazart et al. (2003).

As injeções foram realizadas somente com bainha de forma ascendente até atingir o refluxo caudal, com calda de cimento fator a/c 0,5 com fck de 25 MPa, verificando durante as injeções o consumo para a camada 2 em 3 sacos de cimento e camada 3 em 1,5 saco de cimento por metro de chumbador injetado.

De acordo com estudos realizados por Silva e Pereira (2016), a injeção somente através da bainha é fundamental pra a fixação dos grampos, além de contribuir no tratamento para reduzir as infiltrações através das feições geológicas de baixas permeabilidades, quando executados em solos coesivos. Ao longo do talude a verificação da integridade da injeção da bainha foi analisada através da exumação de trechos de grampos, verificando que a porosidade do maciço compromete a interação dos elementos de tração após o abatimento da calda de cimento. As Figuras 3 (a e b), demonstram a verificação da integridade da bainha dos grampos executados nas camadas de solos 2 e 3.



(a)

(b)

Figura 3. Verificação do preenchimento de calda dos grampos, (a) camada 2, (b) camada 3.

O carregamento dos grampos durante os ensaios foram realizados através da metodologia aplicada por Falconi e Alonso (1996), Springer (2006) e Silva (2012), ao qual recomendam que o incremento de carga deva ser de 5 kN (500 kgf), com 5 minutos em cada estágio de carga até a ruptura, através de valores que permitam um número mínimo de leituras carga x deslocamento.

Segundo Clouterre (1991) e Lazart et al. (2003) o ensaio deve ser finalizado quando a força de tração atingir um valor máximo (T_{max}) ou estabilizar para deslocamentos crescentes, conforme demonstra a Figura 4.

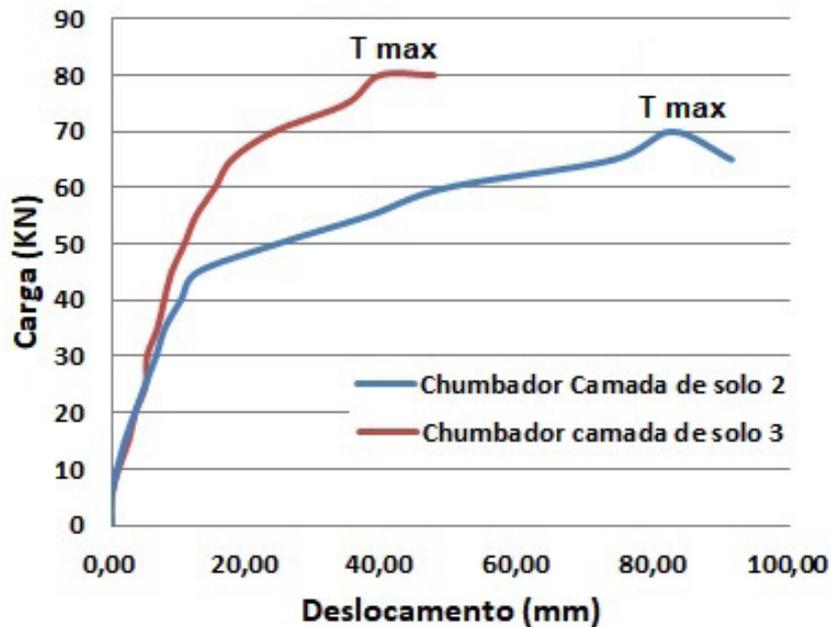


Figura 4. Curva carga x deslocamento dos grampos executados nas camadas de solo 2 e 3.

6 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

Dentre os métodos de previsão do coeficiente de segurança, para as análises de estabilidade global foram adotadas cunhas circulares determinadas pelo método de Bishop Simplificado, elaborados a partir software computacional, considerando fator de segurança mínimo para a estabilidade global de 1,50.

A estabilidade interna do tratamento representada a partir da Figura (5), ilustra os carregamentos em cada barra do solo grampeado, demonstrado que os grampos atenderão a limitação imposta por norma para cargas de trabalho (Trab) de 50 kN e tensões máximas ($T_{máx}$) 72 kN, comprovada a eficiência da análise de estabilidade por software após a realização dos ensaios, obtendo-se a força de arrancamento máxima (T_{max}), a real avaliação do atrito solo-grampo (q_s).

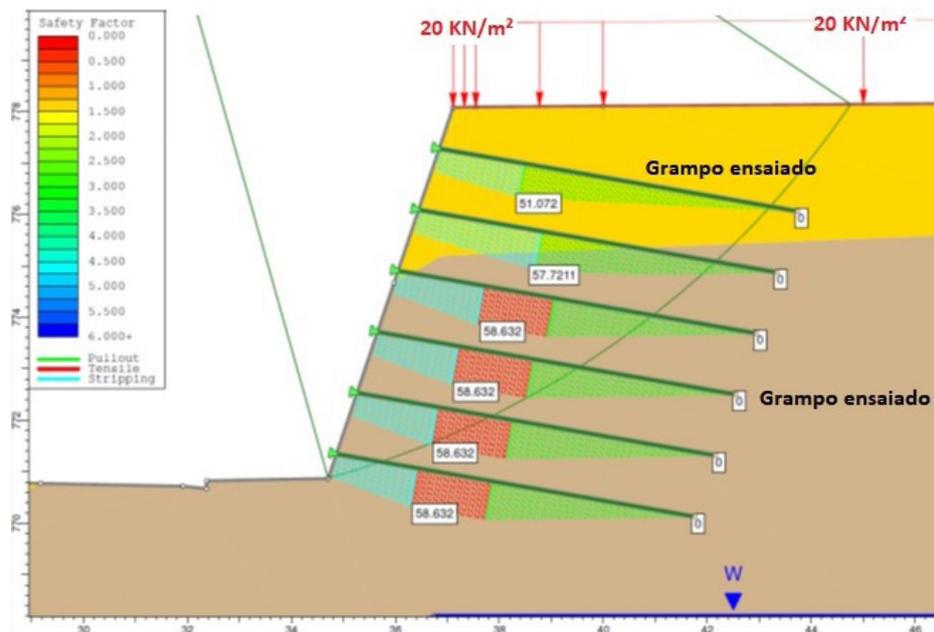


Figura 5. Dimensionamento de grampos com $T_{trab}=50$ kN e $T_{m\acute{a}x}=72$ kN.

O comportamento dos parâmetros obtidos *in loco* pode ser comprovado conforme indicado por Lazart et al. (2003) e Silva e Pereira (2016), onde o valor unitário do atrito (q_s) é obtido por meio da através da equação 1 e apresentados na Tabela 4.

$$q_s: T_{m\acute{a}x} / (\pi \cdot D_b \cdot L_b) \quad (1)$$

Em que:

q_s = adesão solo/bainha (Kpa);

$T_{m\acute{a}x}$ = Força máxima do ensaio (KN);

L_b = comprimento ancorado da bainha (m);

D_b = diâmetro da bainha (m).

Camada	T máx (KN)	DB (m)	Lb (m)	qs (KPa)
Solo 2	70	0,10	3	74
Solo 3	80	0,10	3	85

Tabela 4. Adesão Solo-Grampo (q_s) obtido através dos ensaios de arrancamento.

Os parâmetros obtidos durante as investigações geotécnicas demonstraram que as diferentes estruturas dos solos influenciaram nos resultados obtidos *in loco*, diante das classificações para cada horizonte, sendo a adesão (q_s) relacionada ao índice de vazios do solo, comprovada através do volume de calda injetado na camada de solo 2, comprometendo a adesão através da iteração solo-barras, não formando uma bainha íntegra ao longo dos grampos, diminuindo a capacidade de carga a tração com grandes deslocamentos. A influência na formação da adesão através da interação solo-barras de aço, em relação ao índice de vazios e porosidade do solo, é verificada no chumbador executado na camada de solo 3 com pequenas deformações e maior

resistência ao arrancamento.

A condição esperada para avaliar a aplicabilidade dos métodos para determinação do (qs) é que os valores analisados agrupem-se entre os limites superior e inferior, ou seja, com uma margem de 20% para cima ou para baixo da força máxima obtida durante o ensaio de carregamento. De maneira que quanto mais próximo de 100% for o valor da relação (qs estimado / qs ensaio), mais exato será considerado o resultado estimado pelos métodos baseados em correlações empíricas, contribuindo assim com aspectos técnicos para dimensionamento, diminuído a grande dispersão dos resultados obtidos através das referidas correlações.

Para permitir a comparação dos resultados entre os métodos empíricos de previsão com o ensaio de arrancamento, a Figura 6 apresenta a precisão dos métodos com a realidade obtida *in loco*.

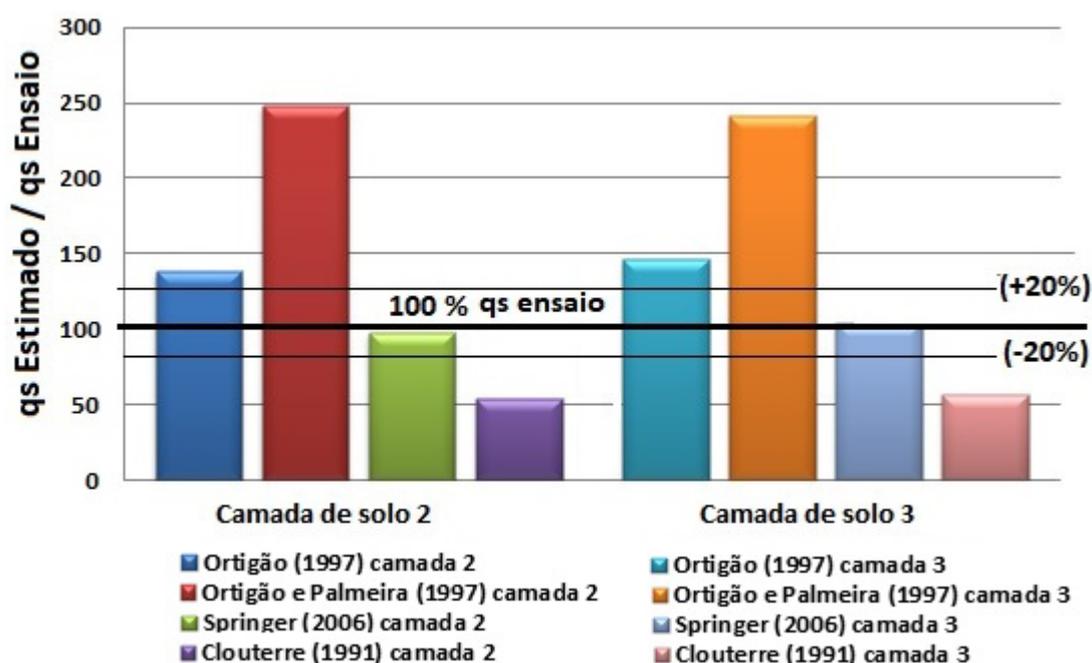


Figura 6. Análise comparativa entre os valores de (qs) obtidos por meio de métodos empíricos e através dos ensaios de arrancamento.

Os resultados aplicados na Figura 6, demonstram que a previsão dos métodos que consideram a resistência ao cisalhamento da interface solo calda de cimento, não foram discrepantes em virtude da heterogeneidade do solo local para a camada 2 e 3, não sendo satisfatória para os métodos de Ortigão e Palmeira (1997) ao qual apresentou valores acima do real em torno de 39 a 47 %. O método empírico de Clouterre (1991), realizado a partir da pressão média para solos argilosos obtidos através de ensaios pressiométricos, subestimou o parâmetro de (qs) entre 54 a 58 %.

O método de Ortigão (1997) e Springer (2006) foram os mais conservadores, apesar de Springer (2006) subestimar o parâmetro de (qs), foi o que apresentou melhor previsão dentro dos limites adotado de variação $\pm 20\%$.

7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

As condições geotécnicas de estabilidade dos maciços de solo estimadas através de software ou métodos consagrados de determinação da adesão dos grampos através de sondagens devem ser confirmadas durante a execução da obra.

A exumação parcial dos grampos possibilitou uma análise qualitativa das condições de injeção, relacionando o índice de vazios e porosidade do material na formação de uma bainha integra ao longo dos grampos, contribuindo os índices físicos na formação da adesão através da interação solo-barras de aço.

Embora as correlações entre valores de arrancamento (q_s) e as características do solo sejam ferramentas importantes para concepção inicial de projeto, os ensaios de arrancamento se constituem numa necessidade imprescindível para a real avaliação do atrito solo-grampo (q_s) e do comportamento da obra. O ensaio de arrancamento em sua condição de ruptura permite a verificação da verdadeira sollicitação de esforços através da interação solo-calda de cimento-barras de aço.

Os métodos empíricos de Ortigão (1997) e Springer (2006), baseados na resistência ao cisalhamento da interface solo-calda, foram que apresentaram valores próximos dos obtidos *in loco* através de valores de NSPT, com melhor previsão ao método Springer (2006), ao contrário dos parâmetros fornecidos por Clouterre (1991), determinados a partir de ensaios pressiométricos, admitindo valores para solos argilosos sem considerar a heterogeneidade obtida *in loco*.

Os parâmetros do solo obtidos através de investigações geológicas-geotécnicas, propriedades do grampo, método de perfuração, limpeza do furo e características mecânicas da calda de cimento, são fatores essenciais nos valores de (q_s).

REFERÊNCIAS

AIMEIDA F.F.M., HASUYI Y., BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R. A. **Brazilian Structural Provinces: an introduction**. Earth-Science Reviews, v. 17, n. 1-2, p. 1-29. 1981.

CLOUTERRE. **Recommendations Clouterre – Soil Nailing Recommendations for Designing, Calculating, Constructing and Inspecting Earth Support Systems Using Soil Nailing (English Translation)**, Scientific Committee of the French National Project Clouterre, ENPC, Paris, France. In: Report FHWA-SA-93-026, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC, USA, July. Edited by F. Schlosser. 1991.

ELIAS, V.; JURAM, I. **Soil nailing for stabilization of highway slopes and excavations**. In: Report FHWA-RD-89-198, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC, USA. 1991.

FRAZEN, G. **Soil Nailing – A Laboratory and Field Study of Pullout Capacity**. Doctoral Thesis, Department of Geotechnical Engineering, Chalmers University of Technology, Sweden. 1998.

FALCONI, F.F.; ALONDO, U.R. **Considerações sobre o dimensionamento de uma Estrutura de Contenção e Solo Grampeado**. In: Seminário de Engenharia e Fundações Especiais e Geotécnicas. 1996.

HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R. **Origem e evolução da bacia sedimentar de São Paulo**. In: Mesa redonda aspectos geológicos e geotécnicos da bacia sedimentar de São Paulo, p. 5-13. 1980.

JANASI, V.A.; ULBRICH, H.H.G.J. **Late Proterozoic granitoid magmatism in the state of São Paulo, southeastern Brazil**. Precambrian Research, v. 51, n. 1-4, p. 351-374. 1991.

JULIANI, C. **Geologia, petrogênese e aspectos metalogenéticos dos Grupos Serra do Itaberaba e São Roque na região das serras do Itaberaba e da Pedra Branca, NE da cidade de São Paulo, SP**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 1993.

LAZART, C. A., EILIAS, V., ESPINOZA, R. D., SABATINI, P. J. **Soil nail walls**. In: Report FHWA0-IF03-017, Geotechnical Engineering Circular n. 7, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC, USA, March. 2003.

RABCEWICZ, L. V. **The New Austrian Tunnelling Method**. Revista Water Power p.453-457 Novembro – 1964, p.511-515, Dezembro – 1964, p.19-22, Janeiro 1965.

SILVA, R.R.; PEREIRA, G. A. **Verificação do Desempenho de Grampos Realizados com Injeção de Bainha**. IN. XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica - COBRAMSEG, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. 2016.

SPRINGER, F. O. **Ensaio de Arrancamento de grampos em solo residual de gnaiss**. Tese de Doutorado Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 310p. 2006.

ORTIGÃO, J. A. R. **Pullot Tests in Soil Nailing Structures**. Revista Solos e Rochas, São Paulo, Vol.20, Nº1, p.39-43. 1997.

ORTIGÃO, J. A. R.; PALMEIRA, E. M. **Solo grampeado: técnica para estabilização de encostas e escavações**. In: 1ª Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas (COBRAE). Rio de Janeiro: ABMS, p. 57-74. 1997.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Felipe Santana Machado

Felipe é professor de biologia, especialista em morfofisiologia animal e gestão ambiental, mestre em Ecologia Aplicada e doutor em Engenharia Florestal. Atualmente é professor efetivo de educação básica e tecnológica do Estado de Minas Gerais e apresenta vínculo funcional com o Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Além de lecionar, atua em estudos de conservação e manejo de animais silvestres, principalmente sobre a relação da vegetação com vertebrados terrestres. Sua experiência profissional gerou uma ampla gama de publicações técnicas e científicas que incluem artigos científicos em revistas nacionais e internacionais, bem como relatórios técnicos de avaliação de impactos ambientais. Participa do grupo de pesquisa CNPq “Diversidade, Sistemática e Biogeografia de Morcegos Neotropicais” como colaborador.

Aloysio Souza de Moura

Aloysio é Biólogo, mestre em Ecologia Florestal, pelo Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) com ênfase em Avifauna de fitofisionomias montanas. É observador e estudioso de aves desde 1990, e atualmente doutorando em Ecologia Florestal, pelo Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) tendo como foco aves e vegetações de altitude. Atua em levantamentos qualitativos e quantitativos de avifauna, diagnóstico de meio-biótico para elaborações de EIA-RIMA. Tem experiência nas áreas de Ecologia e Zoologia com ênfase em inventário de fauna, atuando principalmente nos seguintes temas: Avifauna, Cerrado, fragmentação florestal, diagnóstico ambiental, diversidade de fragmentos florestais urbanos e interação aves/plantas.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-144-2

