

# GEOLOGIA AMBIENTAL:

Tecnologias para o desenvolvimento sustentável - Vol. 1

Eduardo de Lara Cardozo  
(Organizador)



Eduardo de Lara Cardozo  
(Organizador)

**GEOLOGIA AMBIENTAL: TECNOLOGIAS PARA O  
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

---

Atena Editora  
2017

2017 by Eduardo de Lara Cardozo

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Edição de Arte e Capa:** Geraldo Alves

**Revisão:** Os autores

**Conselho Editorial**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto (UFPEL)

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho (UnB)

Prof. Dr. Carlos Javier Mosquera Suárez (UDISTRITAL/Bogotá-Colombia)

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior (UEPG)

Prof. Dr. Gilmei Francisco Fleck (UNIOESTE)

Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza (UEPA)

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa (FACCAMP)

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior (UFAL)

Profª Drª Adriana Regina Redivo (UNEMAT)

Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall'Acqua (UNIR)

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson (UTFPR)

Profª Drª Ivone Goulart Lopes (Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatric)

Profª Drª Lina Maria Gonçalves (UFT)

Profª Drª Vanessa Bordin Viera (IFAP)

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

G345

Geologia ambiental: tecnologias para o desenvolvimento sustentável /  
Organizador Eduardo de Lara Cardozo. – Ponta Grossa (PR):  
Atena Editora, 2017.

297 p. : 57.346 kbytes – (Geologia Ambiental; v. 1)

Formato: PDF

ISBN 978-85-93243-39-4

DOI 10.22533/at.ed.3940809

Inclui bibliografia.

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Geologia ambiental. 3. Meio ambiente. 3. Sustentabilidade. I. Cardozo, Eduardo de Lara. II. Título. III. Série.

CDD-363.70

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

2017

Proibida a reprodução parcial ou total desta obra sem autorização da Atena Editora

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

E-mail: [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## Apresentação

Notícias como deslizamentos de encostas, regiões alagadas e ocupações irregulares sempre vêm à tona. E quando ocorrem, normalmente trazem junto a esses fatos, prejuízos econômicos e infelizmente anúncios relacionados à perda de vidas.

Alguns exemplos desses processos são recentes, como o caso do deslizamento de uma encosta em Angra dos Reis em 2010, onde houveram vítimas fatais, outro caso que chamou muito a atenção foi o rompimento, em 2015, de uma barragem de rejeitos no município de Mariana (Minas Gerais), bem como alagamentos em várias regiões brasileiras, são frequentemente divulgadas. Questões ambientais que ocorrem naturalmente, porém com o processo de ocupação irregular e degradação pela ação humana, os resultados nem sempre são positivos.

Os artigos aqui apresentados vêm ao encontro de muitos fatos ocorridos e que normalmente atribuímos apenas a questões ambientais. Porém, sabemos que não é bem assim! O deslizamento é um fenômeno comum, principalmente em áreas de relevo acidentado, as enchentes acontecem logo em seguida às chuvas intensas e em grandes períodos. Situações que há milhares de anos vem se repetindo, porém com o processo de urbanização, a retirada da cobertura vegetal, a ocupação de áreas irregulares, a contaminação do solo, a degradação do ambiente, entre vários outros pontos, acaba sendo intensificada pela constante alteração e ocupação desse espaço geográfico.

No primeiro volume da obra **“Geologia Ambiental: tecnologias para o desenvolvimento sustentável”** são abordadas questões como: análise da suscetibilidade a deslizamentos, avaliação de cenários sob perigo geotécnico, ordenamento territorial, a importância de estudos específicos considerando as complexidades e diversidades dos diferentes contextos, análise do comportamento geomecânico dos maciços rochosos, caracterização química-mineralógica e da resistência ao cisalhamento, estudos de resistência do meio físico em busca de segurança de instalações e a utilização de software no dimensionamento geotécnico aplicado a fundações profundas.

Neste primeiro volume também são contemplados os seguintes temas: análise da evolução da boçoroca do Córrego do Grito em Rancharia-São Paulo, estudos de áreas suscetíveis a ocorrência de inundações, diagnóstico ambiental voltado à erosão hídrica superficial e cartografia geotécnica, erosão e movimento gravitacional de massa, melhoramento fluvial do rio Urussanga - SC objetivando a redução de impactos associados às chuvas intensas, desassoreamento do Rio Urussanga - SC e caracterização do sedimento, potencialidades dos recursos hídricos na Bacia do Córrego Guariroba -MS.

E fechando este primeiro volume, temos os temas ligados ao: uso de tecnologias alternativas para auxiliar no tratamento de águas residuais, gestão de esgotamento sanitário, estudos sobre a contaminação dos solos por gasolina e

descontaminação através de bioremediação, metodologias que determinam a vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação, mapeamento geoambiental como subsídio à seleção de áreas para implantação de centrais de tratamento de resíduos sólidos, são apresentados.

Diferentes temas, ligados a questões que estão presentes em nosso cotidiano. Desejo uma excelente leitura e que os artigos apresentados contribuam para o seu conhecimento.

Atenciosamente.

*Eduardo de Lara Cardozo*

## SUMÁRIO

**Apresentação.....03**

### CAPÍTULO I

ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS DA UNIDADE GEOMORFOLÓGICA SERRAS CRISTALINAS LITORÂNEAS NO MUNICÍPIO DE BLUMENAU/SC.

*Maurício Pozzobon, Gustavo Ribas Curcio e Claudinei Taborda da Silveira.....08*

### CAPÍTULO II

AValiação DE CENÁRIOS SOB PERIGO GEOTÉCNICO: O CASO DA COMUNIDADE DO MORRO DA MARIQUINHA, FLORIANÓPOLIS-SC.

*Gabriela Bessa, Daniel Galvão Veronez Parizoto, Rodrigo Del Olmo Sato, Nilo Rodrigo Júnior, Murilo da Silva Espíndola e Vítor Santini Müller.....30*

### CAPÍTULO III

AValiação DOS REMANESCENTES FLORESTAIS NA ELABORAÇÃO DE CARTAS GEOTÉCNICAS DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO O CASO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO - SP

*Raquel Alfieri Galera, Fernando Cerri Costa e Ricardo de Souza Moretti.....42*

### CAPÍTULO IV

Caracterização E CLASSIFICAÇÃO GEOMECÂNICA DE MACIÇOS ROCHOSOS COMPOSTOS PELAS PRINCIPAIS LITOLOGIAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE

*Walter dos Reis Junior e Maria Giovana Parizzi.....57*

### CAPÍTULO V

Caracterização GEOTÉCNICA E MINERALÓGICA DE UMA ARGILA FORMADA SOB ATIVIDADE HIDROTÉRMAL

*Marcelo Heidemann, Luiz Antônio Bressani, Juan Antonio Altamirano Flores, Matheus Porto, Breno Salgado Barra e Yader Alfonso Guerrero Pérez.....73*

### CAPÍTULO VI

PROPOSIÇÕES PARA UM CISALHAMENTO DIRETO DE CAMPO: ALTERNATIVA EM MAPEAMENTOS GEOTÉCNICOS.

*Vitor Santini Müller, Nilo Rodrigues Júnior, Murilo da Silva Espíndola, Regiane Mara Sbroglia, Rafael Augusto dos Reis Higashi e Juan Antonio Altamirano Flores.....89*

### CAPÍTULO VII

USO DE MODELO GEOLÓGICO DIGITAL COMO FERRAMENTA DE ORIENTAÇÃO DE DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÃO

*Carlos Magno Sossai Andrade, Patrício José Moreira Pires e Rômulo Castello Henrique Ribeiro.....102*

#### CAPÍTULO VIII

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA BOÇOROCA DO CÓRREGO DO GRITO EM RANCHARIA-SP DE 1962 A 2014

*Alyson Bueno Francisco.....118*

#### CAPÍTULO IX

CARACTERIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM COMO SUBSÍDIO AO ESTUDO DA SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO NAS MICROBACIAS DO MÉDIO RIO GRANDE

*Eduardo Goulart Collares, Ana Carina Zanollo Biazotti Collares, Jéssica Avelar Silva e Amanda Francieli de Almeida.....126*

#### CAPÍTULO X

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL SUPERFICIAL DO MUNICÍPIO DE PACOTI NO ESTADO DO CEARÁ. EROSIVIDADE, ERODIBILIDADE E UNIDADES DE RELEVO PARA GEOTECNIA

*Francisco Kleison Santiago Mota, Jean Marcell Pontes de Oliveira, Naedja Vasconcelos Pontes, César Ulisses Vieira Veríssimo e Sônia Maria Silva de Vasconcelos.....138*

#### CAPÍTULO XI

MAPEAMENTO DE AMEAÇAS E DESASTRES NATURAIS NA ÁREA URBANA DE SANTARÉM - PA

*Fábio Ferreira Dourado e Milena Marília Nogueira de Andrade.....160*

#### CAPÍTULO XII

MELHORAMENTO FLUVIAL DO RIO URUSSANGA PERTENCENTE À BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUSSANGA, SUL DE SANTA CATARINA

*Sérgio Luciano Galatto, Gustavo Simão, Jader Lima Pereira, Nadja Zim Alexandre e Vilson Paganini Belletini.....174*

#### CAPÍTULO XIII

METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM E CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO DO RIO URUSSANGA-SC PARA FINS DE DEPOSIÇÃO

*Nadja Zim Alexandre, Carlyle Torres Bezerra de Menezes, Gustavo Simão, Jader Lima Pereira e Sérgio Luciano Galatto.....190*

#### CAPÍTULO XIV

POTENCIALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO CÓRREGO GUARIROBA, MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE-MS

*Giancarlo Lastoria, Sandra Garcia Gabas, Guilherme Henrique Cavazzana, Juliana Casadei e Tamiris Azoia de Souza.....204*

## CAPÍTULO XV

ASPECTOS PRINCIPAIS SOBRE O USO DE TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA AUXILIAR NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO

*Bruna Ricci Bicudo, Lígia Belieiro Malvezzi e Edilaine Regina Pereira.....214*

## CAPÍTULO XVI

AVALIAÇÃO DOS PROBLEMAS OPERACIONAIS PRESENTES EM ALGUMAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO NO CEARÁ

*Thiago de Norões Albuquerque, Tícia Cavalcante de Souza e Wladya Maria Mendes de Oliveira.....225*

## CAPÍTULO XVII

COMPARATIVO DE BIORREMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS POR GASOLINA

*Diego Moreira da Silva, Marcela Penha Pereira Guimarães, Raphael Moreira Alves e Francisco Roberto Silva de Abreu.....239*

## CAPÍTULO XVIII

DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO DO AQUÍFERO E SUPERFÍCIE POTENCIOMÉTRICA EM TAQUARUÇU DO SUL - RS

*Gabriel D'Avila Fernandes, José Luiz Silvério da Silva, Willian Fernando de Borba, Lueni Gonçalves Terra, Carlos Alberto Löbler e Edivane Patrícia Ganzer.....251*

## CAPÍTULO XIX

MAPEAMENTO GEOAMBIENTAL COMO SUBSÍDIO À SELEÇÃO DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE CENTRAIS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: APLICAÇÃO AO MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DA CONCEIÇÃO - SP

*Hermes Dias Brito, Fábio Augusto Gomes Vieira Reis, Claudia Vanessa dos Santos Corrêa e Lucilia do Carmo Giordano.....263*

***Sobre o organizador.....286***

***Sobre os autores.....287***

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPOSIÇÕES PARA UM CISALHAMENTO DIRETO DE CAMPO: ALTERNATIVA EM MAPEAMENTOS GEOTÉCNICOS**

---

**Vitor Santini Müller  
Nilo Rodrigues Júnior  
Murilo da Silva Espíndola  
Regiane Mara Sbroglia  
Rafael Augusto dos Reis Higashi  
Juan Antonio Altamirano Flores**

## PROPOSIÇÕES PARA UM CISALHAMENTO DIRETO DE CAMPO: ALTERNATIVA EM MAPEAMENTOS GEOTÉCNICOS

*Vitor Santini Müller*

*Universidade Federal de Santa Catarina, Geologia*

*Florianópolis – Santa Catarina*

*Nilo Rodrigues Júnior*

*Universidade Federal de Santa Catarina, Geologia*

*Florianópolis – Santa Catarina*

*Murilo da Silva Espíndola*

*Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Geociências*

*Florianópolis – Santa Catarina*

*Regiane Mara Sbroglia*

*Universidade Federal de Santa Catarina, Geografia*

*Florianópolis – Santa Catarina*

*Rafael Augusto dos Reis Higashi*

*Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil.*

*Florianópolis – Santa Catarina*

*Juan Antonio Altamirano Flores*

*Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Geociências*

*Florianópolis – Santa Catarina*

**RESUMO:** A demanda por mapeamentos geotécnicos é antiga, porém os incentivos para estes levantamentos são recentes. Os estudos de resistência do meio físico em busca da segurança de instalações vêm crescendo nos últimos anos fruto dos desastres, ditos, naturais. As técnicas de mapeamentos de susceptibilidade à deslizamentos distinguem-se desde dados puramente estatísticos, até cartas geológicas e imagens aéreas de alta definição. A fim de não abrir mão da execução de ensaios para a obtenção dos parâmetros de resistência nos mapeamentos, e respeitando-se os curtos prazos em grandes demandas, analisou-se a influência de um protocolo de ensaio de cisalhamento direto em regime de multiestágios. Realizaram-se ensaios em condições normatizadas e nas condições propostas no protocolo, de forma que as envoltórias obtidas mostraram-se, por vezes, similares. Para uso em mapeamento geotécnico o protocolo tem potencial para ser uma interessante alternativa, ainda que para estudos pontuais recomenda-se seguir as normatizações vigentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cisalhamento Direto, Mapeamento Geotécnico, Ensaio de Campo

### 1. INTRODUÇÃO

O estado de Santa Catarina é de clima mesotérmico úmido e caracterizado pelo excesso hídrico, conforme Back (2001). Andrade, Baldo e Nery (1999),

comentam que a precipitação é mais concentrada nos meses de dezembro a março, porém, dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2014) mostram que nos anos de 2013 e 2014 setembro foi o mês mais chuvoso, o que marca a grande variabilidade das chuvas no estado catarinense. Back (2001) lembra que as chuvas intensas são elemento importante na causa dos transtornos tanto em áreas urbanas como na zona rural.

Em menos de um século o Brasil transformou-se de um país predominantemente rural para urbano. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010) em 1950 a população urbana representava apenas 36,16%, já em 2010 84,36% dos brasileiros não viviam mais na zona rural. O resultado dessa urbanização acelerada, segundo Xavier (2004) é o predomínio do desequilíbrio socioambiental. Segundo Zuquette e Gandolfi (1992), deve-se buscar um equilíbrio entre as ações antrópicas e o meio ambiente, sendo o meio físico a base para a implementação de qualquer tipo de ocupação. Desta forma, o mapeamento geotécnico é ferramenta indispensável para o planejamento adequado de qualquer área.

Higashi (2002) aponta que pesquisadores têm desenvolvido metodologias para mapear, compreender e mensurar o comportamento geomecânico dos solos, mas que, a pesar do primeiro mapa geológico com enfoque geotécnico ser datado de 1907, a caracterização geotécnica de áreas através de mapas ainda é tarefa árdua para muitos pesquisadores. Davison Dias (1995) sugere que solos oriundos da mesma unidade geológica/pedológica apresentam comportamento semelhante. Assim, os resultados obtidos para um ponto de estudo contido em uma unidade são passíveis de extrapolação para toda a unidade em questão.

A aplicação de técnicas de mapeamento geotécnico avaliando estabilidade de taludes não se faz necessariamente por dados físicos de ensaios, todavia a execução de ensaios rápidos pode atribuir credibilidade aos mapas gerados. Os valores de índices físicos para a simulação matemática e interpretação das áreas susceptíveis aos fenômenos naturais podem ser determinados pelo ensaio de cisalhamento direto, o mais simples e antigo método, conforme Lambe e Whitman (1969). O ensaio de cisalhamento direto em laboratório, segundo a norma internacional ASTM D3080 (2003), consome um tempo expressivo, considerando os prazos de mapeamentos geotécnicos. A crescente demanda em áreas de risco, fez com que fosse necessária a proposição de um protocolo de ensaios de cisalhamento direto de forma acelerada, com a produção de múltiplas envoltórias de ruptura em um único dia de trabalhos de campo.

O princípio do ensaio de cisalhamento direto é o de se movimentar uma porção do corpo de prova em relação à outra pela ação de uma força, crescente, paralela ao movimento, enquanto uma força constante normal é aplicada. Segundo o critério de Mohr-Coulomb, a relação entre as forças normais aplicadas, e os respectivos esforços necessários para movimentar uma parte em relação à outra se apresentam em forma de uma reta cuja angulação em relação à horizontal representa o ângulo de atrito interno entre as partículas, e que intercepta o eixo das ordenadas no valor do intercepto coesivo.

Segundo Head e Epps (1986), a primeira tentativa de se medir os esforços de cisalhamento de um solo foi desenvolvida pelo engenheiro francês Alexandre Collin, em 1846. Utilizando-se de uma caixa deslizante de 350 mm de comprimento, na qual uma amostra de argila (40x40 mm) era levada ao “duplo cisalhamento” pela aplicação de uma carga. Bell, em 1915, com o que seria um protótipo para futuros desenvolvimentos da caixa de cisalhamento direto, produziu as primeiras mensurações britânicas. A caixa de cisalhamento como conhecemos hoje foi projetada por Casagrande em Harvard, Massachusetts, em 1932, mas os detalhes não foram publicados. Gilboy, 1936, desenvolveu no MIT o cisalhamento com deslocamento controlado, através de um motor de velocidade fixa, como a maior parte dos equipamentos atuais.

Este trabalho tem como principal finalidade propor uma discussão sobre os procedimentos e primeiros resultados propostos em equipamento de cisalhamento direto de campo, para o mapeamento geotécnico, evidenciando a metodologia deste ensaio, seus complicadores e futuras adaptações ao método.

## **2. METODOLOGIA**

Diante da demanda de se obter resultados de forma acelerada, foi verificada a necessidade de se realizar ensaios de cisalhamento direto em campo. Para possibilitar tal expediente, foi adaptado um equipamento de cisalhamento direto, existente no Laboratório de Mecânica dos Solos da Universidade Federal de Santa Catarina, de forma a ser ligado ao veículo de campo, por meio de um sistema com inversão de frequência.

### **2.1. Equipamento de cisalhamento em sua disposição inicial**

O aparato de cisalhamento direto utilizado nesta pesquisa possui caixa de cisalhamento, bipartida, onde o corpo de prova permanece confinado e é forçado a ser cisalhado. Simultaneamente à ação da força cisalhante, uma força em direção normal (perpendicular) ao cisalhamento é aplicada sobre o corpo de prova. O equipamento faz uso de um sistema pneumático para aplicação de forças normais, sendo, portanto, interessante para o protocolo proposto por possibilitar o uso de um compressor de ar portátil. Como foi originalmente desenvolvido para ensaios em laboratório, e seu período de desenvolvimento é estimado em mais de 30 anos, foram necessárias adaptações elétricas e mecânicas ao dispositivo, eliminando componentes obsoletos e tornando-o mais leve e preciso. As adaptações mecânicas se deram no sistema de redução e transferência, encaixes e nas calibrações do anel dinamométrico e do extensômetro. Ainda na parte mecânica, o manômetro presente no equipamento teve sua escala adaptada, como pode ser visto na Figura 1, substituindo-se os valores originais em libra por polegada quadrada pela tensão resultante da aplicação das respectivas forças sobre a área

da seção do corpo de prova original (25cm<sup>2</sup>).

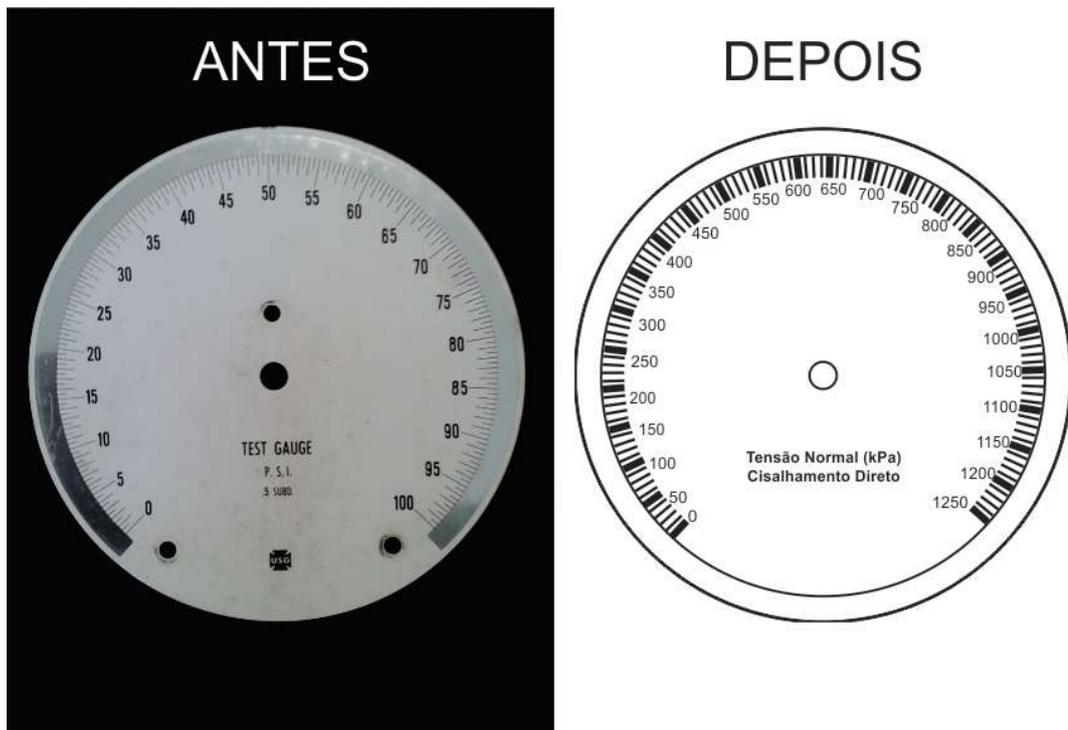


Figura 1 - Manômetro original e reconicionado.

Para a obtenção das equivalências, calibrou-se a força aplicada pelo pistão pneumático por meio da utilização de um anel dinamométrico. A cada libra por polegada quadrada lida no manômetro obteve-se a força vertical (em quilograma força) equivalente, a curva de calibração resultante, pode ser vista na Figura 2.

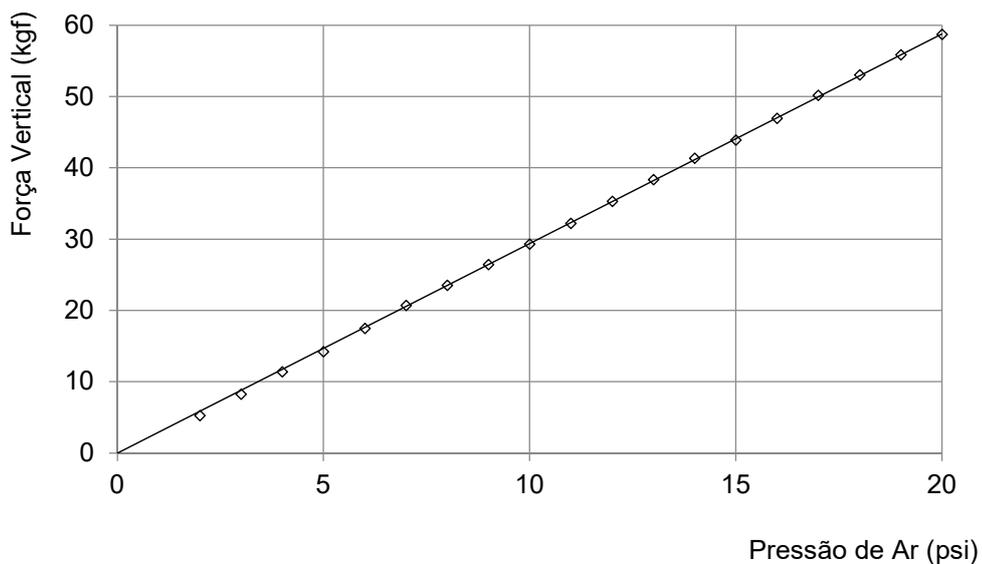


Figura 2 - Curva de Calibração do Manômetro.

Os componentes elétricos, conforme Figura 3, foram substituídos por materiais mais novos, uma vez que os antigos se encontravam obsoletos e pouco

confiáveis. Conseqüentemente, foram previstas adaptações que permitissem a utilização deste equipamento em campo, por energia fornecida por veículo automotor convencional, necessitando-se exclusivamente de bateria de 12V. Um sistema de inversão de frequência foi adquirido, transformando os 12V contínuos do veículo em 220V em corrente alternada.

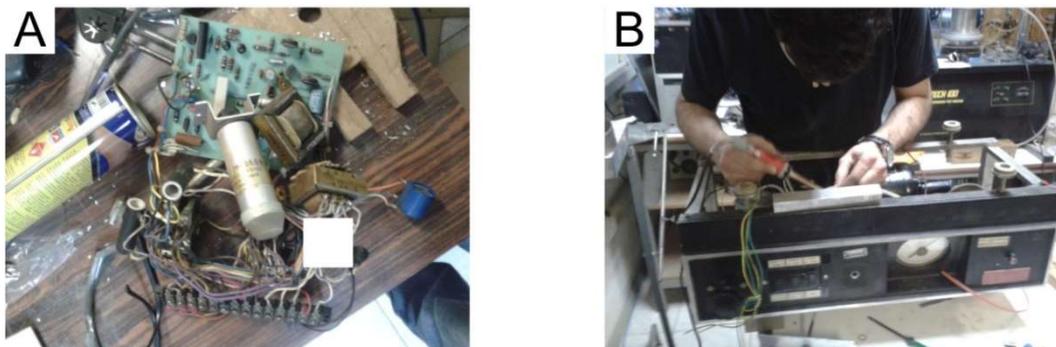


Figura 3 - A) Componentes eletrônicos antigos. B) Trabalho de reforma da parte elétrica.

Uma imagem ilustrativa contendo a condição atual esquemática do equipamento desenvolvido para o presente trabalho é apresentada na Figura 4. É possível verificar que o aparelho de cisalhamento permanece acoplado ao sistema de inversão de frequência, que também possibilita o uso de compressor de ar direto utilizado na aplicação de tensões normais. Os deslocamentos cisalhantes são aplicados por motor de corrente contínua e um sistema de engrenagem. Nota-se que os esforços cisalhantes, a mensuração da resistência ao cisalhamento, e o deslocamento relativo do corpo de prova decorrem na porção inferior de solo. No modelo atual, a porção superior do corpo de prova apenas sofre a reação dos esforços cisalhantes. Ou seja, o equipamento em questão remete à uma condição desfavorável em que possíveis esforços oriundos de atritos nos rolamentos da caixa cisalhante, bem como com os demais dispositivos dos sistemas serão, portanto, contabilizados pelo anel dinamométrico.

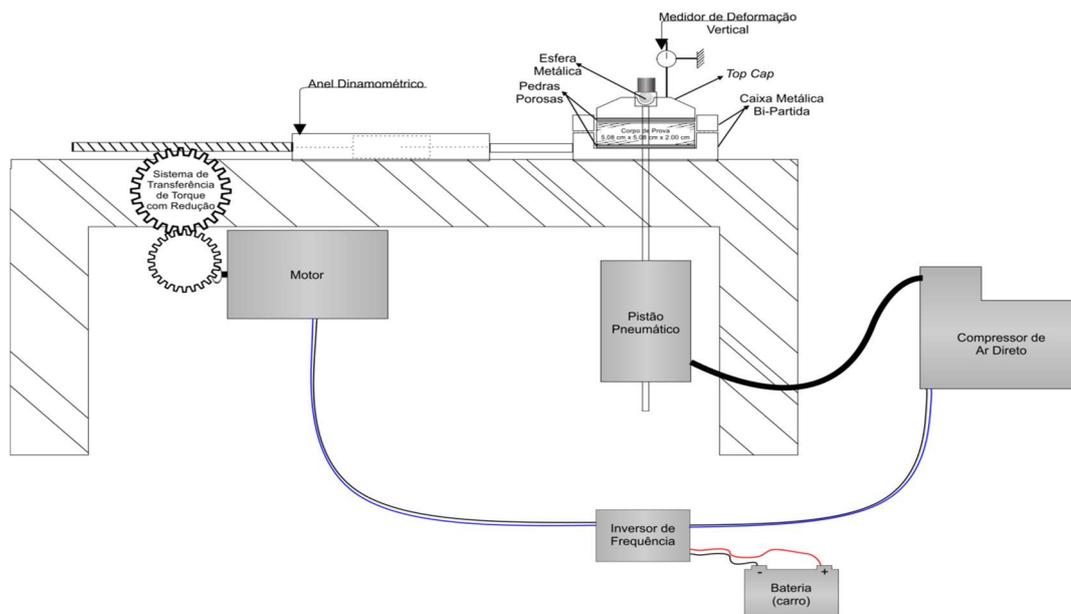


Figura 4 – Imagem esquemática do equipamento de cisalhamento de campo.

A velocidade de avanço do motor foi calibrada utilizando-se extensômetro digital, por meio da mensuração do deslocamento a cada minuto. A Figura 5 apresenta a curva de calibração da velocidade, em valor constante de 0.2269 milímetros por minuto.

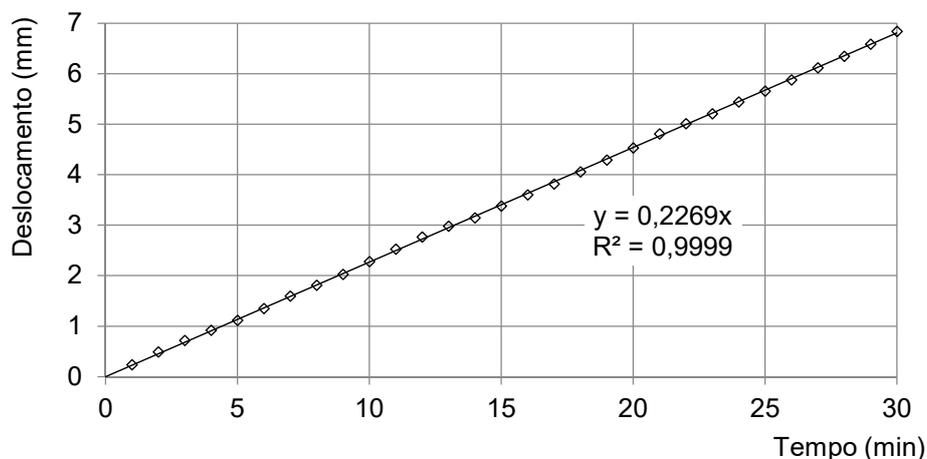


Figura 5 - Gráfico do deslocamento versus Tempo.

## 2.2. O Protocolo de Ensaios

Segundo o protocolo de ensaios proposto, o cisalhamento direto é realizado em campo, em um único corpo de prova, em regime de multiestágios, com rápida consolidação e inundação do corpo de prova. Admitiu-se a possibilidade do surgimento de poro-pressões, da influência de esforços capilares, e, portanto, para aplicação exclusiva em técnicas de mapeamento geotécnico.

O protocolo de ensaios rápidos sugere então que, no primeiro ponto de estudos seja realizada a moldagem e coleta de um corpo de prova (5,08cm largura x 5,08cm comprimento x 2cm altura), e que nos pontos seguintes seja cisalhado o

corpo de prova relativo ao ponto anterior, enquanto a equipe providencia a moldagem e coleta do corpo de prova (Figura 6) correspondente ao local.



Figura 6 - Foto de campanha de campo com execução de ensaio de cisalhamento direto.

Cada ponto foi representado por um único corpo de prova, no qual foram aplicados três estágios de tensões normais, e medidas as tensões cisalhantes máximas para cada condição. O incremento de uma nova tensão normal somente foi realizado após a verificação da estabilização das tensões cisalhantes equivalentes.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente capítulo tem como objetivo apresentar os primeiros resultados obtidos pelo método proposto, bem como discutir a eficiência do equipamento, dos procedimentos e a possível aplicabilidade do método em técnicas de mapeamento. É importante ressaltar que a proposta de discussão tem por finalidade condicionar o trabalho as críticas técnicas e, portanto, direcionar o andamento da pesquisa.

Ainda que os resultados deste trabalho tenham tido por finalidade a aplicação rápida em técnicas de campo, foram coletados corpos de prova para a realização de ensaios convencionais, conforme normatização internacional, a fim de se comparar as envoltórias obtidas. As

Figura 7 e Figura 8 apresentam resultados de ensaios de campo (azul) com os ensaios normatizados (vermelho), bem como resultados obtidos na literatura regional, para mesmas unidades geotécnicas, conforme sugere Davison Dias (1995).

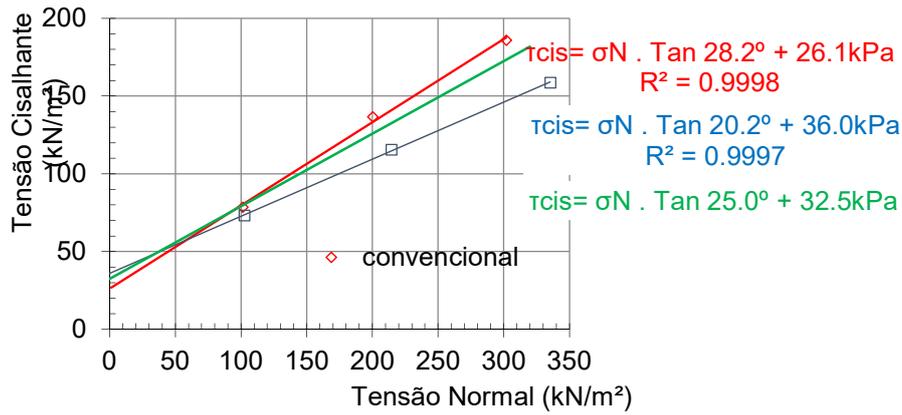


Figura 7 - Gráfico Tensão Cisalhante versus Tensão Normal Para a Unidade Geotécnica Podzólico Vermelho Amarelo em Granito.

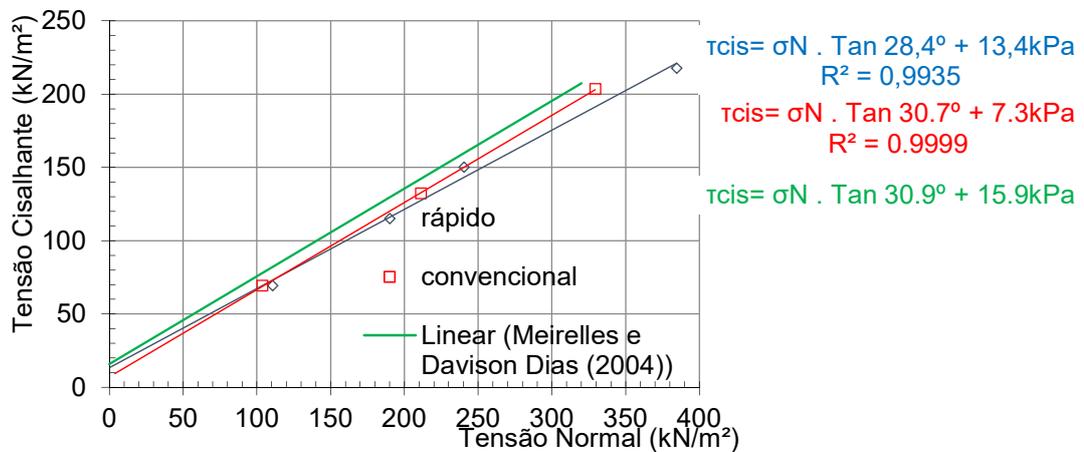


Figura 8 - Gráfico Tensão Cisalhante x Tensão Normal para a unidade Geotécnica Podzólico Vermelho Amarelo em Granito.

Na situação ilustrada pela

Figura 7 a diferença entre os valores de intercepto coesivo obtidos sob condições convencionais e de campo foi de 10.1kPa, para o ângulo de atrito interno houve uma redução de 8 graus na envoltória obtida em campo. Resultados encontrados na literatura apresentam, para essa unidade geotécnica, valores intermediários entre os obtidos em laboratório e em campo. Na Figura 8 o intercepto coesivo apresenta-se 6.1kPa mais alto em campo, enquanto o ângulo de atrito nessa condição foi 2.3 graus menor. Na literatura, os parâmetros encontrados são mais altos, porém muito próximos, dos obtidos nos ensaios de campo e de laboratório. Os autores avaliaram que, enquanto os parâmetros e resistência obtidos nos ensaios de campo estivessem abaixo dos ensaios convencionais, provavelmente por poro-pressões geradas nos ensaios, não haveriam impedimentos para a aplicabilidade do protocolo proposto como alternativa em mapeamento geotécnico. É, porém, necessário atentar para resultados como os apresentados pela Figura 9, que mostra a existência de alguma variável não quantificada no método, já que os resultados são espúrios.

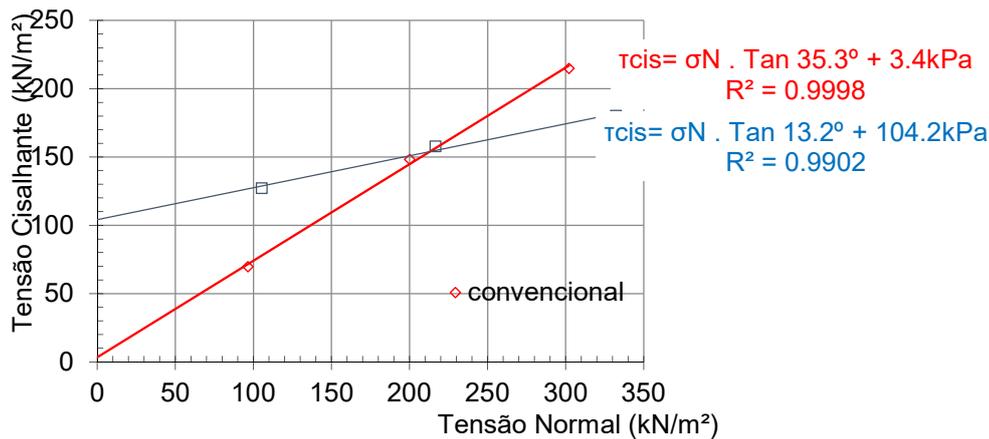


Figura 9 - Gráfico Tensão Cisalhante versus tensão Normal para a unidade Geotécnica Podzólico em Sedimentos Quaternários.

O fato de todos os ensaios terem sido realizados sem placas dentadas no topo e base do corpo de prova para promover a distribuição das forças, pode, conforme Morgenstern e Tchalenko (1967), causar situações em que a superfície de ruptura não ocorre no meio do corpo de prova, mas em forma de cunha, como apresentado na Figura 10.

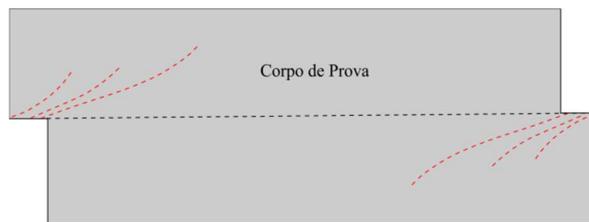


Figura 10 - Possíveis superfícies de ruptura em cunha.  
 Fonte: Modificado de (MORGENSTERN; TCHALENKO, 1967)

Resultados dispersos encontrados para algumas unidades geotécnicas, ainda que esporádicos, levaram os autores a discutir sobre as variáveis que poderiam estar ocasionando tais problemas. Estão em discussão o tempo de consolidação, velocidade dos ensaios, mas principalmente os procedimentos da técnica de múltiplos estágios e modificações nos conceitos experimentais do equipamento desenvolvido.

A aplicação de técnicas de múltiplos estágios é satisfatória somente em materiais cujas tensões máximas sejam mobilizadas logo em pequenas deformações. Alguns ensaios realizados em campo necessitaram de grandes deformações para se atingir as tensões cisalhantes máximas, o que pode ter proporcionado a perda de confiabilidade do procedimento. Os autores cogitam o abandono deste método em ensaios rápidos de campo, o que possivelmente será substituído por técnica convencional com diferentes corpos de prova, porém haverá necessidade de se elevar a velocidade de cisalhamento, para que os tempos de trabalhos de campos não sejam comprometidos.

A Figura 11 apresenta novas modificações propostas para o equipamento

de campo, em que onde a porção inferior do corpo de prova receberá os esforços cisalhantes e se deslocará, enquanto a porção superior sofrerá reação no mesmo ponto em que serão mensurados os esforços cisalhantes. Dessa forma, o atrito da caixa de cisalhamento não influenciará as leituras dos esforços cisalhantes, ainda que testes não tenham acusado valores significativos de atrito no modelo da Figura 4. A opção pela não utilização do pistão pneumático se deu devido à disposição dos elementos no equipamento, de forma que a utilização de um sistema de alavanca para aplicação da força normal à direção de cisalhamento se mostrou como melhor opção.

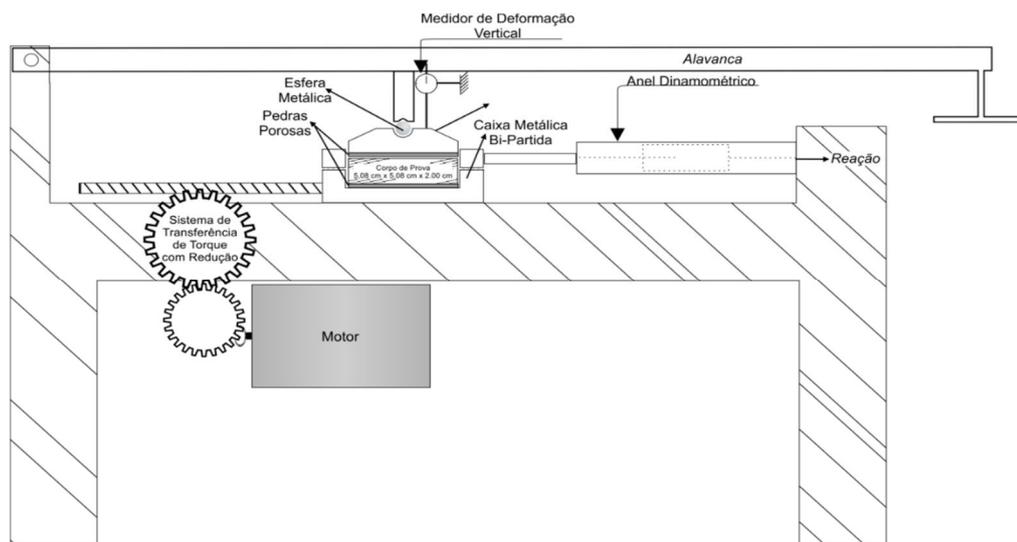


Figura 11 - Equipamento de Cisalhamento Direto, novas modificações.

As envoltórias de ruptura apresentadas na Figura 12 são referentes aos ensaios realizados em campo. É possível verificar que alguns valores de interceptos coesivos e ângulos de atrito internos diferem do comportamento verificado na literatura convencional.

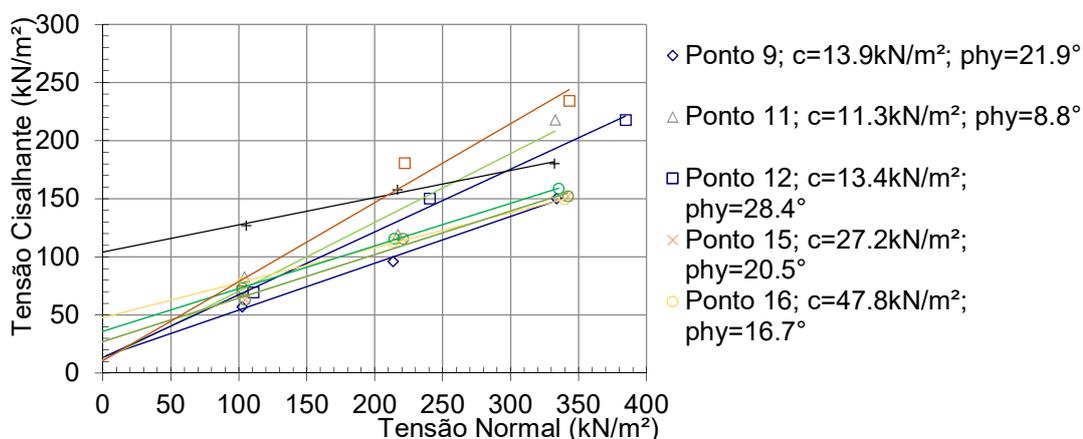


Figura 12 - Resumo das envoltórias de ruptura de campo.

As modificações propostas no equipamento de campo estão em implementação, e estima-se que estes procedimentos reduzirão as disparidades

encontradas em um primeiro momento. É importante ressaltar que esta técnica tem por finalidade atender campanhas de mapeamentos geotécnicos de grandes proporções, sem que dispensem/estimem análises físicas da resistência dos maciços estudados.

#### 4. CONCLUSÕES

Zuquette e Gandolfi (1992), lembram que mapeamento geotécnico não substitui os estudos geotécnicos pontuais, para os quais, não se recomenda o protocolo de ensaios rápidos, uma vez que neste regime admite-se a possibilidade de interferências, priorizando o tempo de ensaio.

Os resultados apresentados evidenciam a exequibilidade do protocolo, bem como seu potencial de tornar-se uma alternativa para obtenção de parâmetros de resistência para mapeamentos geotécnicos de grandes proporções.

As discrepâncias encontradas em alguns pontos de estudo indicaram a necessidade de se aprofundar os estudos a fim de quantificar as influências da metodologia aplicada nos resultados obtidos.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério das Cidades pelo fomento à pesquisa e às bolsas de pesquisa vinculadas ao projeto FEESC 79/13, bem como ao projeto de extensão FAPEU 045/2014 e à Universidade Federal de Santa Catarina pelo suporte estrutural.

#### REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. R. DE; BALDO, M. C.; NERY, J. T. Variabilidade sazonal da precipitação pluviométrica de Santa Catarina. **Acta Scientiarum**, v. 21, n. 4, p. 923–928, 1999.

ASTM D3080. **Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions** West Conshohocken, PA, 2003. Disponível em: <[www.astm.org](http://www.astm.org)>

BACK, Á. J. Frequência de chuvas em Santa Catarina. **Revista de Tecnologia e Ambiente**, v.7, n.2, p. 63–72, 2001.

DAVISON DIAS, R. Proposta de metodologia de definição de carta geotécnica básica em regiões tropicais e subtropicais. **Revista do Instituto Geológico**, v. 16, n. special, p. 51–55, 1995.

HEAD, K. H.; EPPS, R. Direct Shear Tests. In: **Manual of Soil Laboratory Testing**. III ed. London: Pentech Press, 1986. v. 3p. 208–300.

HIGASHI, R. R. **Utilização de um SIG no desenvolvimento de um banco de dados geotécnicos do norte do estado do Rio Grande do Sul**. [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 5 nov. 2014.

LAMBE, W. T.; WHITMAN, R. T. **Soil mechanics**. New York: Massachusetts Institute of Technology, 1969.

MEIRELLES, M. C.; DAVISON DIAS, R. Estudo da Erodibilidade de Solos Residuais do Complexo Granito-Gnaissico – Município de Santo Amaro da Imperatriz, SC. **5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SOLOS NÃO SATURADOS**, v. 1, p. 465–470, 2004.

METEOROLOGIA, I. N. DE. **Precipitação Mensal**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 18 mar. 2015.

MORGENSTERN, N. R.; TCHALENKO, J. S. Microscopic structures in kaolin subjected to direct shear. **Geotechnique**, v. 17, n. 4, p. 309–328, 1967.

SANTOS, G. T. **Integração de Informações Pedológicas, Geológicas e Geotécnicas Aplicadas ao Uso do Solo Urbano em Obras de Engenharia**. UFRGS, Porto Alegre, RS, 1997.

XAVIER, S. C. **O Solo Criado no Urbanismo e no Direito Urbanístico Brasileiro**. [s.l.] Universidade Federal de Pelotas, 2004.

ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. **Algumas reflexões sobre o mapeamento geotécnico** *Anuário do Instituto de Geociências*, 1992.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-93243-39-4



9 788593 243394