

GEOLOGIA AMBIENTAL:

Tecnologias para o desenvolvimento sustentável - Vol. 2

Eduardo de Lara Cardozo
(Organizador)



Eduardo de Lara Cardozo
(Organizador)

**GEOLOGIA AMBIENTAL: TECNOLOGIAS PARA O
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 2**

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
2 / Organizador Eduardo de Lara Cardozo. – Ponta Grossa (PR):
Atena Editora, 2017.

252 p. : 38.026 kbytes – (Geologia Ambiental; v. 2)

Formato: PDF

ISBN 978-85-93243-38-7

DOI 10.22533/at.ed.3870809

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

E-mail: contato@atenaeditora.com.br

Apresentação

No segundo volume da obra **“Geologia Ambiental: tecnologias para o desenvolvimento sustentável”**, apresentamos estudos ligados à preocupação da relação entre o homem e o meio ambiente, da ocupação e alteração do espaço geográfico e suas consequências. De que maneira utilizar os recursos naturais presentes, tendo como foco o desenvolvimento sustentável.

A população mundial hoje está próxima a 7,5 bilhões de habitantes, no Brasil próximo a 210 milhões de habitantes e constantemente usufruindo dos recursos naturais para o seu desenvolvimento, sua existência. Mas sabemos que os recursos são finitos, precisamos encontrar alternativas, trabalhar os recursos hoje presentes de uma forma sustentável, garantindo a nossa existência, bem como das próximas gerações.

Esta coletânea de artigos trabalha em diferentes temas o uso desses recursos naturais e a preocupação ambiental. Estudos como avaliação de uso de solo laterítico como sub-base em pavimentos urbanos, características geotécnicas de uma argila e um resíduo da construção e demolição visando sua utilização conjunta como barreira capilar, o crescimento do mercado da construção civil e a preocupação ambiental no que diz respeito aos recursos naturais como a areia e a avaliação da permeabilidade intrínseca em alguns solos tropicais representativos do Brasil, são também discutidos.

Questões sobre planejamento, avaliação a partir da Engenharia de Resiliência, processos erosivos lineares do tipo ravina e boçoroca, mapeamento de áreas de riscos geológico na prevenção de perda de vidas e prejuízos econômicos, delimitação de áreas frágeis à ocupação, gestão de riscos urbanos, mapeamento e concepção de soluções para áreas de risco geológico, regularização fundiária de núcleos de ocupação precária e loteamentos irregulares, mapeamento do risco geológico e hidrológico, mapeamento geomorfológico de áreas densamente urbanizadas e mapeamento georreferenciado de deslocamentos horizontais e verticais de muros de contenção em gabião, são outros temas debatidos nesta coletânea.

E para fechar os diferentes temas trabalhados, temos estudos ligados à caracterização de solos das potenciais jazidas de empréstimos selecionadas para projetos das barragens e as investigações geológicas geotécnicas para a implantação da barragem de São Bento do UNA, no Estado de Pernambuco.

Diversos temas e informações integradas sobre a geologia ambiental e o desenvolvimento sustentável. Temas esses presentes em nosso cotidiano, e que nos auxiliam a encontrar maneiras para um desenvolvimento sustentável e a mitigação dos inúmeros impactos ambientais gerados por nós, nessa relação homem e meio ambiente.

Desejo uma excelente leitura e que os artigos aqui apresentados contribuam para o enriquecimento do conhecimento do leitor.

Eduardo de Lara Cardozo.

SUMÁRIO

Apresentação.....	03
<u>CAPÍTULO I</u>	
AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA E DA DURABILIDADE À MOLHAGEM E SECAGEM DE UM SOLO DE SINOP-MT ESTABILIZADO COM CAL	
<i>Raul Tadeu Lobato Ferreira, Augusto Romanini, Celso Todescatto Junior, Flavio Alessandro Crispim, Julio César Beltrame Benatti e Rogério Dias Dalla Riva.....</i>	<i>07</i>
<u>CAPÍTULO II</u>	
CARACTERIZAÇÃO GEOTECNICA DE UM RCD E UMA ARGILA VISANDO SUA UTILIZAÇÃO COMO BARREIRA CAPILAR	
<i>Julio César Bizarreta Ortega e Tácio Mauro Pereira de Campos.....</i>	<i>19</i>
<u>CAPÍTULO III</u>	
CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO ARENITO FURNAS NO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA (PR) PARA USO EM ARGAMASSAS	
<i>Melissa Zanferrari Godoy, Fabio Luiz Chemin, Patrícia Kruger e Luiz Carlos Godoy.....</i>	<i>34</i>
<u>CAPÍTULO IV</u>	
AVALIAÇÃO DA PERMEABILIDADE INTRÍNSECA EM SOLOS REPRESENTATIVOS DA PAISAGEM BRASILEIRA	
<i>Luiza Silva Betim, Eduardo Antonio Gomes Marques, Klingner Senra Rezende, Brahmani Sidhartha Tibúrcio Paes, Vitor Luiz Reis de Almeida e Luana Caetano Rocha de Andrade.....</i>	<i>56</i>
<u>CAPÍTULO V</u>	
ENGENHARIA DE RESILIÊNCIA: UMA PRIMEIRA APROXIMAÇÃO COM A GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES SOCIONATURAIS	
<i>Andréa Jaeger Foresti, Luiz Antônio Bressani, Cornelia Eckert e Luiz Carlos Pinto da Silva Filho.....</i>	<i>67</i>
<u>CAPÍTULO VI</u>	
EROSÕES LINEARES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE, SP	
<i>Gerson Salviano de Almeida Filho, Maria Cristina Jacinto de Almeida, Tatiane Brasil de Freitas e Zeno Hellmeister Júnior.....</i>	<i>87</i>
<u>CAPÍTULO VII</u>	
ESTUDO PRELIMINAR DE RISCOS GEOLÓGICOS EM REGIÃO DO MUNICÍPIO DE ARENÁPOLIS, MT: ETAPA PREPARATÓRIA DE DETALHAMENTO DE CAMPO	
<i>Natália de Souza Arruda, Thiago de Oliveira Faria e Fernando Ximenes de Tavares Salomão.....</i>	<i>103</i>

CAPÍTULO VIII

FRAGILIDADE POTENCIAL E EMERGENTE NO BAIRRO BRIGADEIRO TOBIAS, SOROCABA-SP
Camila Bertaglia Carou, Fernando Nadal Junqueira Villela, Eduardo Soares de Macedo e Marcos Roberto Martines.....114

CAPÍTULO IX

GESTÃO DE RISCOS COMO POLÍTICA PÚBLICA PRIORITÁRIA NA REGIÃO DO GRANDE ABC
Luiz Antonio Bongiovanni e Sandra Teixeira Malvese.....125

CAPÍTULO X

LEVANTAMENTO, MAPEAMENTO E CONCEPÇÃO DE SOLUÇÕES PARA PROBLEMAS NAS ÁREAS DE RISCO DOS BAIROS DE NOVA CAPÃO BONITO, SÃO JUDAS TADEU, VILA APARECIDA E VILA JARDIM SÃO FRANCISCO, MUNICÍPIO DE CAPÃO BONITO, SP
Priscila Taminato Hirata, Fabrício Araujo Mirandola, Eduardo Soares de Macedo, Marcela Penha Pereira Guimarães, Claudio Luis Ridente Gomes e Alessandra Cristina Corsi.....136

CAPÍTULO XI

MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO A DESLIZAMENTOS E INUNDAÇÕES E DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPs) EM NÚCLEOS E LOTEAMENTOS IRREGULARES NO MUNICÍPIO DE SÃO ROQUE, SP
Priscila Ikematsu, Eduardo Soares de Macedo, Alessandra Cristina Corsi, André Luiz Ferreira, Fabrício Araújo Mirandola e Priscilla Moreira Argentin.....151

CAPÍTULO XII

MAPEAMENTO DO RISCO GEOLÓGICO E HIDROLÓGICO DO MUNICÍPIO DE CASTELO - ES-BRASIL
Leonardo Andrade de Souza, Marco Aurélio Costa Caiado, Gilvimar Vieira Perdigão, Sílvia C. Alves, Larissa Tostes Leite Belo e Raphael Henrique O. Pimenta.....168

CAPÍTULO XIII

MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DE ÁREAS DENSAMENTE URBANIZADAS
Alberto Franco Lacerda.....184

CAPÍTULO XIV

MONITORAMENTO GEORREFERENCIADO DE DESLOCAMENTOS HORIZONTAIS E VERTICAIS DE MUROS DE CONTENÇÃO EM GABIÃO
Nilton de Souza Campelo, Mário Jorge Gonçalves Santoro Filho, Otávio César de Paiva Valadares, Michael Douglas da Costa Paes e Aroldo Figueiredo Aragão.....196

CAPÍTULO XV

ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, COMPRESSIBILIDADE E RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE TRÊS MISTURAS DE SOLOS PARA BARRAGENS DE TERRA EM SANTA CATARINA
Nilo Rodrigues Júnior, Vitor Santini Müller, Matheus Klein Flach, Murilo da Silva Espíndola, Daniel Galvão Veronez Parizoto, Gabriela Bessa e Juan Antonio Altamirano

Flores.....209

Capítulo XVI

INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS GEOTÉCNICAS PARA IMPLANTAÇÃO DA BARRAGEM SÃO BENTO DO UNA - PE

Hosana Emilia Abrantes Sarmiento Leite, Diana Damásio e Castro Lopes, Rafaella Teixeira Miranda e Maiara de Araújo Porto.....223

Sobre o organizador.....241

Sobre os autores.....242

CAPÍTULO I

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA E DA DURABILIDADE À MOLHAGEM E SECAGEM DE UM SOLO DE SINOP-MT ESTABILIZADO COM CAL

**Raul Tadeu Lobato Ferreira
Augusto Romanini
Celso Todescatto Junior
Flavio Alessandro Crispim
Julio César Beltrame Benatti
Rogério Dias Dalla Riva**

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA E DA DURABILIDADE À MOLHAGEM E SECAGEM DE UM SOLO DE SINOP-MT ESTABILIZADO COM CAL

Raul Tadeu Lobato Ferreira

Universidade Federal de Mato Grosso, Departamento de Engenharia Civil
Barra do Garças – Mato Grosso

Augusto Romanini

Universidade do Estado de Mato Grosso, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas
Sinop – Mato Grosso

Celso Todescatto Junior

Universidade do Estado de Mato Grosso, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas
Sinop – Mato Grosso

Flavio Alessandro Crispim

Universidade do Estado de Mato Grosso, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas
Sinop – Mato Grosso

Julio César Beltrame Benatti

Universidade do Estado de Mato Grosso, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas
Sinop – Mato Grosso

Rogério Dias Dalla Riva

Universidade do Estado de Mato Grosso, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas
Sinop – Mato Grosso

RESUMO: Na região de Sinop-MT, devido à carência de materiais granulares, é amplamente utilizada nas obras de pavimentação sub-base e base de cascalho laterítico, porém sua extração causa impacto ambiental considerável pelo fato das jazidas se encontrarem em áreas próximas de rios e em profundidade. Além disso, um grande volume de solo laterítico arenoso que se encontra sobre a camada de cascalho é descartado durante o processo de extração. Neste contexto buscou-se avaliar a possibilidade de uso deste solo laterítico, A-4 (2), como sub-base em pavimentos urbanos de baixo tráfego. Embora apresente capacidade de suporte para ser utilizado como sub-base (ISC = 25%) este solo é instável frente à ação da água. A avaliação foi feita considerando os ensaios: (i) a resistência à compressão não confinada do solo estabilizado com 4% de cal; (ii) ensaios de absorção de água por imersão e por capilaridade e (iii) ensaio de durabilidade por molhagem e secagem. Pode-se concluir que a adição de cal conferiu estabilidade ao solo frente a água e que a mistura, resistiu bem à variação de umidade e temperatura.

PALAVRAS-CHAVE: Estabilização de solos, Solo-cal, Durabilidade, RCNC.

1. INTRODUÇÃO

O solo está presente nas obras de Engenharia Civil tanto como suporte quanto como material de construção. As condições de desempenho e vida útil dessas obras estão diretamente relacionadas com a execução e principalmente às características do solo. Porém, nem sempre o solo local possui características que garantam o bom desempenho no exercício das funções requeridas do material.

No caso das obras de pavimentação, quando isso ocorre é requerida a exploração de jazidas de materiais granulares que apresentam comportamento mecânico satisfatório para a constituição das camadas de base e sub-base dos pavimentos. Entretanto, a extração desses materiais além de aumentar o custo final da obra gera impactos ambientais que afetam a paisagem, a fauna e a flora.

Na região de Sinop-MT há carência de materiais granulares, sendo comum nas obras de pavimentação o emprego de cascalho laterítico é, porém sua extração causa impacto ambiental considerável pelo fato das jazidas se encontrarem em áreas próximas de rios e de preservação. Além disso, um grande volume de solo laterítico arenoso que se encontra sobre a camada de cascalho é descartado durante o processo de extração (DALLA ROZA E CRISPIM, 2013). Este solo laterítico, embora apresente capacidade de suporte para ser utilizado como sub-base (ISC = 25%) não é utilizado devido a sua instabilidade frente à ação da água conforme verificado por Machado (2012). Outro agravante é o relevo plano da região, dificultando o escoamento da água e ao lençol freático muito próximo à superfície, em média, entre 1,5 a 3,0 m de profundidade na área urbana. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo avaliar a possibilidade de utilização deste solo laterítico quando estabilizado com cal, procurando proporcionar ao solo resistência à água e permitir seu uso em pavimentação urbana de baixo tráfego, reduzindo assim os impactos ambientais decorrentes da extração de cascalho e descarte do solo inadequado. Para tanto foram avaliadas a durabilidade e resistência do solo quando submetido aos ensaios de absorção de água por imersão e por capilaridade e ensaio de durabilidade por molhagem e secagem.

Este trabalho dá seguimento a outros estudos de estabilização realizados na Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Campus de Sinop, podendo-se destacar os trabalhos de Uieno (2011) e Dalla Roza e Crispim (2013) com a estabilização granulométrica, Simioni (2011), Machado (2012) e Ferreira et al. (2014) envolvendo solo-cal e Friozi e Crispim (2012) e Romanini et al. (2014) com a utilização de cimento, todos eles desenvolvidos com solos da região de Sinop-MT.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O processo de estabilização de solo descrito neste trabalho foi realizado utilizando: um solo laterítico arenoso da região de Sinop-MT e a cal como agente estabilizador. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Engenharia Civil da UNEMAT, Campus de Sinop e no Laboratório de uma empresa de pavimentação da

região.

2.1. Materiais

A amostra de solo utilizada neste trabalho foi extraída da Jazida de Cascalho da Prefeitura Municipal de Sinop, próximo a MT 220, nas proximidades do rio Teles Pires de uma profundidade de 0,40 a 2,00 m. A localização do ponto de coleta pode ser visualizada na Figura 1 e a Figura 2 demonstra a disposição do cascalho na jazida e o volume de solo que deve ser removido para obtenção desse material.



Figura 1 - Localização dos pontos de coleta da amostra. Fonte: Google, 2015 (Adaptado)

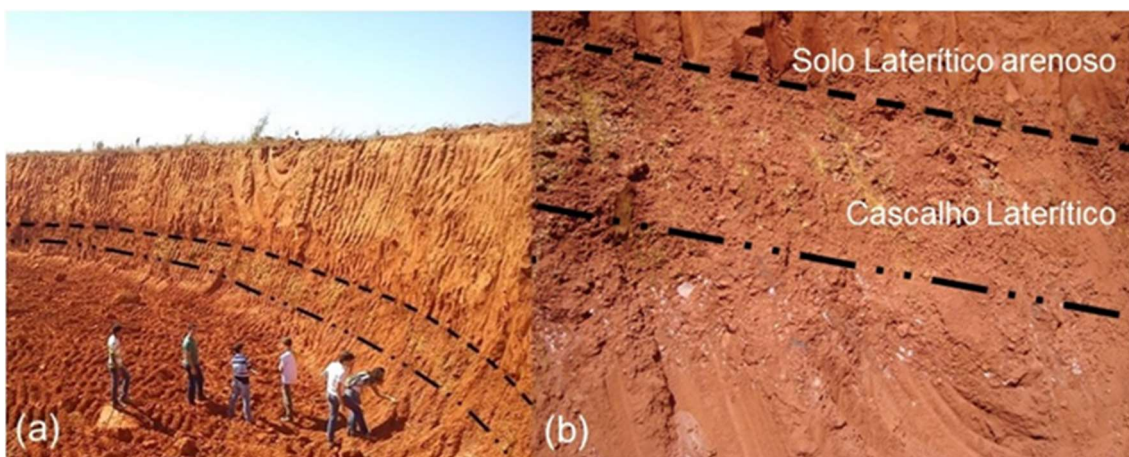


Figura 2 - Jazida de Cascalho da Prefeitura Municipal de Sinop. (a) Demonstração do volume de solo laterítico arenoso existente (b) Disposição do cascalho na jazida. Fonte: Arquivo Pessoal, 2013.

2.2. Métodos

Os métodos utilizados seguiram as especificações das normas técnicas da

ABNT e de fontes especializadas, a seguir detalhadas.

2.2.1 Ensaios preliminares

A amostra de solo analisada, após coletada, foi preparada segundo a ABNT (1992b), sendo seca ao ar, destorroada e passada na peneira de malha quadrada de 4,8 mm (ABNT, 1986), armazenada e identificada em sacos plásticos com cerca de 2,5 kg de solo.

O solo foi caracterizado a partir dos ensaios de limite de liquidez (ABNT, 1984a), de limite de plasticidade (ABNT, 1984b) e análise granulométrica (ABNT, 1984c).

Os corpos-de-prova foram compactados, utilizando a energia do Proctor normal, conforme a ABNT (1992a), para as idades de cura de 7 e 28 dias, no teor ótimo de umidade de 14,40% e peso específico seco máximo de 17,46 kN/m³, obtidos por Todescatto Junior (2014) e utilizando o teor de cal de 4%, que segundo Machado (2012) é o teor mais adequado para o solo em análise.

Foram aceitos corpos-de-prova que estivessem com grau de compactação entre 98% e 102% e teor de umidade na moldagem no intervalo de $\pm 0,5$ ponto porcentual em torno do teor de umidade ótimo.

2.2.2. Ensaio de Absorção de Água

A absorção de água da mistura solo-cal foi analisada em duas condições: a absorção de água por capilaridade e por imersão. Os procedimentos utilizados são indicados nos parágrafos a seguir.

A taxa de absorção de água por capilaridade dos corpos-de-prova foi determinada de acordo com a ABNT (1995). Foram confeccionados 3 corpos-de-prova para cada período de cura, 7 e 28 dias, considerando a taxa de absorção como a média das 3 determinações.

Os corpos-de-prova inicialmente foram submetidos à secagem em estufa para atingirem massa constante. Em seguida foram resfriados ao ar até a temperatura de 23 ± 2 °C. A parte inferior lateral dos mesmos foi impermeabilizada com parafina para que a absorção da água ocorresse apenas pela área de sua base.

A imersão parcial dos corpos-de-prova em água foi feita em recipientes com fundo preparado com material poroso, preenchidos com água de modo que o nível d'água não ultrapassasse a faixa impermeabilizada do corpo-de-prova.

O ensaio determinou a massa de água absorvida nos tempos de 3h, 6h, 9h, 12h e 24h, sendo a absorção de água por capilaridade, expressa em g/cm², calculada de acordo com a Equação 1.

$$C = \frac{M_2 - M_1}{S} \quad \text{Equação 1}$$

Em que:

C: absorção de água por capilaridade (g/cm²);

S: Área da seção do corpo-de-prova (cm²);

M1 : Massa do corpo-de-prova seco em estufa, assim que este atingir a temperatura de 23 ± 2 °C (g);

M2 : Massa do corpo-de-prova que permanece com uma das faces em contato com a água durante um período de tempo especificado (g).

Após a última etapa do ensaio de absorção por capilaridade os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de Resistência à Compressão não Confinada - RCNC, realizado segundo as diretrizes da ABNT (1990). A Figura 3 mostra as principais etapas da realização desse ensaio.

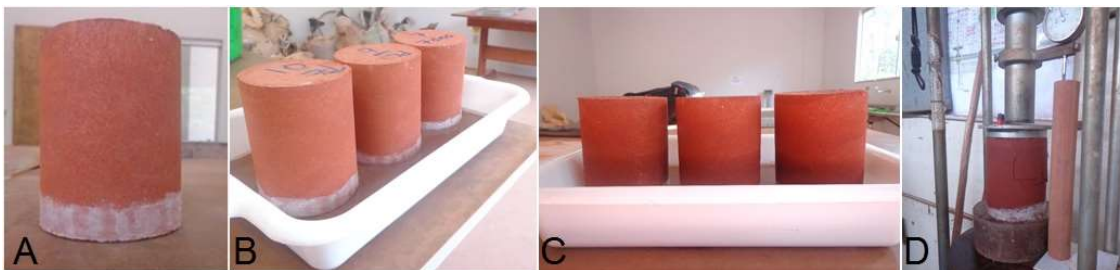


Figura 3 - Sequência de procedimentos da realização do ensaio de absorção por capilaridade. (A) Impermeabilização da área lateral da base do corpo-de-prova; (B) Imersão parcial dos corpos-de-prova em recipiente com água; (C) Corpos-de-prova durante a realização do ensaio; (D) Verificação da RCNC. Fonte: Arquivo Pessoal, 2014.

O ensaio de absorção de água por imersão foi realizado conforme as recomendações da ABNT (1996). Três corpos-de-prova, sob o teor ótimo de aditivo foram moldados e depositados em câmara úmida pelo período de 7 e 28 dias.

Após o período de cura, os corpos-de-prova foram levados à estufa até atingirem massa constante e posteriormente imersos em água pelo período de 24 horas. Ao final do processo os corpos-de-prova foram retirados do tanque de imersão, enxutos superficialmente e pesados, obtendo-se assim a massa úmida dos corpos-de-prova.

Com isso a absorção de água de cada corpo-de-prova, expressa em porcentagem, é calculada utilizando a Equação 2.

$$A = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \quad \text{Equação 2}$$

Em que:

A: absorção de água (%);

M1: massa do corpo-de-prova após a secagem na estufa (g);

M2: massa do corpo-de-prova úmida após a imersão por 24 horas (g).

Ao final do ensaio de absorção de água por imersão a RCNC dos corpos-de-prova foi determinada seguindo as recomendações da ABNT (1990).

2.2.3. Ensaio de Durabilidade por Molhagem e Secagem

O ensaio de molhagem-secagem foi realizado conforme estabelece o DNIT (DNER, 1994) após os corpos-de-prova passarem por processo de cura durante 7 e 28 dias, porém, como se trata de estabilização com cal dispensou-se o processo de escovação.

Foram moldados 4 corpos de prova para cada período de cura e ao fim deste processo foram imersos em água por um período de 5 horas. Após este tempo os corpos-de-prova foram colocados na estufa a uma temperatura de 71 ± 2 °C por um período de 42 horas. O procedimento foi repetido, até que se atingisse o número de 12 ciclos. Ao final calculou-se a perda de massa dos corpos-de-prova e o coeficiente de durabilidade da mistura. O cálculo do Coeficiente de Durabilidade C_d , expresso em porcentagem, é feito através da Equação 3.

$$C_d = \frac{RCNC_{ci}}{RCNC_i} \text{ Equação 3}$$

Em que:

C_d : coeficiente de durabilidade (%);

$RCNC_{ci}$: RCNC após os ciclos de molhagem e secagem (kPa);

$RCNC_i$: RCNC após ensaio de absorção de água por imersão (kPa).

O critério de avaliação da mistura foi feito através do mesmo critério adotado por Marcon (1977), sendo considerada durável se o valor de C_d for superior a 0,80.

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1. Caracterização Geotécnica

Os resultados obtidos da caracterização geotécnica estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização do solo estudado

Características	Média
LL (%)	30
IP	NP
Pedregulho (%)	0
Areia Grossa (%)	1
Areia Média (%)	4
Areia Fina (%)	55
% passante na peneira 200 (0,074 mm)	40
Classe AASHTO-TRB	A-4 (2)

Nota: Classificação segundo a ABNT (1995): areia grossa ($0,60 \leq \phi < 2,00$ mm), areia média ($0,20 \leq \phi < 0,60$ mm), areia fina ($0,06 \leq \phi < 0,20$ mm) e silte+argila ($\phi \leq 0,06$ mm).

A classificação AASHTO-TRB indica que é um solo siltoso com comportamento satisfatório a deficiente como subleito em obras de pavimentação.

3.2. Absorção de Água por Capilaridade e Imersão

A Tabela 2 apresenta os resultados do ensaio de absorção de água por imersão verificado para a mistura estudada nos períodos de cura de 7 e 28 dias.

Tabela 2 - Resultados do ensaio de absorção de água por imersão

Corpo de prova	Tempo de cura (dias)	Índice de vazios médio	Absorção (%)	Média (%)
4	7	0,545	16,44	16,18
5			16,28	
6			15,83	
1	28	0,585	16,63	16,38
2			16,26	
3			16,25	

Pela avaliação dos valores apresentados na Tabela 2 é possível perceber que a absorção por imersão da mistura não sofreu influência do tempo de cura, visto que os valores não tiveram variações consideráveis comparando os resultados obtidos para os dois períodos.

Os resultados obtidos com a realização do ensaio de absorção por capilaridade (Figura 4) mostraram que a absorção capilar é levemente reduzida com o aumento do tempo de cura.

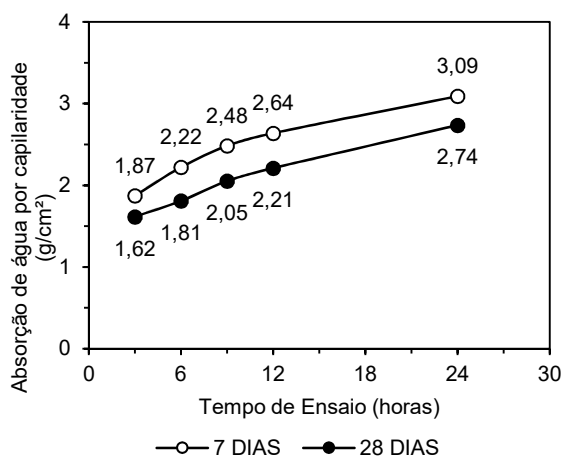


Figura 4 - Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade.

A menor absorção da mistura solo-cal na idade de 28 dias se dá supostamente pelos géis oriundos das trocas catiônicas que ligam e cobrem as partículas de argila, e são responsáveis pelo bloqueio dos vazios, cuja cristalização

se dá de forma lenta durante as reações de cimentação (HERRIN e MITCHELL, 1961 e INGLES e METCALF, 1973 apud PORTELINHA, 2008).

Comparando os resultados de absorção d'água por imersão e por capilaridade é possível perceber que apesar da redução da absorção capilar com o aumento do período de cura, os compostos responsáveis pelo bloqueio dos vazios ainda estão em processo de consolidação visto que com uma ação mais intensa da água (imersão) seu potencial de obstrução é basicamente anulado.

A avaliação das RCNC após os ensaios de absorção de água foi feita de forma comparativa aos valores de RCNC obtidos por Todescatto Junior (2014). A Figura 5 apresenta os resultados encontrados.

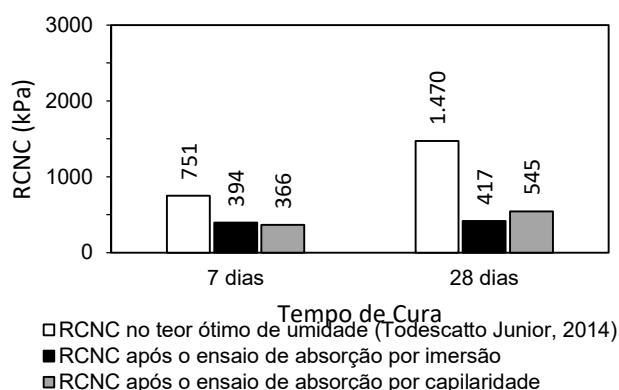


Figura 5. Comparação da RCNC imediatamente após o fim do período de cura e após os ensaios de absorção.

Os valores mostram que mesmo aumentando o período de cura a água manteve seu efeito nocivo à mistura. Aos 7 dias de cura a mistura apresentou uma perda de resistência da ordem de 50% para os dois ensaios de absorção. E mesmo apresentando um ganho de 95% de RCNC no teor de umidade ótimo, aos 28 dias de cura a RCNC verificada após o ensaio de absorção por imersão se manteve basicamente na mesma faixa de valores de resistência observada para corpos-de-prova aos 7 dias de cura na mesma situação. Apesar da RCNC verificada após o ensaio de absorção por capilaridade ter aumentado cerca de 50% com o aumento do período de cura, esse ganho não tem relevância se comparado à sensibilidade à água que a mistura ainda apresenta após 28 dias de cura.

3.3. Ensaio de durabilidade à molhagem e secagem

Os corpos-de-prova da mistura se mantiveram estáveis durante todo o processo de ensaio, e apesar de não apresentarem o surgimento de nenhum tipo de fissura, adquiriram um aspecto áspero e frágil, conforme pode ser observado na Figura 6.

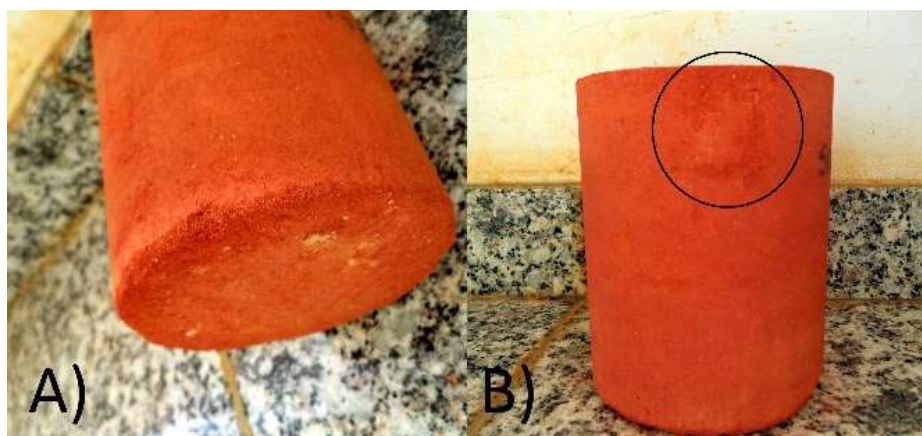


Figura 6. Corpos-de-prova representativos da mistura em estudo após 12 ciclos. Em (a) observa-se o desgaste lateral da base e em (b) observa-se o desgaste da superfície lateral. Fonte: Arquivo Pessoal, 2014

Na Tabela 3 são apresentados os resultados de RCNC obtidos após os ciclos de molhagem e secagem.

Tabela 3. Dados do ensaio de durabilidade molhagem-secagem

Tempo de Cura	RCNCi (kPa)	RCNCci (kPa)	C _d
7 dias	394,48	339,72	0,86
28 dias	417,18	435,57	1,04

Observa-se dos resultados mostrados na Tabela 3 que a mistura pode ser considerada durável para os dois períodos de cura, $C_d > 0,80$, inclusive havendo uma evolução dessa durabilidade com o aumento do período de cura.

4. CONCLUSÕES

Constatou-se com os resultados deste trabalho que a mistura obtida com o uso de cal como agente estabilizante apresentou um comportamento satisfatório de acordo com a metodologia de avaliação utilizada nesse estudo. Mesmo apresentando alta sensibilidade à presença de água a mistura resiste bem aos ciclos de molhagem e secagem, como representam os coeficientes de durabilidade verificados para os dois períodos de cura.

Conclui-se então que o teor de cal utilizado, foi suficiente para proporcionar ao solo estabilidade frente à ação da água, permitindo que seja utilizado como sub-base em obras de pavimentação de baixo tráfego.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa TRANSTERRA Pavimentação e Terraplanagem Ltda., a Engenheira Civil Ana Elza Dalla Roza e a Prefeitura

Municipal de Sinop que muito contribuíram para a conclusão deste artigo.

Ao PROBIC/UNEMAT e Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação pelo fomento à pesquisa e às bolsas de pesquisa, e a UNEMAT e o Curso de Engenharia Civil – Campus de Sinop, pelo suporte oferecido.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12023**: Solo-cimento – Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro, 1992a. 6p.

_____. **NBR 12024**: Solo-cimento – Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1992b. 5 p.

_____. **NBR 12025**: Solo-cimento – Ensaio de Compressão Simples de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1990. 2p.

_____. **NBR 13555**: Solo-cimento – Determinação da absorção d'água. Rio de Janeiro, 1996. 1p.

_____. **NBR 6457**: Amostras de Solo – Preparação para Ensaio de Compactação e Ensaio de Caracterização. Rio de Janeiro, 1986. 9 p.

_____. **NBR 6459**: Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984a. 6 p.

_____. **NBR 7175**: Cal hidratada para argamassas - Requisitos. Rio de Janeiro, 2003. 4 p.

_____. **NBR 7180**: Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984b. 3 p.

_____. **NBR 7181**: Solo – Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, 1984c. 13 p.

_____. **NBR 9779**: Argamassa e Concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 1995. 2p.

DALLA ROZA, A. E; CRISPIM, F.A. **Estabilização Mecânica de um Solo de Sinop-MT**. 2013. 9p. Artigo (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Estado de Mato Grosso/Campus Universitário de Sinop, Sinop-MT.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 203/94**: Solo-cimento – determinação da durabilidade através da perda de massa por molhagem e secagem. 1994, 4p.

GOOGLE. **Software Google Earth**. Disponível em:
<<http://earth.google.com/intl/pt/>>. Acesso em: 07 abr 2015.

MACHADO, W. R. **Estudo experimental referente ao tratamento solo-cal com vista à pavimentação em Sinop/MT**. 2012. 65p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Cruso, Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Estado de Mato Grosso/Campus Universitário de Sinop, Sinop-MT.

MARCON, A. F. **Durabilidade e módulo de elasticidade de misturas areia-cal-cinza volante**. 1977. 110p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ.

PORTELINHA, F. H. M. **Efeitos da cal e do cimento na modificação dos solos para fins rodoviários: mecanismos de reação, parâmetros de caracterização geotécnica e resistência mecânica**. 2008. 161p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG.

SENÇO, W. de. **Manual de técnicas de pavimentação**. 1ª ed. São Paulo: Pini, 2001. v.2, 671p.

TODESCATTO JUNIOR, C. **Estabilização de Solos da Região Norte de Mato Grosso com Cal**. In.: CRISPIM, F.A. Estabilização de solos da região norte de Mato Grosso com cal e cimento. Projeto de Pesquisa FAPEMAT Edital PAPPE 002/2012. (não publicado)

ABSTRACT: In Sinop-MT region, due to the lack of granular materials, laterite gravel is widely used in sub-base and base of pavements, but its extraction causes considerable environmental impact because the deposits are in areas near rivers. In addition, a large amount of laterite sandy soil, which is up gravel layer, is discarded during the extraction process. In this context we sought to evaluate the possibility of using this lateritic soil, A-4 (2), as sub-base in low-traffic urban pavements. The soil has bearing capacity to be used as sub-base (CBR = 25%), however, is unstable at water action. The evaluation was made considering the tests of stabilized soil with 4% lime: (i) unconfined compressive strength; (ii) water absorption tests by capillarity and immersion (iii) a wetting and drying durability test. It can be concluded that the addition of lime to the soil conferred stability against water and the mixture resisted well to changes of humidity and temperature.

KEYWORDS: Soil stabilization, Soil-lime, Durability, UCS

CAPÍTULO II

CARACTERIZAÇÃO GEOTECNICA DE UM RCD E UMA ARGILA VISANDO SUA UTILIZAÇÃO COMO BARREIRA CAPILAR

**Julio César Bizarreta Ortega
Tácio Mauro Pereira de Campos**

CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DE UM RCD E UMA ARGILA VISANDO SUA UTILIZAÇÃO COMO BARREIRA CAPILAR

Julio César Bizarreta Ortega

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental

Rio de Janeiro - Rio de Janeiro.

Tácio Mauro Pereira de Campos

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental

Rio de Janeiro - Rio de Janeiro

RESUMO: Um sistema de cobertura final do tipo barreira capilar consiste em uma camada fina sobre uma camada grossa, ambas com diferentes propriedades hidráulicas não saturadas. Uma das aplicações de este sistema é proteger da percolação de água os aterros de resíduos sólidos urbanos, rejeitos de mineração, resíduos nucleares, entre outros. Em este artigo se avaliam as características geotécnicas de uma Argila e um resíduo da construção e demolição (RCD) visando sua utilização conjunta como barreira capilar. Amostras indeformadas e amolgadas da argila e RCD foram coletadas de uma cobertura pré-existente e levadas ao laboratório para sua respectiva caracterização. Os resultados mostraram um importante potencial como barreira capilar de estes materiais em conjunto, importantes faixas das curvas de função de condutividade hidráulica mostram o RCD com uma menor condutividade hidráulica que a Argila. A argila mostrou uma razoável capacidade de armazenamento de água possibilitando seu funcionamento também como cobertura evapotranspirativa.

PALAVRAS-CHAVE: resíduo da construção e demolição; barreira capilar; aterros sanitários.

1. INTRODUÇÃO

A deposição inadequada do RCD gera uma grande quantidade de impactos ambientais negativos para uma cidade, como os citados por Pinto (1999). A reutilização e reciclagem de estes resíduos é uma solução sustentável. O panorama de reciclagem no Brasil mostra um aumento das usinas de reciclagem nos últimos anos, com um beneficiamento econômico ainda com níveis baixos em relação as usinas europeias (Miranda et al., 2009; ABRECON 2015).

O objetivo de este trabalho é avaliar as possibilidades de emprego conjunto do RCD e argila como materiais para uma cobertura final do tipo barreira capilar.

Nos projetos de cobertura final de aterros de resíduo sólido urbano não é usual ainda o emprego do RCD, no entanto, pesquisas já foram efetuadas no Brasil por Barros (2005), Barbosa et. al. (2009) e Silva Junior (2009). A barreira capilar é formada por duas camadas contíguas (camada grossa sob camada fina) com

acentuado contraste de tamanho dos poros, sucção e condutividade hidráulica. Tal tipo de cobertura já foi aplicada para proteger resíduos nucleares, rejeitos de mineração e aterro de resíduos sólidos urbanos.

Na Figura 1 se mostra as curvas de função de condutividade hidráulica ($k(\Psi)$) pela sucção (Ψ) de dois materiais com potencial para ser utilizados como barreira capilar. Considerando ambas as camadas com saturação próxima da saturação residual (espaços vazios de ar plenamente conectados), pelas forças mátricas (capilares e adsorção), de acordo com Brady e Weil (2009) os macroporos da camada grossa exercem uma menor atração pela água que os poros menores da camada fina, dessa forma é difícil o ingresso da água para a camada grossa. Para manter a barreira capilar é preciso que a camada fina apresente uma sucção consideravelmente maior que a camada grossa (Oldenburg e Pruess, 1993; Aubertin et al. 2009), tal contraste de sucções é fundamental para manter o potencial total da água da camada grossa bem maior que da camada fina perto da interface de ambas. A partir de uma determinada sucção crítica (Ψ_c) a condutividade hidráulica do material grosso é consideravelmente menor que do material fino (Kämpf et al., 2003), sucções maiores estão incluídas na faixa da barreira capilar da Figura 1. Dessa forma, quando a água infiltra e o frente de molhamento atinge as proximidades da interface, a sucção do material fino diminui até igualar a do material grosso, nessa condição, o ingresso da água é iminente, e pode por isso considerar que deve existir ainda um contraste mínimo de condutividades hidráulicas ($\Delta k(\psi)_{\min}$).

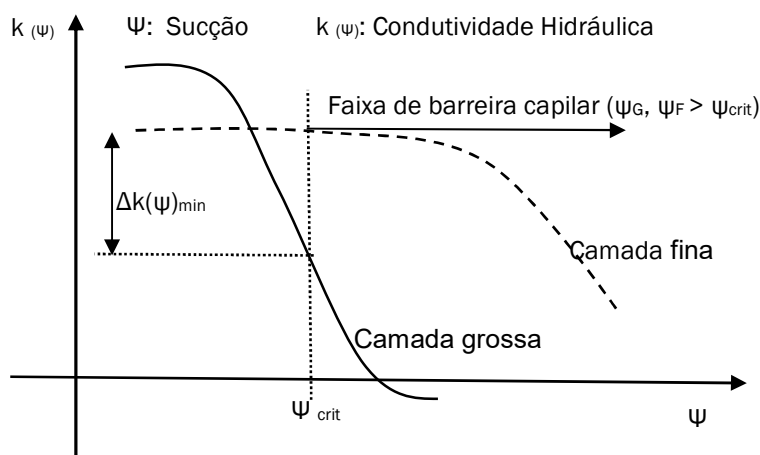


Figura 1. Potencial de barreira capilar

Os sistemas de barreiras capilares inicialmente foram estudados empregando camadas de materiais não coesivos (Ross, 1990; Kämpf e Montenegro, 1997; Stormont e Anderson 1999), areia fina – areia grossa, areia fina – cascalho fino, entre outros. Para esses casos, a elevada condutividade hidráulica da camada fina favorece a percolação lateral da água ao longo da interface ao invés que para a camada grossa. A inclusão de materiais coesivos como camada fina da barreira capilar é equivalente a uma cobertura evapotranspirativa

melhorada. A camada fina trabalha armazenando e liberando água dos poros segundo varia as condições climáticas. O efeito de barreira capilar gerado ao colocar uma camada grossa abaixo da camada fina, melhora a capacidade de armazenamento (Khire et al 2000). A percolação lateral ao longo da interface não é muito significativa quando os materiais finos (exemplo os coesivos) apresentam uma baixa condutividade hidráulica. Pesquisas relativas a materiais coesivos usados como camada fina incluem os solos residuais, resíduos da indústria de papel, lodos da estação de tratamento de chorume (Krisdani et al., 2005; Parent e Cabral, 2006; Bizarreta, 2009, Bizarreta e De Campos, 2011). Alguns materiais argilosos podem apresentar pontos desfavoráveis na sua aplicação como camada fina pela possibilidade de formação de trincas profundas e também a possibilidade de erosão hidráulica (Albright e Benson, 2002). Os aspectos erosivos não serão estudados neste artigo, mas sim a formação de trincas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Os materiais envolvidos na pesquisa (Argila e RCD) foram coletados da cobertura final (provisória) do Aterro Municipal Jardim de Gramacho (AMJG) no Rio de Janeiro (Figura 2), amostras indeformadas e amolgadas para a Argila, e unicamente amolgadas para o RCD. Procedimentos da norma ABNT para solos e resíduos sólidos foram seguidos para a retirada e transporte das amostras. Na amostragem do RCD foi observada uma grande heterogeneidade para a escolha da amostra representativa, parece ser uma característica de estes materiais, alguns pesquisadores mencionam que mesmo com materiais reciclados de RCD tal variabilidade persiste (Jonh e Ângulo 2003, Santos 2007).

2.2 Métodos

Caracterização

A composição gravimétrica do RCD foi efetuada por separação tátil-visual do material graúdo, de acordo com a NBR:15116 (ABNT 2004). Ensaios convencionais de caracterização geotécnica foram realizados para o RCD e a Argila, baseados na Norma Brasileira (NBR). Foram efetuados assim com a amostra total o ensaio de granulometria, e com a amostra miúda (menor que 4,8 mm) os ensaios de densidade dos grãos, limite de liquidez, limite de plasticidade, teor de matéria orgânica e compactação. O ensaio de compactação foi realizado com a energia do Proctor Normal e sem reuso de amostras. A caracterização química foi feita por meio da análise qualitativa por espectrometria de fluorescência de raios X utilizando um espectrômetro de raios-X por energia dispersiva, modelo EDX-700 da

Shimadzu, do Laboratório de Catálise do Departamento de Química da PUC-Rio. As amostras para estes ensaios foram preparadas em forma de pó do material que passa na peneira # 200 (obtido por pulverização com morteiro de cerâmica).

Propriedades hidráulicas não saturadas

As curvas de retenção de umidade foram realizadas com a parte miúda do RCD, usando a técnica do papel de filtro em ensaios executados conforme metodologias desenvolvidas na PUC-Rio (Villar e De Campos, 2001). O papel de filtro utilizado foi Whatman N°42 com a curva de calibração estabelecida por Chandler et al (1992). As curvas de retenção a determinar neste trabalho são unicamente de secagem. Para a obtenção dos anéis com corpos de prova de RCD compactados foi utilizada uma pressão estática em amostras preparadas com umidade ótima do Proctor Normal (em anéis de 34.9 mm de diâmetro e 20.5 mm). A amostragem dos corpos de prova indeformados foi a traves da cravação de anéis biselados (47.5mm de diâmetro por 20.5mm de altura) nos brocos indeformados. Uma análise táctil-visual dos blocos indeformados mostrou algumas heterogeneidades da Argila, por isso na retirada dos corpos de prova indeformados (no anel biselado) foram evitados setores com características diferentes. Tanto os corpos de prova do RCD como da Argila foram saturados por capilaridade durante 24 horas e depois colocada a vácuo no dessecador por uma hora. Posteriormente, os corpos de prova foram colocados ao contato livre com o ambiente do laboratório (temperatura de 20°C) para sua secagem gradual por evaporação, cada vez que um corpo de prova atinge a umidade desejada é envolto por um filme plástico transparente durante dois dias, com a finalidade de equalização de umidade. Dessa forma, são obtidos vários corpos de prova com umidades diferentes para a futura elaboração da curva de retenção. Passado esse tempo, coloca-se o papel de filtro em contato com cada corpo de prova na face superior e inferior, é envolto com filme plástico, papel de alumínio e um segundo filme plástico, ficando assim armazenado em uma caixa fechada de isopor por um tempo de 10 dias para o equilíbrio da sucção papel-solo. Finalmente é medido a umidade do papel de filtro, a umidade do solo, a massa e volume do corpo e prova.

Para a determinação da função de permeabilidade não foi realizado um ensaio específico, foi estimada através do modelo de Fredlund et al. (1994), usando como dados experimentais da curva de retenção de umidade e a condutividade hidráulica saturada. A condutividade hidráulica saturada das amostras compactadas foi determinada pelo método de carga variável com o equipamento de parede rígida, seguindo as recomendações da ABNT, e usando a umidade ótima do Proctor Normal para cada compactação. As amostras indeformadas foram ensaiadas usando o método de carga constante no Permeômetro de parede flexível desenvolvido no laboratório de Geotecnia e Meio Ambiente da PUC-Rio, a preparação das amostras seguiram os processos convencionais para ensaios triaxiais recomendados pela ABNT.

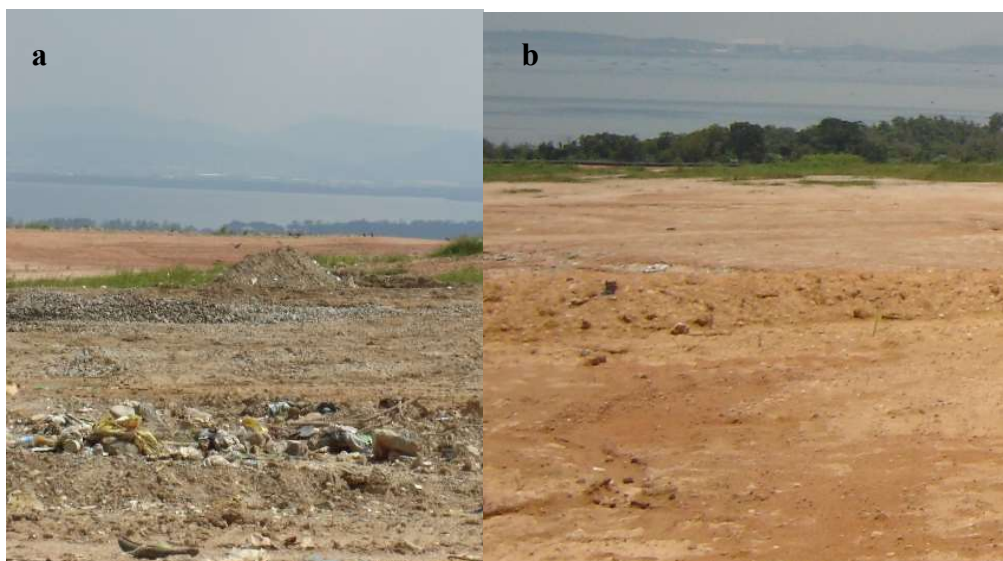


Figura 2. Local de coleta do RCD (a) e Argila (b) no AMJG

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização

Na Tabela 1 e Figura 3 se apresentam os resultados da composição gravimétrica do RCD. O RCD engloba em sua composição diferentes resíduos e materiais relativos a construção. O principal componente é o material miúdo (formado por restos dos materiais graúdos entre outros). Dos materiais graúdos o componente principal é o concreto. O material miúdo também tem como componente principal o concreto (restos menores que 4,8 mm). Os materiais orgânicos do RCD possuem pouca representatividade em peso, mas considerável volume como o caso do isopor, madeira, plásticos, entre outros. De acordo com a Resolução nº 307 do CONAMA (BRASIL, 2002), observou-se que do total coletado o maior percentual foi o Classe A, com 94,8%.

A Tabela 2 mostra um resumo dos resultados dos ensaios de caracterização física realizados. A Figura 4 mostra as curvas de distribuição granulométrica obtidas. Com base nestas informações, de acordo com a ABNT, o material denominado Argila é classificado como sendo um silte arenoso, enquanto que o material RCD é classificado como uma areia grossa a média, pedregulhosa. De acordo com o Sistema Unificado de Classificação de Solos, o material Argila é classificado como uma argila de baixa plasticidade, CL, e, o RCD, como uma areia mal graduada, SP.

Tabela 1. Resumo da composição gravimétrica do RCD.

Tipo de resíduo	Características	Classe (*)	Peso	%
Concreto	Restos de concreto	A	1411,4	29,7
Tijolo	Alguns misturados com areia e argamassas	A	291,5	6,1
Cerâmicos	Restos de azulejos de paredes e pisos	A	205,5	4,3
Pedras	Blocos principalmente de granito	A	195,3	4,1
Argamassa	Principalmente de gesso	A	46,4	1,0
Material miúdo	Passante na peneira 4 (4,74 cm)	A, B	2429	51,2
Outros inorgânicos	Metais, vidro, material inorgânico não definido	A, B	92,4	1,9
Outros orgânicos	Madeira, isopor, entre outros. (Ocupam grande volume)	B	68,5	1,4

(*) De acordo com Resolução nº 307 do CONAMA-2002 (BRASIL, 2002)

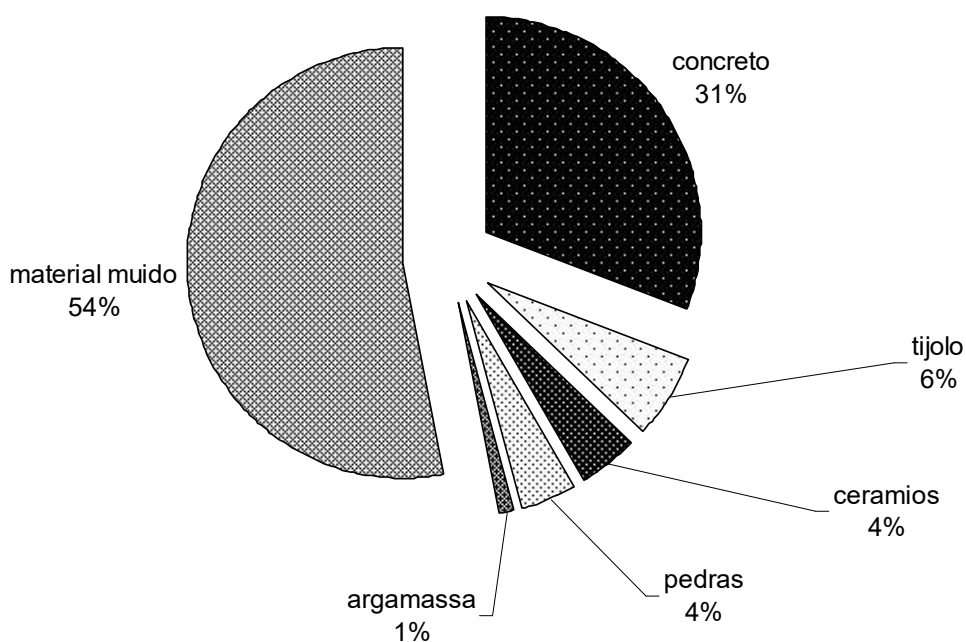


Figura 3. Composição gravimétrica do RCD

Tabela 2. Resumo dos ensaios de caracterização física.

Material	Granulometria (%)				G _s	Limites de Atterberg (%)		
	Pedreg.	Areia	Silte	Argila		w _L	w _P	IP
Argila	0,0	46,3	41,7	12,0	2,772	42,5	21,0	21,5
RDC	41,1	57,8	1,1	0,0	2,635	–	–	NP

G_s = densidade relativa dos grãos
w_L = limite de liquidez; w_P = limite de plasticidade; IP = índice de plasticidade

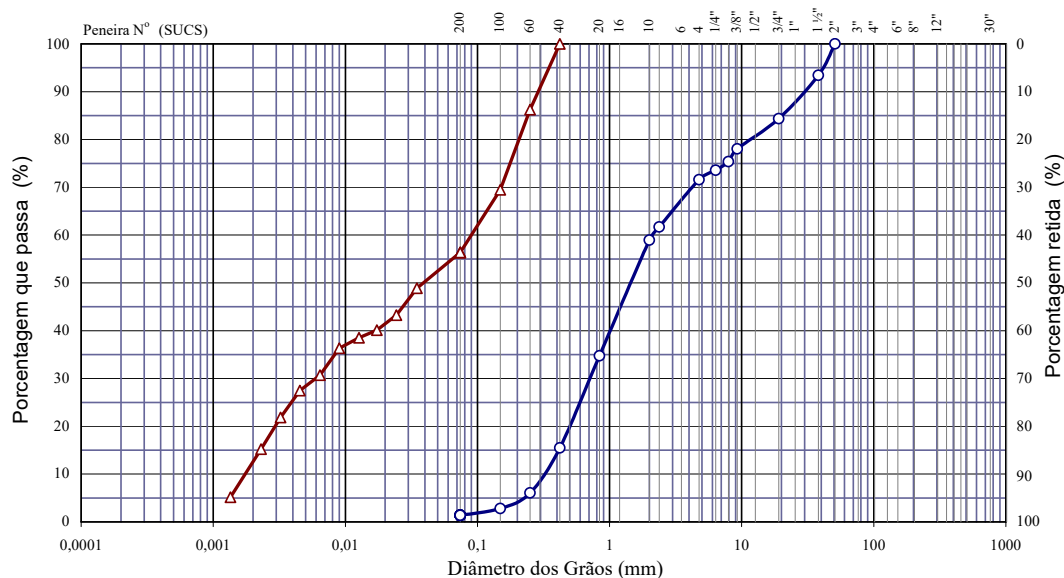


Figura 4. Composição gravimétrica do RCD

A quantificação dos principais óxidos que compõem o material miúdo do RCD e da Argila é fundamental para conhecer as propriedades da fração fina (menor que 75 μm). A fração fina poderia influir nas propriedades da curva de retenção dos materiais. A Tabela 3 mostra a composição química para as amostras estudadas. O RCD apresenta em sua composição química óxidos de sílice, alumínio, cálcio e ferro; os quais são constituintes fundamentais do cimento Portland, o que confirma a predominância do material concreto na fração fina do resíduo. Os óxidos de sílice (sílica) são predominantes com 46.5%, de similar importância apresentasse os óxidos de alumínio (alumina), óxidos de cálcio e ferro presentes em quantidades menores a 5%. Para a Argila é possível inferir a predominância do Al_2O_3 na faixa de 52.93% e dos óxidos de silício na faixa de 42.1%, e com uma quantidade menor de 4.4% o Fe_2O_3 . Estes óxidos podem estar associados a presença predominante de caulinita, a mesma que é responsável pelo desenvolvimento de plasticidade, contração e expansão das amostras de Argila.

Tabela 3. Resultados das análises de fluorescência de raios-X

Óxidos (%)	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	K_2O	Ti_2O
RCD	46.50	40.40	4.60	4.40	2.55	0,81
Argila	42,10	52,93	0,07	3,70	0,30	0,67

A Figura 5 mostra as curvas de compactação de cada material, obtidas com a energia do Proctor Normal. A Tabela 4 mostra os parâmetros ótimos de compactação determinados a partir dos resultados obtidos em laboratório.

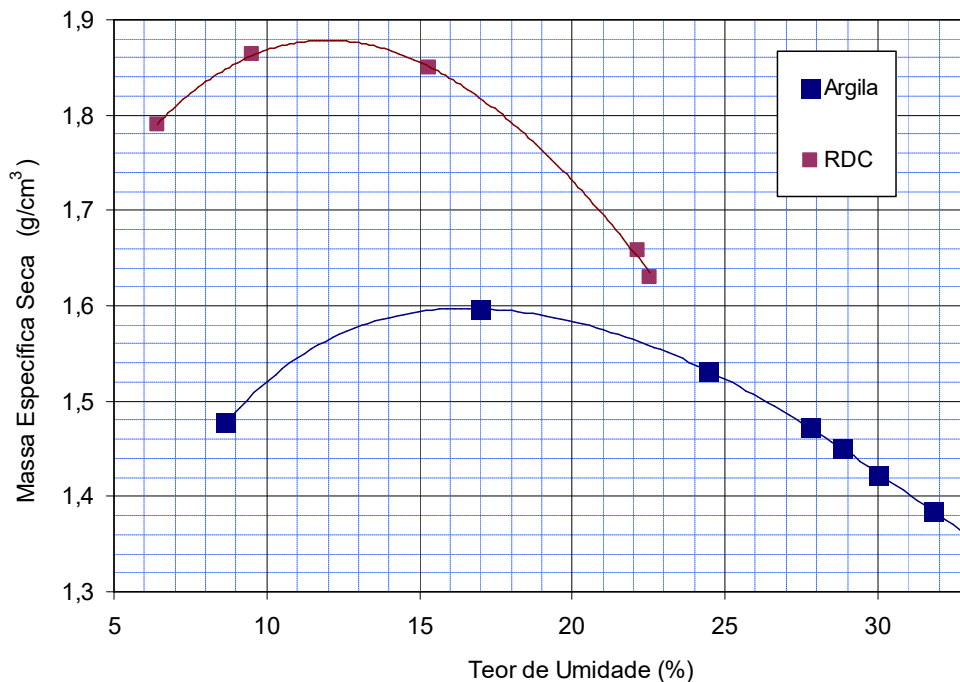


Figura 5. Curvas de compactação Proctor Normal

Tabela 4. Parâmetros ótimos de compactação em laboratório

Material	Umidade Ótima (%)	Massa Específica Seca Máxima (g/cm ³)
Argila	16,5	1,60
RDC	12,0	1,88

3.2 Propriedades hidráulicas não saturadas

Os ensaios de papel de filtro além de determinar a curva de retenção permitem observar algumas características dos processos de secagem e o umedecimento, tais como a uniformidade da variação volumétrica, a formação de trincas e o fechamento das mesmas, entre outros rasgos físicos dos materiais. Na Figura 6 observa-se as características físicas visuais das amostras (Argila e RDC) após secagem na estufa. A amostra de RDC não sofreu alteração alguma em relação a sua variação volumétrica. A argila apresentou uma variação volumétrica pela contração da ordem de 18-20% e a presença de trincas com profundidades máximas de 5mm e aberturas da ordem de 1mm. No processo de umedecimento as trincas fecharam e não foi possível observá-las ao olho humano. O problema das trincas se agrava se as trincas são muito profundas e ultrapassam a camada argilosa, e também se elas não fecham no processo de umedecimento. As características de contração e formação de trincas estão vinculadas a possível presença do argilomineral caulinita.



Figura 6. Amostras dos materiais após a secagem

Na Figura 7 se mostram as curvas de retenção de umidade obtidas para os materiais Argila e RDC, respectivamente. O material Argila apresenta, nitidamente, uma configuração de um material com dupla estrutura de poros. O material RDC aparentemente apresenta uma configuração de vazios unimodal. Claramente, a capacidade de retenção de água do material Argila é muito maior que a do RCD. Do ponto de vista de sua aplicação como barreira capilar, a Argila vai trabalhar como um armazém de água nas épocas de precipitações devido ao impedimento de fluxo imposto pelo RCD. Nas estações de seca a água retida pela argila será liberada por evaporação, dessa forma a barreira capilar funcionaria também como uma cobertura evapotranspirativa (Abichou et al. 2004). A curva de retenção do RCD apresenta um valor de entrada de ar muito baixo (da ordem de 1kPa) e uma suave inclinação, apresentando uma sucção de 2000kPa para uma umidade volumétrica de 6%. A curva de retenção da Argila apresenta um valor de entrada de ar da ordem de 20kPa, apresentando para a sucção de 2000kPa uma umidade volumétrica de 30%, muito maior que o RCD.

Na Tabela 5 apresentam-se os resultados dos ensaios de condutividade hidráulica saturada (k_{sat}) de ambos os materiais. Os valores de k_{sat} para Argila indeformada mostraram ser 100 vezes maior que a Argila compactada, tal diferença, potencialmente, decorre de diferenças existentes entre condições de compactação de campo e laboratório, sendo, esta última, mais rigorosa.

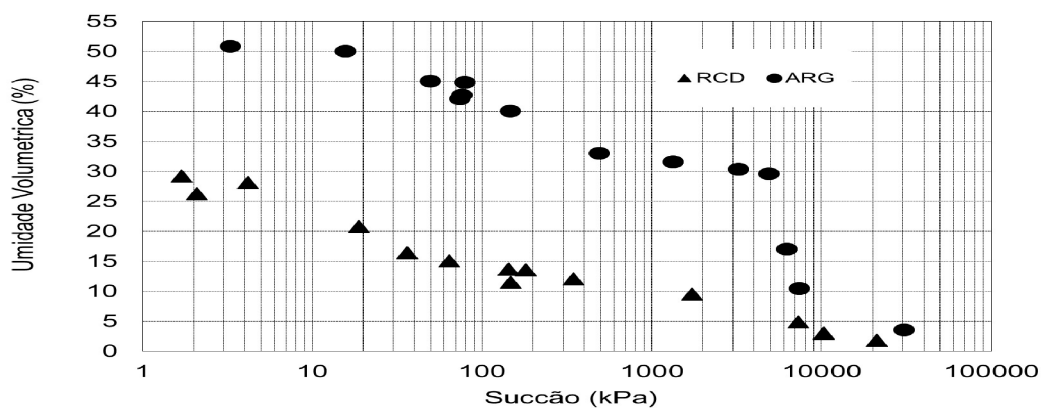


Figura 7. Curvas de retenção de umidade

Tabela 5. Resultados dos ensaios de permeabilidade de laboratório.

Material	Amostra	k_{sat} (cm/s)	Equipamento
Argila	Compactada	8,70E-08	Parede Rígida
		2,60E-07	
		1,10E-07	
Argila	Indeformada	5,90E-06	Parede flexível (Triaxial)
		1,60E-05	
		1,20E-05	
RCD	Compactada	3,90E-06	Parede Rígida
		7,50E-06	

Na Figura 8 apresenta-se as curvas de função de permeabilidade da Argila compactada ($k_{sat}=1,5E-07$ cm/s), a Argila indeformada ($k_{sat}=1,1E-05$ cm/s), e do RCD ($k_{sat}=3,64E-06$ cm/s). A faixa potencial de formação da barreira capilar é maior para a Argila indeformada – RCD que para Argila compactada – RCD. Em este caso, um aumento da condutividade hidráulica da camada argilosa favorece a diferença entre as condutividades hidráulicas da Argila-RCD. Se bem a compactação tem um ganho na redução de vazios, e condutividade hidráulica saturada, não favorece a diferença de condutividades hidráulicas com a camada grossa.

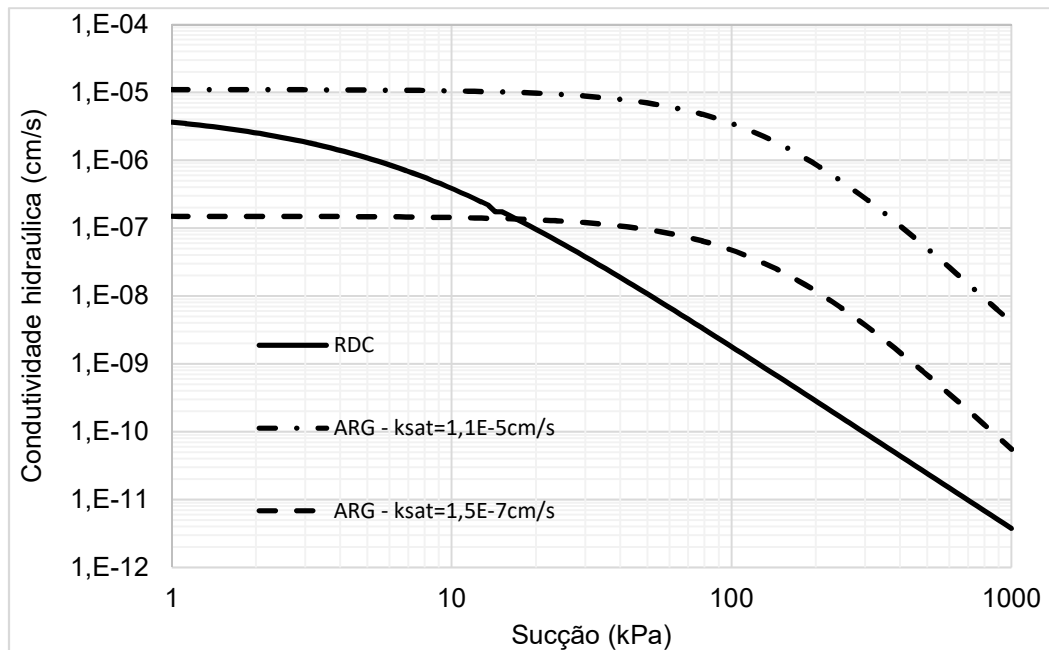


Figura 8. Curvas de função de permeabilidade

4. CONCLUSÕES

O RCD foi caracterizado por uma composição heterogênea de resíduos onde predomina o resíduo de concreto (graúdo e miúdo). Mesmo assim, mostrou ter boas condições hidráulicas quando for compactado com a energia do Proctor Normal ou superior.

A Argila além de funcionar como camada fina para uma barreira capilar poderia atuar como cobertura evapotranspirativa devido as boas condições de armazenamento de água que apresenta.

As trincas apresentadas nos processos de secagem foram superficiais e de pouca abertura, fecharam no processo de umedecimento, pelo que seria difícil sua influência no comportamento hidráulico da camada fina.

As diferenças das curvas de função de permeabilidade do RCD e da Argila mostraram o potencial funcionamento como barreira capilar. A Argila indeformada apresentou um melhor comportamento como camada fina da barreira capilar que a Argila compactada devido à maior diferença de permeabilidades com a camada grossa (RCD). Neste caso, materiais com melhores condições de compactação podem não apresentar as melhores condições hidráulicas para a cobertura de tipo barreira capilar.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.116**: agregados de resíduos sólidos da construção civil: utilização em pavimentação e preparo de

concreto sem função estrutural – requisitos. Rio de Janeiro, 2004

ABRECON - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO. **Relatório de pesquisa Setorial 2014/2015**. UFPR – Universidade Federal do Paraná, 2015, 30p.

ABICHOU, Tarek; LIU, Xiaoli; TAWFIQ, Kamal. Design of cost effective lysimeters for alternative landfill cover demonstrations projects. **Florida Center for Solid and Hazardous Waste Management, Report**, p. 04-0232007, 2004.

ALBRIGHT, William H.; BENSON, Craig H. Alternative cover assessment program 2002 annual report. **Desert Research Institute Publication**, n. 41182, 2002.

AUBERTIN, M. et al. Analyses of water diversion along inclined covers with capillary barrier effects. **Canadian Geotechnical Journal**, v. 46, n. 10, p. 1146-1164, 2009.

BARROS, M. C. **Avaliação de um resíduo da construção civil beneficiado como material alternativo para um sistema de cobertura**. Dissertação de mestrado, COPPE - UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

BARBOSA, M. C.; AFFONSO, F. J. A. ; BARROS, M. C. Agregados reciclados de RCDs em coberturas e sistemas de drenagem de aterros. In: Seminário de Valoração de Resíduos em Obras Geotécnicas -VROG2009, 2009, Aveiro. **Seminário de Valoração de Resíduos em Obras Geotécnicas**. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2009.

BIZARRETA, J. C. O. **Avaliação do potencial de uso de resíduo da indústria de papel em sistemas de barreiras capilares**. Dissertação de mestrado, DEC/PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2009.

BIZARRETA, J. C. O.; DE CAMPOS, T. M. P. Caracterização do lodo de uma estação de tratamento de chorume visando seu emprego em coberturas finais de ARSU. In: REGEO 2011, 2011, Belo Horizonte. **Anais do REGEO 2011**, 2011.

BRADY, Nyle C.; WEIL, Ray R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Bookman Editora, 2009.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Conama n. 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, DF, 5 jul. 2002.

CHANDLER, R. J.; CRILLY, M. S.; SMITH, M. G. A low-cost method of assessing clay desiccation for low-rise buildings. In: **Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Civil Engineering**. Thomas Telford-ICE Virtual Library, 1992. p. 82-89.

FREDLUND, D. G.; XING, Anqing; HUANG, Shangyan. Predicting the permeability function for unsaturated soils using the soil-water characteristic curve. **Canadian Geotechnical Journal**, v. 31, n. 4, p. 533-546, 1994.

JOHN, Vanderley M.; ÂNGULO, Sérgio Cirelli. Metodologia para desenvolvimento de reciclagem de resíduos. **Coletânea Habitare**, v. 4, p. 8-71, 2003.

KÄMPF, Markus; MONTENEGRO, Hector. On the performance of capillary barriers as landfill cover. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 1, n. 4, p. 925-930, 1997.

KÄMPF, M.; HOLFELDER, T.; MONTENEGRO, H. Identification and parameterization of flow processes in artificial capillary barriers. **Water resources research**, v. 39, n. 10, 2003.

KHIRE, Milind V.; BENSON, Craig H.; BOSSCHER, Peter J. Capillary barriers: Design variables and water balance. **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering**, v. 126, n. 8, p. 695-708, 2000.

KRISDANI, Henry; RAHARDJO, Harianto; LEONG, Eng-Choon. Behaviour of capillary barrier system constructed using residual soil. In: **Waste Containment and Remediation**. 2005. p. 1-15.

MIRANDA, Leonardo Fagundes Rosembach; ANGULO, Sérgio Cirelli; CARELI, Elcio D. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. **Ambiente Construído, Porto Alegre**, v. 9, n. 1, p. 57-71, 2009.

OLDENBURG, Curtis M.; PRUESS, Karsten. On numerical modeling of capillary barriers. **Water Resources Research**, v. 29, n. 4, p. 1045-1056, 1993.

PARENT S.; CABRAL A. Design of inclined covers with capillary barrier effect. **Geotechnical and Geological Engineering**, 24: 689- 710, 2006.

PINTO, T. de P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 203 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

ROSS, Benjamin. The diversion capacity of capillary barriers. **Water Resources Research**, v. 26, n. 10, p. 2625-2629, 1990.

SANTOS, E. C. G. **Aplicação de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) em estruturas de solo reforçado**, Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos- USP, São Paulo, 2007.

SILVA JUNIOR, M. A. B. **Aproveitamento do resíduo da construção e demolição**

beneficiado, como material para cobertura de aterros na Região Metropolitana do Recife. Relatório de Iniciação Científica Pibic/UPE, 2008/2009, Recife/P, 2009.

STORMONT, J.C.; ANDERSON C.E. Capillary Barrier Effect of Fine-over-coarse Soils, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, Vol. 125, No. 8, pp. 641 – 648, 1999.

VILLAR, L.; DE CAMPOS. Obtenção da curva característica de sucção pelo uso combinado de técnicas diversas. *Anais do 4° Simpósio Brasileiro de Solos Não Saturados*, Porto Alegre, pp. 337-353, 2001.

ABSTRACT: A capillary barrier system consists of a layer of fine soil over layer of coarse soil with different unsaturated hydraulic properties. One of the applications of this system is to protect from municipal solid waste landfill, mine tailings, nuclear waste, and others. This article evaluates the geotechnical characteristics of a clay and a CDW (construction and demolition waste) for use as a capillary barrier. Undisturbed and disturbed samples (RCD and Clay) were collected from a pre-existing final cover and taken to the laboratory for their respective characterization. The results showed an important capillary barrier potential of these materials together, important intervals of the hydraulic conductivity curves show the RCD with a lower hydraulic conductivity than the Clay. The clay showed a reasonable water storage capacity allowing it to function as evapotranspiration cover.

KEYWORDS: construction and demolition waste; capillary barrier; sanitary landfill.

CAPÍTULO III

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO ARENITO FURNAS NO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA (PR) PARA USO EM ARGAMASSAS

**Melissa Zanferrari Godoy
Fabio Luiz Chemin
Patrícia Kruger
Luiz Carlos Godoy**

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO ARENITO FURNAS NO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA (PR) PARA USO EM ARGAMASSAS

Melissa Zanferrari Godoy

Universidade Estadual de Ponta Grossa, Curso de Engenharia Civil
Ponta Grossa – Paraná

Fabio Luiz Chemin

Universidade Estadual de Ponta Grossa, Curso de Engenharia Civil
Ponta Grossa - Paraná

Patrícia Kruger

Universidade Estadual de Ponta Grossa, Departamento de Engenharia Civil
Ponta Grossa - Paraná

Luiz Carlos Godoy

Universidade Estadual de Ponta Grossa, Departamento de Geociências
Ponta Grossa - Paraná

RESUMO: O crescimento do mercado da construção civil no município de Ponta Grossa, estado do Paraná, representa uma preocupação ambiental no que diz respeito aos recursos naturais como a areia. Sua extração é efetuada exclusivamente em depósitos aluviais do Rio Tibagi, os quais já apresentam muitos e irreparáveis danos ambientais, portanto, é iminente a necessidade de se recorrer a outras fontes deste material. A Formação Furnas, intervalo essencialmente quartzoso do Devoniano Inferior da Bacia do Paraná, aflora numa área aproximada de 480 km² no município e, conforme resultados de sua caracterização geológica/sedimentológica, ela é adequada à classificação de agregado miúdo, porém tem-se a necessidade da confirmação de seu uso nas várias áreas da Engenharia Civil com sua caracterização tecnológica. Os ensaios foram realizados também com areia do Rio Tibagi, para a comparação com o que é utilizado hoje na região. A caracterização tecnológica de argamassas consistiu em ensaios de consistência, retração e resistência à compressão. Os resultados de resistência à compressão tiveram valores consideravelmente superiores para argamassas confeccionadas com areia do Furnas em todas as idades de ruptura. Constatou-se, portanto, que este material pode ser utilizado como fonte alternativa ou substituta de agregado miúdo argamassas.

PALAVRAS-CHAVE: Formação Furnas; Engenharia Civil; agregado miúdo.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento econômico e populacional do Brasil nos últimos anos tornou necessário o aumento da infraestrutura e a ampliação do setor habitacional. Assim, a demanda de recursos naturais e, conseqüentemente, a extração mineral também se expandiu.

Especificamente no município de Ponta Grossa a exploração de areia é feita

basicamente nos depósitos aluviais do Rio Tibagi, muitas vezes em áreas de preservação permanente ou proteção ambiental. A produção média mensal de 62.000 m³ abastece 33 municípios da região e vem modificando o sistema natural das margens e do fundo do rio e, por consequência, vem promovendo a diminuição do número de peixes e outros animais (PRO/AMBIENTES, 2007).

Além disso, de acordo com Guimarães et al. (2009, p. 54), esta atividade influencia a dinâmica fluvial por acelerar processos erosivos e por modificar a localização de áreas de deposição, pondo em risco até mesmo a atividade mineral a médio e longo prazo. Desta forma, faz-se necessário o estudo e a implementação de uma fonte alternativa de agregado miúdo.

A Formação Furnas teve sua origem entre o final do período Siluriano e início do Devoniano, há cerca de 400 milhões de anos (BERGAMASCHI, 1999). Pertence ao Grupo Paraná e, segundo Bigarella et al. (1966, p.2), aflora na porção oriental e marginal do Segundo Planalto paranaense.

No município de Ponta Grossa, a formação ocorre numa faixa de direção N40W com aproximadamente 12 km de largura e 40 km de comprimento, ocupando uma área de cerca de 480 km². Segundo Lobato e Borghi (2004, p.2) esta formação tem espessura média de 200 metros e máxima de 343 m.

É constituída predominantemente de arenitos quartzosos médios a grossos, de coloração clara, cimento caulínico, com grãos angulosos a subangulosos, regularmente selecionados com estratificação cruzada planar, tangencial na base ou acanalada (ASSINE 1996).

Os arenitos já vêm sendo utilizados como agregado miúdo na confecção de argamassas e concretos em outras regiões do país. Segundo Migliato et al. (2012, p. 129), o uso do maciço arenítico da região de São Carlos (SP) na construção civil justifica-se e é apontado como um resultante do aumento de resistência do concreto como um todo.

A areia utilizada na construção civil é definida pela NBR 9935 como agregado miúdo gerado por processos naturais ou artificiais tendo granulometria entre 4,75 mm e 150 µm. Conforme Bauer (2008, p. 63) a areia é um material particulado, incoesivo, com atividade química praticamente nula, sem forma ou volume definido, porém com relativa uniformidade entre as partículas.

A Formação Furnas apresenta elevados teores de quartzo, com valores entre 86% e 96% de SiO₂; teores reduzidos de feldspato-K; predomínio de areia média a grossa; grãos subarredondados a subangulosos na maioria das amostras (CHEMIN et al., 2014; GODOY et al., 2014).

De acordo com Neville e Brooks (2013, p. 65) quanto maior o tamanho da partícula do agregado menor será sua superfície específica, sendo fundamental a determinação da dimensão máxima característica (DMC). Assim, um material com maior DMC demandará mais água na mistura.

O módulo de finura (MF) do agregado miúdo interfere na quantidade de água necessária para a confecção de argamassas e, conseqüentemente, na quantidade de cimento, pois está relacionado à área superficial do agregado. Assim, quanto menor o módulo de finura do agregado, maiores serão as quantias

de água e de cimento para um mesmo fator água-cimento (BAUER, 2008).

O teor de material pulverulento deve estar limitado a pequenas quantidades, pois estes formam uma película superficial nos agregados, prejudicando a aderência entre o agregado e a pasta de cimento. Além disso, devido à sua finura, provocam um aumento na demanda de água da mistura (NEVILLE e BROOKS, 2013).

Assim sendo, a NBR 7211:2009 estipula um valor máximo de material fino (menor que 75 μm) em relação à massa do agregado miúdo de 3% e 5% respectivamente para concreto submetido a desgaste superficial e protegido do desgaste superficial.

A massa específica é definida pela NBR NM 52:2009 como a relação entre a massa de agregado seco e seu volume excluindo os poros permeáveis. Já a massa unitária leva em consideração os poros permeáveis do agregado e, de acordo com Neville e Brooks (2013, p. 52), esta massa é relativa ao nível de compactação do agregado, a qual, por sua vez, depende da granulometria e forma dos grãos.

Conforme Neville e Brooks (2013, p. 56), o inchamento é o aumento de volume da areia causado pelo afastamento das partículas devido ao filme de água em torno dos grãos, alterando sua massa unitária. Esta propriedade é relevante na produção das argamassas sendo que a dosagem dos materiais (traço), geralmente feita em volume, deve ser corrigida.

A argamassa pode ser conceituada como um material complexo, constituído essencialmente de agregados miúdos e de uma pasta com propriedades aglomerantes, composta por minerais e água (materiais ativos), podendo ser composto, ainda, por produtos especiais, denominados aditivos (SABBATINI 1986 apud SILVA 2006, p. 9).

Segundo Sabbatini (1986, p. 3) consistência é a propriedade pela qual a argamassa, no estado fresco, tende a resistir à deformação. Conforme sua consistência, diversos autores classificam as argamassas em secas, plásticas e fluidas. A consistência é determinada pela quantia de água e é influenciada pela relação água-cimento, relação aglomerante/areia, granulometria da areia, natureza e qualidade do aglomerante.

A retração das argamassas deve-se a um mecanismo associado à variação de volume da pasta de aglomerante e apresenta grande importância no desempenho das argamassas depois de aplicadas (CARASEK, 2010). Em argamassas de base cimentícia, destaca-se que a principal causa da retração é a perda de água por secagem pela exposição ao ambiente e/ou sucção da mesma por um substrato poroso (BASTOS et al., 2001).

Quanto à resistência mecânica, o Manual de Revestimentos de Argamassa (2002, p. 18) conceitua essa propriedade como a capacidade que as argamassas apresentam de suportar esforços de tração, compressão ou cisalhamento, provindos de cargas estáticas ou dinâmicas atuantes nas edificações ou decorrentes de agentes ambientais.

Sabbatini (1986, p. 7) afirma que mesmo não sendo muito aceito por alguns autores como parâmetro de qualificação total de uma argamassa, os ensaios de

compressão com os cilindros de argamassa estabelecem um controle estatístico relevante para se identificar a qualidade do corpo de prova.

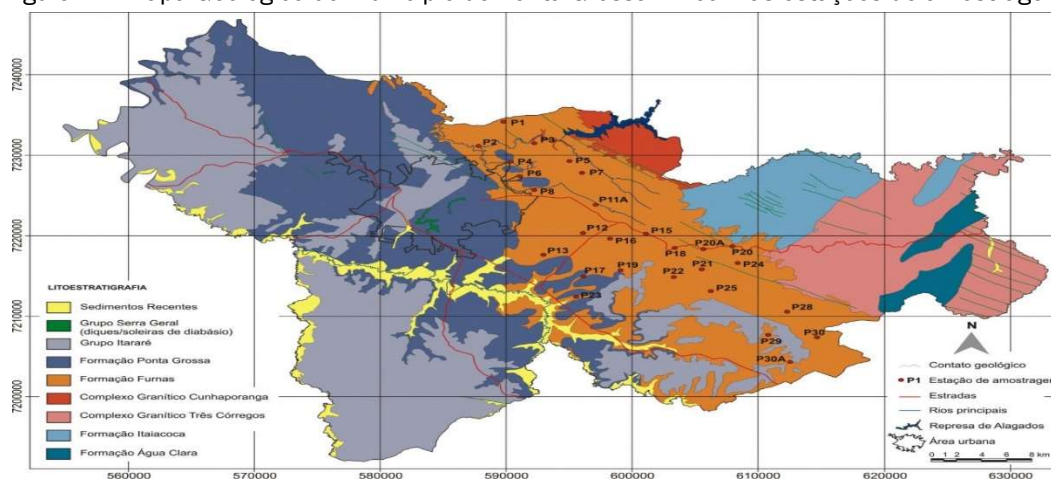
2. MATERIAIS E MÉTODOS

A caracterização tecnológica do Arenito Furnas visando sua utilização como agregado miúdo na construção civil constitui o foco principal desta pesquisa. Para se atingir os objetivos propostos foram adotados procedimentos, cujos métodos e técnicas são descritos a seguir.

2.1. Amostragem

A partir do mapa geológico do município de Ponta Grossa (GODOY et al., 2015) foram definidas 30 estações de amostragem, a princípio distribuídas regularmente em malha de 3,5 km por 3,5 km. Porém, pela dificuldade de acesso e pela ausência de afloramentos, algumas estações foram remanejadas e três foram desconsideradas, resultando numa malha irregular com 27 estações de amostragem (Figura 1).

Figura 1 – Mapa Geológico do município de Ponta Grossa-PR com as estações de amostragem



Fonte: GODOY et al., 2015, adaptado de Mineropar 2006a, 2006b, 2007.

Foram coletadas em afloramentos naturais e em cortes de estradas cerca de 40 a 50 kg de amostras por estação de amostragem.

2.2. Caracterização tecnológica das areias

2.2.1. Processamento das amostras

Para os ensaios tecnológicos, as amostras previamente desagregadas foram

submetidas à dispersão e lavagem em betoneira de 150 L contendo bolas de borracha/silicone com 7 cm de diâmetro preenchidas com pasta de cimento, para auxiliar na desagregação de grumos de areia e evitar a quebra de grãos.

O processo foi efetuado em três ciclos de 10 minutos com a adição de 18 L de água em cada ciclo para remoção do excesso de material fino, indesejável ao uso como agregado miúdo na construção civil. O material processado a partir da lavagem foi seco à temperatura ambiente e quarteado para ensaios posteriores.

2.2.2. Análises granulométricas - engenharia civil

A determinação da composição granulométrica de agregados é descrita pela ABNT NBR NM 248:2003, sendo realizada pelas peneiras tanto da série normal quanto da intermediária.

O material passante na peneira de malha 0,074 mm corresponde ao material pulverulento e sua determinação foi realizada tanto nas amostras individuais, quanto com as amostras agrupadas de acordo com seus DMC e MF.

Este ensaio foi realizado conforme o “Procedimento A” da ABNT NBR NM 46:2003 sendo o teor de finos calculado conforme a Equação 1, a seguir:

$$m = \frac{m_i - m_f}{m_i} \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:

m = porcentagem de material passante na peneira de 0,074mm;

m_i = massa original da amostra seca (g);

m_f = massa da amostra seca após lavagem (g).

2.2.3. Massa específica

A massa específica dos agregados miúdos é determinada por meio do frasco Chapman, conforme determina a ABNT NBR 9776:1987. O volume total ocupado pelos grãos de uma amostra é medido por sua submersão em água a partir de sua massa previamente medida em estado seco (BAUER, 2008). Seu cálculo é realizado de acordo com a Equação 2:

$$\gamma = \frac{500}{L - 200} \quad (2)$$

Onde:

γ = massa específica do agregado miúdo (g/cm^3);

L = leitura do frasco (volume ocupado pelo conjunto água-agregado miúdo).

2.2.4. Massa unitária

O ensaio para a determinação da massa unitária foi realizado conforme o “Método C” dos procedimentos de ensaio da ABNT NBR NM 45:2006, ou seja, com

o uso do agregado solto, sendo calculada conforme a Equação 3:

$$\rho = \frac{m}{V_{ap}} \quad (3)$$

Onde:

ρ = massa específica aparente (g/cm³);

m = massa do agregado (g);

V_{ap} = volume aparente do agregado (cm³).

2.2.5. Absorção

O ensaio de absorção de água do agregado miúdo é definido pela ABNT NBR NM 30:2001 e consiste basicamente na secagem da amostra em estufa à 105 °C, imersão da mesma em água e posterior secagem até que os grãos de agregado não fiquem aderidos entre si de forma marcante. O cálculo da absorção de água é realizado mediante a Equação 4:

$$A = \frac{m_s - m}{m} \cdot 100 \quad (4)$$

Onde:

A = absorção de água (%);

m_s = massa ao ar da amostra na condição saturado e de superfície seca (g);

m = massa da amostra seca em estufa (g).

Porém, como na realização do ensaio houve bastante perda de material, para a creditação dos resultados realizou-se o procedimento contrário da norma: ao se atingir a condição SSS, levou-se 100 g do material à estufa por 24 horas, então a perda de água após secagem representou a absorção; procedimento este semelhante aos descritos na BS 812-2:1995 e na BS EN 1097-3:1998.

2.2.6. Inchamento

É definido a partir de sucessivas determinações da massa unitária do agregado com variação dos teores de umidade (ABNT NBR 6467:1987) e calculado, para cada teor de umidade, através da Equação 5:

$$\frac{V_h}{V_s} = \frac{M_{us}}{M_{uh}} \cdot \frac{(100 + h)}{100} \quad (5)$$

Onde:

$\frac{V_h}{V_s}$ = Coeficiente de inchamento para cada teor de umidade;

M_{us} = massa unitária do material seco ao ar (g);

M_{uh} = massa unitária do material úmido (g);

h = teor de umidade (%).

2.3. Caracterização tecnológica da argamassa

Para a realização dos ensaios de caracterização tecnológica foram produzidas argamassas do tipo simples, contendo cimento, areia e água, sendo preparadas com auxílio de misturador mecânico. Realizaram-se ensaios tanto com areias provenientes da Formação Furnas quanto do Rio Tibagi.

2.3.1. Dosagem

Com base em dados experimentais realizados com areias do Rio Tibagi, estabeleceu-se um traço-piloto de 1:3:0,55 para a produção das argamassas a serem ensaiadas na presente. Através da lei de Lyse, foi fixada a relação água-materiais secos (H) do traço-piloto e estabelecidos traços mais rico (1:2:0,41) e mais pobre (1:4:0,69), conforme Tabela 1, para se definir o comportamento das argamassas em cada caso e compará-las.

Tabela 1 – Traços das argamassas

Areia	Traço		
	Rico	Piloto	Pobre
Grupo 1			
Grupo 2			
Grupo 3	1 : 2 : 0,41	1 : 3 : 0,55	1 : 4 : 0,69
Tibagi			

Fonte: Os autores.

2.3.2. Consistência

Foi determinada a partir do processo da Mesa para o Índice de Consistência, descrito na ABNT NBR 7215:1996 a qual estabelece a consistência em função do espalhamento da argamassa após a aplicação de um determinado número de golpes (30 golpes em 30 segundos).

A fim de se comparar a consistência das argamassas confeccionadas com os diferentes agregados foram estipulados quatro teores de água-materiais secos (11%, 12%, 13% e 14%) para mesmas quantidades de cimento e areia (600g de cimento e 1800g de areia). O ensaio foi realizado conforme descreve a ABNT NBR 7215:1996.

2.3.3. Retração

Foram moldados 12 corpos de prova (CP) prismáticos de 25 x 25 x 285 mm (três CP para cada tipo de areia). Passadas 72 horas, estes foram desmoldados,

sendo efetuadas as medições iniciais de comprimento e massa do CP, de acordo com a ABNT NBR 15261:2005. Então, foram realizadas medições nas idades de 0, 1, 7, 14, 21 e 28 dias por meio de aparelho comparador de comprimento.

As argamassas para ensaios de retração foram estabelecidas a partir da fixação da consistência em 230 mm (± 10 mm), alterando apenas o fator água/cimento do traço piloto, cujas composições são indicadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Traços e consistências das argamassas para o ensaio de retração

Areia	Traço	Consistência (mm)
Grupo 1	1 : 3 : 0,64	237
Grupo 2	1 : 3 : 0,62	226
Grupo 3	1 : 3 : 0,52	227
Tibagi	1 : 3 : 0,56	230

Fonte: Os autores.

As variações dimensionais e de massa são determinadas conforme as Equações 6 e 7, respectivamente:

$$\varepsilon_i = \frac{L_i - L_0}{0,25} \quad (6)$$

Onde:

L_i = leitura de comprimento final (mm);

L_0 = leitura de comprimento inicial (mm);

i = idade da leitura.

$$\Delta m_i = \frac{m_i - m_0}{m_0} \cdot 100 \quad (7)$$

Onde:

Δm = variação de massa (%);

m_i = massa final (g);

m_0 = massa inicial (g).

2.3.4. Resistência à compressão

Conforme a ABNT NBR 7215:1996 foram moldados 72 corpos de prova (CP) cilíndricos, de 5 cm de diâmetro por 10 cm de altura, e desmoldados após 24 horas, sendo levados a câmara de cura por imersão.

Estes corpos foram capeados com uma mistura de enxofre a quente, a fim de corrigir imperfeições superficiais. Então, foram rompidos em prensa hidráulica nas idades de 3, 7 e 28 dias, tendo, para cada traço e cada idade, uma quantidade de 2 CP.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os ensaios tecnológicos realizados objetivaram verificar a viabilidade do uso

do Arenito Furnas como fonte de areia na confecção de argamassa.

3.1. Características tecnológicas das areias da Formação Furnas

3.1.1. Análises granulométricas – engenharia civil

Os ensaios tecnológicos realizados na presente pesquisa tiveram por finalidade verificar a viabilidade do uso do Arenito Furnas como fonte de areia na confecção de argamassas. O teor de material fino em cada amostra foi fixado em 3%, conforme a NBR 7211:2009, para que se tivesse um parâmetro de classificação mais rígido, tendo em vista que a comercialização da areia não é especificada ao uso final do produto. Este fator foi decisivo na aceitação da amostra para ensaios posteriores (Tabela 3). Tendo em conta os resultados obtidos nos ensaios granulométricos, as amostras foram separadas em três grupos, de acordo com suas dimensões máximas características (DMC) e seus respectivos módulos de finura (MF), mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Diâmetro máximo característico, módulos de finura e porcentagem de finos

Grupo	Amostras	DMC	MF	% Finos
Grupo 1	P4	1,2	1,75	1,78
	P5		1,89	2,53
	P6		1,87	2,82
	P8		1,64	2,41
	P11		2,00	1,3
	P12		1,87	2,31
	P13		1,93	1,19
	P15		1,80	2,11
	P16		2,08	1,27
	P17		1,91	2,07
	P20		2,17	1,3
	P20-A		1,66	2,88
	P22		2,16	1,73
	P23		2,04	1,12
	P25		1,57	1,85
P29	1,74	1,9		
Grupo 2	P7	2,4	2,06	1,49
	P18		2,15	1,25
	P24		2,02	1,95
	P30-A		2,18	2,049
Grupo 3	P3	2,4	2,26	0,71
	P19		2,20	1,38
	P21		2,36	1,25
Descartados	P1 ¹²³	0,6	1,11	5,14
	P2 ³	1,2	1,85	3,55
	P28 ³	1,2	1,56	4,86

	P30 ²³	2,4	1,42	4,07
¹ DMC baixo; ² MF fora do limite; ³ % de finos fora do limite				
Fonte: Os autores				

O grupo 1 possui DMC de 1,2 mm e MF entre 1,57 e 2,17 (zona utilizável inferior - MF de 1,50 a 2,20). O grupo 2, com MF entre 2,02 e 2,18, também se enquadra na zona utilizável inferior, distinguindo-se do grupo 1 por possuir DMC de 2,4 mm. Já o grupo 3 é formado pelas amostras que possuem DMC de 2,4 mm e MF entre 2,20 e 2,36, enquadrando-se na zona ótima (MF de 2,20 a 2,90). As amostras cujos resultados não se enquadraram em algum dos limites aceitáveis foram descartadas, como mostrado na Tabela 3.

Para as análises granulométricas por grupo, as amostras previamente dispersas, lavadas e secas foram quarteadas até a obtenção de porções representativas com cerca de 5 kg cada. Estas porções foram então misturadas e homogeneizadas em betoneira com capacidade de 150 L durante 10 minutos (grupo 1) e manualmente (grupos 2 e 3), sendo então quarteadas, sucessivamente, até a obtenção de três porções individuais de 1.000 g para cada grupo.

Os dados das análises granulométricas de cada grupo, bem como o teor de materiais pulverulentos (F) de areia do rio Tibagi, estão na Tabela 4. O gráfico relativo a esses dados é mostrado na Figura 2.

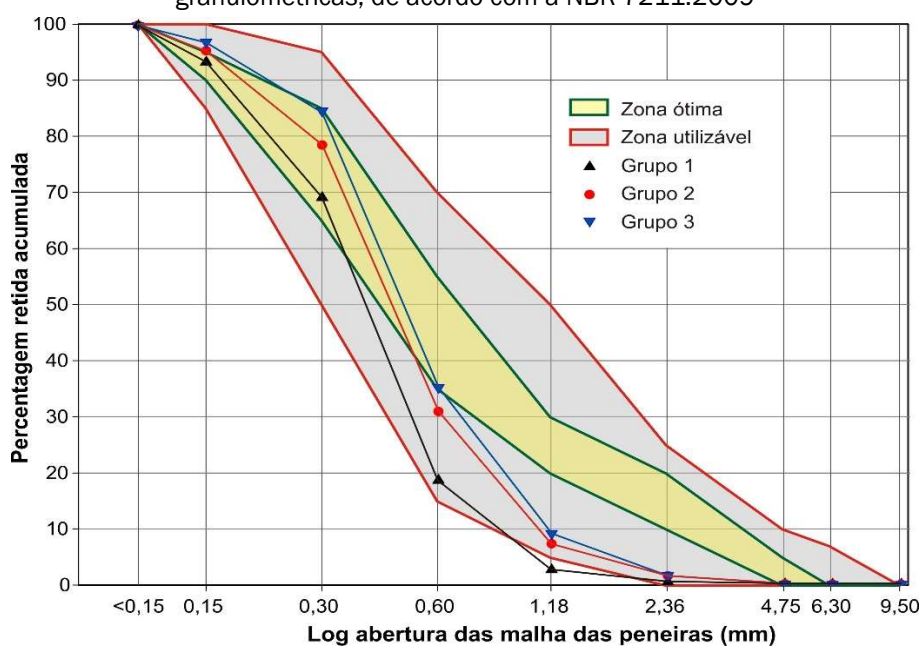
Tabela 4 - Composição granulométrica percentual (engenharia civil) das amostras agrupadas

Malha(mm)		6,30	4,80	2,40	1,20	0,60	0,30	0,15	<0,074	DMC	MF	F*
Grupo 1	R*	0,00	0,01	0,39	2,13	16,0	50,5	24,2	2,97	1,20	1,84	2,97
	RA*	0,00	0,01	0,40	2,52	6	6	3	100,00			
Grupo 2	R	0,00	0,06	1,42	5,76	23,6	47,6	16,8	1,97	2,4	2,14	1,97
	RA	0,00	0,06	1,48	7,24	5	4	9	100,00			
Grupo 3	R	0,00	0,03	1,58	7,48	26,1	49,4	12,3	1,63	2,40	2,28	1,63
	RA	0,00	0,03	1,62	9,10	0	7	3	100,00			
Tibagi											2,86	

* R = percentagem retida; RA = percentagem retida acumulada; F = teor de material pulverulento.

Fonte: os autores.

Figura 2 – Classificação dos grupos de areia da Formação Furnas quanto às suas curvas granulométricas, de acordo com a NBR 7211:2009



Fonte: Os autores.

3.1.2. Massa específica e massa unitária

Tanto para massa específica quanto para massa unitária, os resultados finais foram obtidos a partir das médias de três determinações por grupo de amostras. Conforme indica a Tabela 5, os valores obtidos para os grupos de areia do Furnas foram muito próximos aos encontrados para a areia do Tibagi.

Tabela 5 – Massas específicas dos agregados

Areia	Massa específica (g/cm ³)	Massa unitária (g/cm ³)
Grupo 1	2,62	1,48
Grupo 2	2,61	1,44
Grupo 3	2,63	1,48
Tibagi	2,59	1,52

Fonte: Os autores

Os maiores valores de massas específicas, cujas determinações são efetuadas com agregado seco, em relação às respectivas massas unitárias, devem-se ao fato de que a massa específica de um agregado corresponde à densidade relativa média das espécies minerais que compõem o agregado. Como a massa unitária não exclui de seu cálculo o volume de vazios (poros permeáveis e capilares), haverá menor quantidade de agregado por unidade de volume, resultando numa massa unitária menor que a massa específica.

Portanto, as massas específicas dos grupos analisados, com valores entre 2,61 g/cm³ e 2,63 g/cm³, indicam que as areias da Formação Furnas são constituídas principalmente por grãos quartzo, cuja densidade relativa é de 2,65,

além de pequenas quantidades de outros minerais como feldspatos K e caulinita (caulim), com densidades relativas de 2,57 e 2,60, respectivamente. Já as areias do rio Tibagi, com massa específica de 2,59 g/cm³, também são constituídas principalmente por grão de quartzo, porém, com teores mais elevados de outros minerais como feldspatos K e caulinita, esta na forma de torrões de argila.

3.1.3. Absorção

De acordo com os resultados dos ensaios de absorção (Tabela 6), os agregados do grupo 1 absorvem mais água que o restante dos agregados. Tal fato permite deduzir que argamassas produzidas com esta areia necessitariam de mais água de amassamento para se atingir um mesmo índice de consistência que argamassas produzidas com areias dos demais grupos e do rio Tibagi.

Já areia do grupo 3 foi a que registrou a menor absorção, provavelmente por possuir menor quantidade de finos em relação aos outros agregados ensaiados.

Tabela 6 – Absorção da areia de acordo com o procedimento descrito nas normas britânicas

Areia	Absorção (%)
Grupo 1	1,663
Grupo 2	1,660
Grupo 3	0,875
Tibagi	1,116

Fonte: Os autores

3.1.4. Inchamento

Os índices de consistência para os três diferentes grupos foram obtidos pela média de três ensaios a fim de se obter resultados confiáveis, conforme a Tabela 7. Os valores de umidade crítica foram determinados através de gráficos.

Tabela 7 – Inchamento da areia

Areia	Inchamento da areia (%)	Umidade crítica (%)
Grupo 1	35,80	4,20
Grupo 2	38,10	5,00
Grupo 3	35,50	4,00
Tibagi	35,70	3,30

Fonte: Os autores.

3.2. Características tecnológicas da argamassa

3.2.1. Consistência

Os índices de consistência para as diferentes relações água-materiais secos (H) dos três grupos amostrados e de areias do rio Tibagi foram obtidos pela média de três ensaios, a fim de se obter resultados confiáveis, conforme a Tabela 8 e Figura 3.

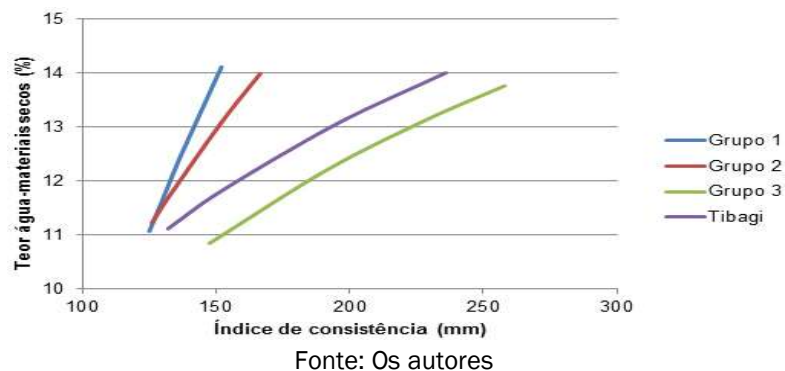
Tabela 4 – Índices de consistência das argamassas

Areia	Teor água-materiais secos (%)	Índice de consistência (mm)
Grupo 1	11	125
	12	135
	13	137,5
	14	152
Grupo 2	11	126
	12	132
	13	152
	14	166,5
Grupo 3	11	147,5
	12	192
	13	230
	14	258
Tibagi	11	132
	12	152
	13	195
	14	236

Fonte: Os autores.

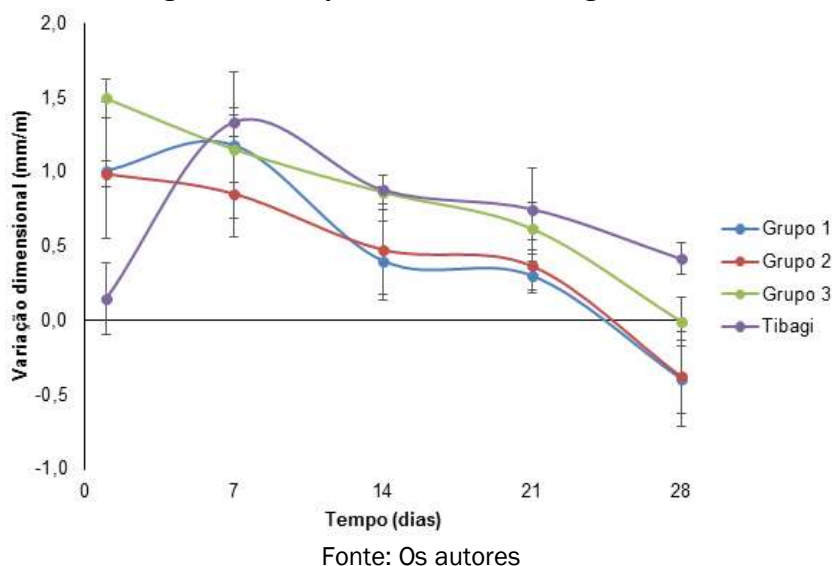
Ao se fixar os resultados da areia do Tibagi como referenciais, observa-se que a variabilidade da consistência em relação ao teor de água/materiais secos foi significativamente menor para os grupos 1 e 2. Já o grupo 3 apresentou maior variação, ou seja, os grupos 1 e 2 se apresentam menos sensíveis às variações de teor de água/materiais secos e o grupo 3 levemente mais sensível. Tal fato indica a distinção dos materiais e a influência da granulometria na consistência. A partir dos valores apresentados na Tabela 8 observa-se uma diminuição expressiva do índice de consistência, inversamente proporcional ao DMC e ao MF da mistura. Quanto maior a quantidade de finos, maior é a quantidade de água na mistura para se atingir uma mesma consistência.

Figura 3 – Consistências das argamassas com areias dos três e do rio Tibagi



Os resultados para a análise da retração nas argamassas produzidas, a partir dos valores médios dos ensaios realizados, estão representados nas Figuras 4 e 5.

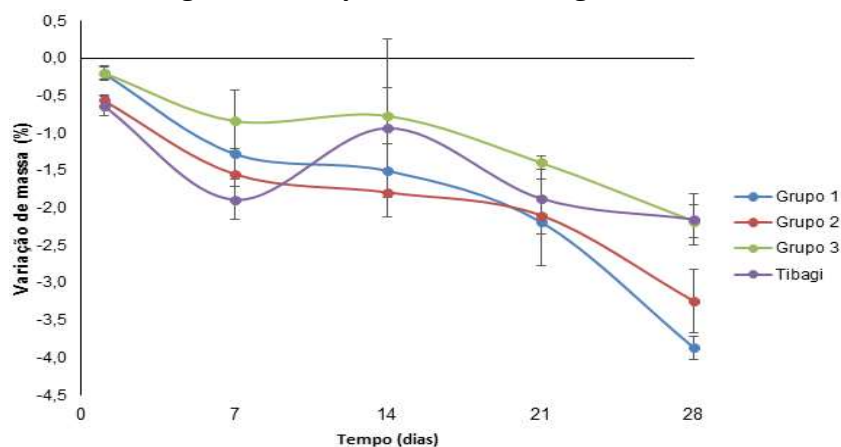
Figura 4 – Variação dimensional das argamassas



As argamassas confeccionadas com areias dos três grupos do arenito Furnas apresentaram variações dimensionais e de massa semelhantes, com curva decrescente devido à perda de água.

Em relação às argamassas confeccionadas com areia do Tibagi, verificou-se uma inconsistência na primeira leitura da variação dimensional (1 dia) não condizente com as leituras das demais argamassas na mesma data, como mostrado na Figura 4. No entanto, seu comportamento nas demais idades mostrou-se coerente de forma que, considerando o desvio padrão, sua curva ficou situada entre as das argamassas confeccionadas com areia da Formação Furnas, conforme a Figura 4.

Figura 5 – Variação de massa das argamassas



Fonte: Os autores.

Neville e Brooks (2013, p. 239) afirmam que quanto maior a relação água/cimento, maior a retração. Portanto, para um determinado teor de agregado, a retração é função da relação água/cimento. Esse fato não foi comprovado com as areias do grupo 3, visto que com os teores fixos de agregado, esse grupo, que compõe a argamassa com menor relação água/cimento, resultou na maior variação dimensional em relação às demais argamassas.

Outro aspecto não totalmente comprovado é o afirmado por Bastos et al. (2005, p. 259) onde, por mais que o aumento do teor de finos melhore a capacidade de retenção de água na mistura, há uma redução do diâmetro médio dos capilares da argamassa gerando maior tensão na saída de água durante a secagem. A argamassa com a areia do grupo 1, que possui maior teor de material pulverulento, não apresentou variação dimensional superior às outras. Porém a areia do Tibagi, cujo teor de finos é superior ao das areias dos grupos 1 e 2, apresentou maior variação dimensional às mesmas.

A variação volumétrica, que indica a perda de água por evaporação dos corpos de prova, se revelou com proporcionalidade bastante parecida para as argamassas com areias do Furnas, o que não ocorreu com a areia do Tibagi.

Os resultados de resistência à compressão das argamassas confeccionadas com agregado miúdo do Arenito Furnas foram satisfatórios, pois todos os corpos de prova apresentaram valores superiores aos encontrados para os mesmos traços de argamassas produzidas com areia do Rio Tibagi, conforme Tabela 9. A Figura 6 apresenta a resistência à compressão das argamassas em seu traço piloto.

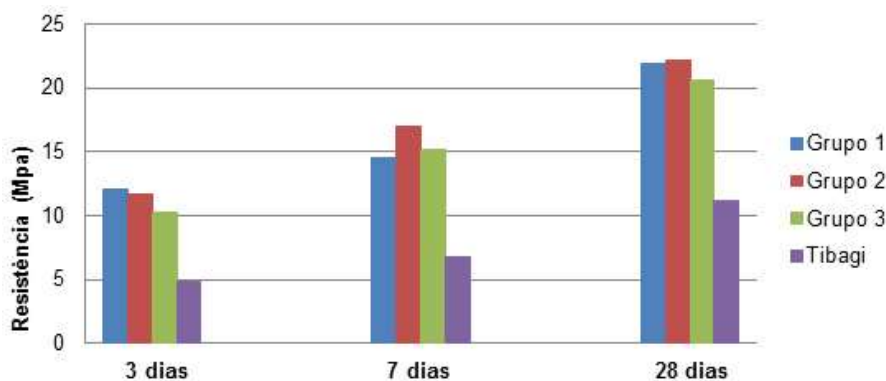
Tais valores confirmam a relação que diz que a quantia de água na mistura é inversamente proporcional à resistência mecânica da argamassa. Além disso, os traços cuja quantia de cimento era em maior proporção (traço rico) também resultaram num aumento significativo da resistência, pois, conforme enunciado por Martinelli, citado por Dubaj (2000, p. 13), o maior consumo de cimento é responsável pelo crescimento da resistência à compressão das argamassas.

Tabela 5 - Resistência à compressão das argamassas

Areia	Traço	Resistência (MPa)		
		3 Dias	7 Dias	28 Dias
Grupo 1	1:2:0,41	22,945	28,46	31,125
	1:3:0,55	12,04	14,57	21,93
	1:4:0,69	6,85	9,225	12,74
Grupo 2	1:2:0,41	22,94	29,51	39,345
	1:3:0,55	11,69	16,94	22,175
	1:4:0,69	6,06	9,78	12,605
Grupo 3	1:2:0,41	24,84	32,95	33,73
	1:3:0,55	10,25	15,17	20,565
	1:4:0,69	6,59	9,125	12,34
Tibagi	1:2:0,41	10,735	14,955	17,94
	1:3:0,55	4,78	6,745	11,15
	1:4:0,69	3,57	5,905	10,35

Fonte: Os autores

Figura 6 – Resistência à compressão das argamassas: traço piloto



Fonte: Os autores

Portanto, considerando que as argamassas foram produzidas apenas com cimento como aglomerante, pode-se dizer que os resultados superiores de resistência mecânica obtidos nas argamassas produzidas com areia do Furnas podem indicar melhor empacotamento das partículas, possibilidade de maior fator água/cimento para se atingir uma trabalhabilidade desejável sem comprometer sua resistência, bem como possibilidade de menor consumo de cimento para a resistência desejada, o que representaria maior economia.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nos ensaios tecnológicos de areia e argamassas com areia da Formação Furnas foram satisfatórios e se mostraram condizentes com a literatura, atendendo aos objetivos propostos na presente pesquisa.

Parâmetros como distribuição granulométrica, forma dos grãos, diâmetro máximo característico e módulo de finura dos arenitos da Formação Furnas se

enquadraram nos limites estipulados em norma. Estes dados serviram, ainda, como base para a interpretação de outros resultados e, portanto, suas determinações foram imprescindíveis.

Os ensaios realizados em argamassas mostraram que as resistências dos corpos de prova confeccionados com areias da Formação Furnas foram significativamente superiores às obtidas com areia do Rio Tibagi. Desta forma, uma quantidade menor de cimento na mistura forneceria a mesma resistência, resultando em economia de recursos financeiros. Porém, é importante que sejam efetuados estudos complementares detalhados quanto às aplicações de argamassas confeccionadas com areias do Furnas, incluindo o estudo de argamassas, simples ou compostas, que utilizem a cal como aglomerante, focando-se nas diversas finalidades deste composto.

Outro fator favorável à utilização do arenito Furnas na construção civil está relacionado à sua exploração. Nesse sentido, a atuação de processos intempéricos na porção mais superior e exposta da Formação Furnas, ao promover a decomposição do feldspato K presente nesse arenito, torna-o mais friável até uma profundidade aproximada de 10 à 15 metros, o que maximizaria os processos de lavra possibilitando maior produtividade em menor área.

Atualmente, a extração de areia no município de Ponta Grossa é realizada essencialmente nas várzeas do rio Tibagi, a qual é interrompida em períodos de enchentes e inundações. Assim, considerando que a Formação Furnas aflora em cotas bem mais elevadas que as das planícies de inundação do rio Tibagi, tal fato possibilitaria um processo contínuo de extração de areia, independente de variações climáticas sazonais.

Do ponto de vista ambiental, a utilização da areia proveniente da Formação Furnas seria mais apropriada que a do Rio Tibagi, tendo em conta que implicaria na minimização de inúmeros impactos ambientais gerados por esta atividade como supressão de vegetação nativa, instalação de processos erosivos, alterações hidrodinâmicas, dentre outros e, em consequência, propiciaria a preservação de importantes ecossistemas representados pelos campos nativos, campos úmidos e sistema ripário, ocorrentes nas várzeas do rio Tibagi.

Finalmente, a utilização de areia da Formação Furnas como fonte alternativa (ou substituta) de agregado miúdo na Engenharia Civil, em argamassas, é plenamente viável, tanto dos pontos de vista técnico, quanto econômico e ambiental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo fomento à pesquisa (Processo 477302/2013-0).

REFERÊNCIAS

ASSINE, M. L. **Aspectos da estratigrafia das seqüências pré-carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil**. 1996. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996. 207 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9935 Agregados – Terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

_____. **NBR NM 30. Agregado miúdo – Determinação da absorção de água**. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

_____. **NBR NM 45. Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

_____. **NBR NM 46. Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. **NBR NM 52. Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR NM 248. Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. **NBR 6467 Agregados – Determinação do inchamento de agregado miúdo**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

_____. **NBR 7211 Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR 7215 Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

_____. **NBR 9776 Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

_____. **NBR 9935 Agregados - Terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

_____. **NBR 15261 Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da variação dimensional (retração linear)**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

BASTOS, P. K. X., DETRICHE, C.H., BALAYSSAC, J. P., CINCOTTO, M. A. **Método de ensaio para medida da retração de argamassas de revestimento no estado fresco**.

In.: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 4. Brasília - DF, 2001.
Anais, Brasília - DF: SBTA, 2001: p. 131-143.

BASTOS, P. K. X., NAKAMURA, E. H., CINCOTTO, M. A. **Comparação da retração de argamassas industrializadas e mistas de revestimento nos estados fresco e endurecido.** In.: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 6. Brasília - DF, 2005. Anais, Florianópolis: SBTA, 2005: p. 251-261.

BAUER, E. **Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades.** Brasília: LEM-UnB/Sinduscon-DF, 2005.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção.** Volume 1. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 488 p.

BERGAMASCHI, S. **Análise estratigráfica do Siluro-Devoniano (Formações Furnas e Ponta Grossa) da Sub-Bacia de Apucarana, Bacia do Paraná, Brasil.** 1999. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999, 167 p.

BIGARELLA, J.J., SALAMUNI, R., MARQUES FILHO, L.P. **Texturas e estruturas da Formação Furnas e sua significação paleogeográfica.** Bol. Univ. Fed. Paraná, Curitiba, n. 18, p. 1-114, 1966.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **BS 812: Part 2 - Methods for determination of density.** London, BSI, 1995.

_____. **BS EN 1097: Part 3 - Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Determination of loose bulk density and voids.** London: BSI, 1998.

CARASEK, H. **Argamassas** Cap. 28. ISAIA, G. C. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON, p. 885-904, 2010.

CHEMIN, F. L.; GODOY, M. Z.; GOUVEIA, L. T.; KRUGER, P.; GODOY, L. C. **Caracterização do arenito furnas no município de Ponta Grossa-PR visando sua utilização como fonte alternativa de areia para construção civil.** In: 47º Congresso Brasileiro de Geologia, 2014, Salvador - BA. Anais do 47º Congresso Brasileiro de Geologia, 2014.

DUBAJ, E. **Estudo comparativo entre traços de argamassa de revestimento utilizadas em Porto Alegre.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000, 102 p.

GODOY, M. Z.; CHEMIN, F. L.; GOUVEIA, L. T.; KRUGER, P.; GODOY, L. C. **Caracterização sedimentológica do arenito furnas no município de Ponta Grossa**

(PR) visando sua utilização como fonte alternativa de areia para engenharia civil. In: XXIII ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2014, Londrina. Anais... Londrina: UEL, 2014.

GODOY, M. Z.; CHEMIN, F. L.; KRUGER, P.; GODOY, L. C. **Caracterização tecnológica do Arenito Furnas no município de Ponta Grossa (PR) para uso em argamassas.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 15, 2015, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: ABGE, 2015.

GRIGOLI, A. S. **Arenito Caiuá utilizado como agregado miúdo para concreto estrutural.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIMENTO, 5., 1999, São Paulo. Anais... São Paulo: ABCP, 1999.

GUIMARÃES, G. B.; MELO, M. S.; MOCHIUTTI, N. F. **Desafios da geoconservação nos Campos Gerais do Paraná.** Geol. USP, Publ. espec., São Paulo, v. 5, p. 47-61, 2009.

LOBATO, G.; BORGHI, L. **Análise estratigráfica da formação furnas (devoniano Inferior) em afloramentos da borda leste da bacia do Paraná.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P E D EM PETRÓLEO E GÁS, 3, 2004, Salvador. Anais... Salvador: IBP, 2004.

MANUAL DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA – Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2002. 104 p. Disponível em: <www.comunidade-da-construcao.com.br>. Acesso em: 13/01/2015.

MIGLIATO, C. L.; FONTANINI, P.S.P.; PIMENTEL, L. L. **Caracterização do maciço arenítico da região de São Carlos e utilização como agregado de concreto na construção civil.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14, 2012, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: ANTAC, 2012.

MINEROPAR – Minerais do Paraná S.A. **Folha Ponta Grossa - Escala 1:250.000.** 2. ed. Software de Geoprocessamento: ArcView 3. 2006a.

_____. **Folha Telêmaco Borba - Escala 1:250.000.** 2. ed. Software de Geoprocessamento: ArcView 3. 2006b.

_____. **Mapeamento Geológico da Folha de Ponta Grossa (1:100,000).**

Disponível em: <

http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/mapeamento/Relatorio_Folha_Ponta_Grossa_2007.pdf>. Acesso em: 12/03/2015.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto:** 2. ed. Tradução por CREMONINI, R. A. Porto Alegre: Bookman, 2013. 448 p.

PRO/AMBIENTES. **EIA-RIMA: Rio Tibagi na região de Ponta Grossa.** Curitiba, 2007, 109 p.

SABBATINI, F. H. **Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria resistente. Boletim Técnico n.02/86.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1986. 28 p.

SILVA, N. G. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006, 164p.

ABSTRACT: The emergent construction market at Ponta Grossa, in Paraná, represents an environmental concern especially about natural resources as sand. Its extraction is made exclusively in alluvial deposits in Rio Tibagi, which presents many and irreparable environmental damages, thus, it is imminent the necessity of recurrence to other sources. The Furnas Formation, essentially quartzose range of the Lower Devonian of the Paraná Basin, arises in an approximate area of 480 km² in the city and, as its geological/sedimentological classification demonstrate, it is considered adequate as fine aggregate, having just to confirm its use on many specialties of Civil Engineering with its technological characterization. Experiments were also made with sand from Rio Tibagi to compare to what is used in the region. The technological mortar characterization involved tests of consistency, retraction and compression resistance. The results of compression resistance had considerable superior values for those mortars produced with Furnas sand in all ages. Therefore, it was found that this material can be used as alternative or substitute source of fine aggregate in mortars.

KEYWORDS: Furnas Formation; Civil Engineering; fine aggregate.

CAPÍTULO IV

AVALIAÇÃO DA PERMEABILIDADE INTRÍNSECA EM SOLOS REPRESENTATIVOS DA PAISAGEM BRASILEIRA

**Luiza Silva Betim
Eduardo Antonio Gomes Marques
Klinger Senra Rezende
Brahmani Sidhartha Tibúrcio Paes
Vitor Luiz Reis de Almeida
Luana Caetano Rocha de Andrade**

AVALIAÇÃO DA PERMEABILIDADE INTRÍNSECA EM SOLOS REPRESENTATIVOS DA PAISAGEM BRASILEIRA

Luiza Silva Betim

Universidade Federal de Viçosa
Viçosa – MG

Eduardo Antonio Gomes Marques

Universidade Federal de Viçosa
Viçosa – MG

Klinger Senra Rezende

Universidade Federal de Viçosa
Viçosa – MG

Brahmani Sidhartha Tibúrcio Paes

Universidade Federal de Viçosa
Viçosa – MG

Vitor Luiz Reis de Almeida

Universidade Federal de Viçosa
Viçosa – MG

Luana Caetano Rocha de Andrade

Universidade Federal do Triângulo Mineiro
Uberaba – MG

RESUMO: A permeabilidade intrínseca (k) é um parâmetro representativo das características do meio poroso, de especial importância nas áreas de hidrogeologia e engenharia. O presente trabalho tem como objetivo apresentar a avaliação da permeabilidade intrínseca em alguns solos tropicais representativos do Brasil, tendo como área de estudo uma bacia localizada no município de Viçosa, Minas Gerais. Por meio do mapa pedológico, foram selecionados quatro pontos de coleta, dois em cada uma das classes de solo predominantes no país: Latossolo e Argissolo. A determinação de k envolveu a coleta de amostras indeformadas de solo, seguida da determinação dos índices físicos e realização de ensaios de condutividade hidráulica (K) à carga variável. Para cada classe de solo, foram coletadas e analisadas seis amostras. A determinação dos índices físicos permitiu a classificação geotécnica das amostras em solos residuais maduros, com predominância da textura argilo-arenosa. Os valores de k , calculados a partir dos resultados de K , variaram de $3,58 \cdot 10^{-8}$ a $4,86 \cdot 10^{-10}$ cm^2 . Analisando os valores em cm^2 por classes pedológicas, em termos de ordem de grandeza, situaram-se entre: 10^{-8} e 10^{-9} para os Latossolos; 10^{-9} e 10^{-10} para os Argissolos. Os resultados evidenciaram influência determinante da estrutura dos Latossolos e das grandes porcentagens da fração areia das amostras sobre os valores de k . Os resultados também foram relacionados à mineralogia das frações argilas, constituída predominantemente por óxidos de ferro e alumínio, além de caulinita. Dessa forma, os resultados demonstram como textura, estrutura e mineralogia combinam-se para influenciar na permeabilidade intrínseca dos solos.

PALAVRAS-CHAVE: Permeabilidade intrínseca, solos residuais, pedologia.

1. INTRODUÇÃO

A permeabilidade intrínseca (k) é um parâmetro representativo das características do meio poroso, especialmente do tamanho dos poros. Trata-se de uma propriedade de especial importância nas áreas de hidrogeologia e engenharia, em trabalhos nos quais os fluidos estudados são diversos ou a água sofre variações significativas de temperatura e viscosidade, sendo necessária uma medida da capacidade do material geológico transmitir um fluido que dependa estritamente das características do meio poroso.

O presente trabalho tem como objetivo a avaliação da permeabilidade intrínseca em solos tropicais representativos da pedologia do território brasileiro, tendo como área de estudo a sub-bacia do Córrego Palmital, localizada no município de Viçosa, no estado de Minas Gerais.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A sub-bacia do Córrego Palmital está localizada na zona rural do município de Viçosa, pertencente à Zona da Mata de Minas Gerais. Compreende uma área de aproximadamente 125,6 ha e está inserida na Bacia do ribeirão São Bartolomeu, localizada na Bacia do Rio Doce.

A área de estudo localiza-se no Complexo Mantiqueira e está embasada em rochas do Complexo Cristalino, do Pré-cambriano Indiviso, compreendendo gnaisses e migmatitos diversos (BRASIL, 1984). Segundo Andrade (2010), o gnaiss é o principal tipo de rocha presente na bacia, sendo encontrada em diversos estágios de alteração intempérica, com predomínio dos materiais mais intemperizados.

A região tem por característica um relevo predominantemente forte ondulado e montanhoso, com encostas de perfil convexo-côncavo embutidos em vales de fundo chato, formados por terraços e leitos maiores, onde meandram pequenos córregos (CORRÊA, 1984). A área de estudo apresenta altimetria variando entre 720 a 860 m, em média.

Na área ocorrem dois tipos de aquíferos: os granulares e os fraturados. Os aquíferos granulares na área são representados por uma variedade de sedimentos inconsolidados, compostos por coberturas coluvionares e aluvionares (Formações Quaternárias Aluviais) e pelos solos de alteração das rochas metamórficas. Estes aquíferos têm reduzida expressão em termos regionais, mas na área de estudo compõem a principal fonte de água para os habitantes, sendo extraídas quantidades significativas desse recurso através de poços.

Do ponto de vista geotécnico, ocorrem na bacia solos residuais de gnaiss, maduros e jovens, com espessura variada e de natureza predominantemente argilosa. Do ponto de vista pedológico, segundo Andrade (2010), ocorrem na sub-bacia: Latossolo Vermelho-Amarelo, dominante na paisagem; Argissolo Vermelho-Amarelo, com ocorrência nos vales da bacia; e Cambissolo Háplico, que ocorre na

forma de manchas, em pontos de relevo fortemente ondulado. As três classes de solos cobrem, respectivamente, 56%, 25% e 19% da área de estudo.

3. METODOLOGIA

Por meio do mapa pedológico da bacia, foram selecionados quatro pontos de coleta – dois pontos localizados em Latossolo e dois pontos localizados em Argissolo – como se mostra na Figura 1. Latossolos e Argissolos ocupam aproximadamente 58% da área do território brasileiro, motivo pelo qual se optou por dar enfoque à caracterização dessas classes tão representativas dos solos do país.

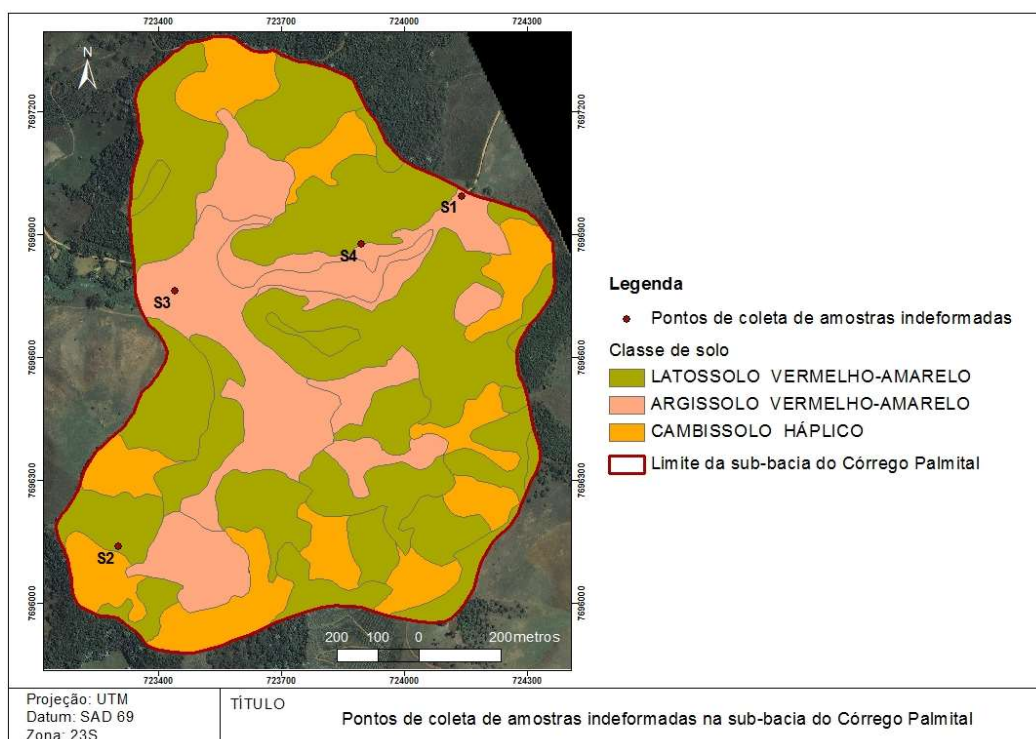


Figura 1. Mapa pedológico da bacia com a localização dos pontos de coleta de amostras indeformadas.

A avaliação da permeabilidade intrínseca (k) envolveu a coleta de amostras indeformadas de solo no horizonte B, seguida da determinação dos índices físicos e realização de ensaios de condutividade hidráulica (K) à carga variável no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa.

As amostras indeformadas foram retiradas em taludes, a aproximadamente 1,0 m de profundidade (horizonte B), utilizando um anel de PVC com 15 cm de diâmetro e 20 cm de altura. Após a cravação do anel, retirava-se cuidadosamente a amostra, utilizando uma espátula sob a base do anel (Figura 2a). Após envolvimento com parafina e plástico filme, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e guardadas no Laboratório de Engenharia Civil, onde sucederam-

se a realização das análises de permeabilidade e índices físicos. Para cada um dos pontos de coleta, foram coletadas e analisadas três amostras de solo, totalizando 6 amostras de cada classe de solo avaliada.

Para caracterização física do solo analisado, foram realizadas as determinações do teor de umidade, massa específica dos sólidos, análise granulométrica conjunta, limites de liquidez e plasticidade, segundo as respectivas normas da ABNT, e calculado o peso específico natural das amostras. Índice de vazios, porosidade e peso específico seco foram calculados a partir de relações matemáticas entre os índices físicos determinados em laboratório.

Os ensaios de condutividade hidráulica foram realizados utilizando permeômetros, baseando-se em uma adaptação da metodologia proposta pela NBR 14545 - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável (ABNT, 2000). Os permeômetros utilizados constituíam-se por um cilindro de PVC com aproximadamente 15 cm de diâmetro e 20 cm de altura, acoplado a duas tampas de nylon. Após a moldagem dos corpos de prova e montagem dos permeômetros utilizando areia, parafina e bentonita (Figura 2b), procedia-se a saturação dos corpos de prova e realização do ensaio para a determinação de K utilizando o aparato ilustrado na Figura 3. A permeabilidade intrínseca foi calculada a partir dos dados de condutividade hidráulica, através da equação $K = k \left(\frac{\gamma}{\mu} \right)$, em que: K é a condutividade hidráulica, k é a permeabilidade intrínseca do meio, γ é o peso específico do fluido e μ é a viscosidade do fluido. A metodologia detalhada e os materiais utilizados podem ser consultados em trabalho de Betim (2013).



(a)



(b)

Figura 2. Etapas prévias à determinação de K em laboratório: (a) Retirada de amostras indeformadas em campo; (b) Permeômetro sendo montado para realização de ensaio, com o corpo de prova ao centro.



Figura 3. Conjunto utilizado para a realização dos ensaios de permeabilidade de carga variável, formado pelo permeômetro e as buretas graduadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises granulométricas são apresentados na Tabela 1 e evidenciam a predominância da textura argilo-arenosa nos solos residuais maduros da área de estudo. Os resultados dos índices físicos (média) obtidos para os solos dos pontos S1, S2, S3 e S4 são apresentados na Tabela 2.

Tabela 1 - Resultados da análise granulométrica das amostras de solo avaliadas

Ponto	Classe de solo	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Pedregulho (%)	Textura
S1	Argissolo Vermelho-Amarelo	69	7	24	0	Argila arenosa
S2	Latossolo Vermelho-Amarelo	76	4	20	0	Argila arenosa
S3	Argissolo Vermelho-Amarelo	28	31	41	0	Areia silto-argilosa
S4	Latossolo Vermelho-Amarelo	72	2	26	0	Argila arenosa

Tabela 2 - Resultados dos índices físicos analisados nas amostras de solos coletadas na área de estudo

Ponto	γ_n (KN/m ³)	γ_s (KN/m ³)	γ_d (KN/m ³)	n (%)	e	w (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)
S1	16,77	24,69	12,96	47,50	0,905	29,42	70	38	32
S2	14,10	25,24	10,55	58,19	1,397	33,74	64	37	27
S3	16,04	24,09	12,23	49,25	0,971	31,22	57	29	28
S4	16,74	25,12	12,33	50,93	1,038	35,83	84	44	40

Em que: γ_n - Peso específico natural; γ_s - Peso específico dos sólidos; γ_d - Peso específico seco; n - Porosidade; e - índice de vazios; w - umidade; LL - Limite de liquidez; LP - Limite de plasticidade; IP - Índice de Plasticidade.

Na Tabela 3 são mostrados os valores de permeabilidade intrínseca (k) obtidos para os solos estudados a partir dos resultados de condutividade hidráulica.

Os valores de permeabilidade intrínseca (k) obtidos para os solos residuais estudados variaram de $3,58 \cdot 10^{-8}$ a $4,86 \cdot 10^{-10}$ cm², sendo que os valores médios situaram-se nas ordens de grandeza de 10^{-8} , 10^{-9} e 10^{-10} cm². Em termos de ordens de grandeza, considerando a análise das classes pedológicas, os resultados, em cm², variaram entre 10^{-8} (50% das amostras) e 10^{-9} (50% das amostras) para os Latossolos; entre 10^{-9} (33,3% das amostras) e 10^{-10} (66,6% das amostras) para os Argissolos; e entre 10^{-8} (66,6% das amostras) e 10^{-9} (33,3% das amostras) para os Cambissolos. Na

Tabela 4 são representadas as médias dos valores de k para cada classe de solo estudada.

Tabela 3 - Resultados obtidos para a permeabilidade intrínseca (k) dos solos estudados.

Ponto	Classificação pedológica	Classificação geotécnica	Amostra	k (cm ²)	Média (cm ²)	Coefficiente de variação (%)
S1	Argissolo Vermelho-Amarelo	Solo residual maduro, textura argilo-arenosa	1	8,24E-09	3,40E-09	124
			2	7,83E-10		
			3	1,16E-09		
S2	Latossolo Vermelho-Amarelo	Solo residual maduro, textura argilo-arenosa	1	1,10E-08	1,66E-08	103
			2	3,58E-08		
			3	3,01E-09		
S3	Argissolo Vermelho-Amarelo	Solo residual maduro, textura areno-argilosa	1	4,86E-10	7,11E-10	28
			2	8,16E-10		
			3	8,33E-10		
S4	Latossolo Vermelho-Amarelo	Solo residual maduro, textura argilo-arenosa	1	1,25E-09	4,68E-09	108
			2	2,31E-09		
			3	1,05E-08		

Tabela 4 - Valores médios de permeabilidade intrínseca (k) para as classes de solo estudadas.

Classe	k (cm ²)
Latossolo Vermelho- Amarelo	1,06E-08
Argissolo Vermelho- Amarelo	2,05E-09

Os resultados obtidos para k são coerentes com as características das classes de solos analisados. Os Latossolos, apesar de apresentarem teores de argila similares ou até superiores aos dos Argissolos, possuem uma estrutura granular - relacionada à presença marcante de óxidos em sua mineralogia, que funcionam como agentes cimentantes - que favorece sua drenabilidade.

Segundo Fetter (2001), valores de k da ordem de 10^{-8} a 10^{-10} cm², como encontrados nesse trabalho, são característicos de materiais areno-siltosos e de areias finas; as argilas, que predominam na textura de três das quatro amostras analisadas (Tabela 1), tem k normalmente da ordem de 10^{-14} - 10^{-11} cm². Pode-se afirmar assim que a estrutura granular comum aos Latossolos e as porcentagens da fração areia significativas nos solos estudados exercem influência determinante sobre os valores de k.

Os valores obtidos para k possuem ainda relação com a mineralogia das frações argilas dos solos estudados. Segundo Andrade (2010), os solos da sub-bacia apresentam apenas uma pequena quantidade de minerais primários facilmente intemperizáveis (biotita), quase ausentes nos horizontes B, sendo constituídos predominantemente por óxidos de ferro e de alumínio, bem como argilominerais do grupo 1:1 (caulinita), apresentando também uma pequena quantidade de argilominerais do grupo 2:1 (esmectita). Todos os solos presentes na bacia apresentam grande quantidade de caulinita devido às características do gnaisse, a rocha de origem, comum a todas as classes de solo. De acordo com Elbachá (1989), as espécies de argilominerais que determinam os extremos das propriedades dos solos são a caulinita e a montmorilonita. Solos com predominância de caulinita, como os do presente estudo, possuem menor capacidade de troca catiônica, menor atividade e maior condutividade hidráulica do que solos com montmorilonita. Os valores de k mostraram ainda elevada correlação com a porosidade dos solos.

Assim, textura, estrutura e mineralogia se combinam na determinação da permeabilidade do solo.

É importante salientar, entretanto, que deve haver cautela ao realizar generalizações sobre a permeabilidade intrínseca, por tratar-se de uma propriedade que apresenta grande variabilidade, mesmo para amostras espacialmente próximas, como comprova a análise dos coeficientes de variação dos valores (Tabela 3).

5. CONCLUSÕES

A caracterização física dos solos permite concluir que os solos residuais

maduros de gnaissé analisados são de textura predominantemente argilo-arenosa.

Com relação aos ensaios de permeabilidade em laboratório, pode-se concluir que os Argissolos Vermelho-Amarelos possuem permeabilidade intrínseca da ordem de 10^{-9} e 10^{-10} cm², menores que dos Latossolos Vermelho-Amarelos, os quais apresentaram valores para esse parâmetro da ordem de 10^{-8} e 10^{-9} cm². Os resultados confirmam o efeito da estrutura dos Latossolos no aumento de sua permeabilidade em relação a outros solos com elevadas frações de argila. A presença de areia em teores igual ou superiores a 20% em todas as amostras e a mineralogia representada pelos óxidos de ferro e alumínio e pela caulinita também são fatores influentes sobre os valores obtidos.

Os resultados demonstram assim que textura, estrutura e mineralogia se combinam na determinação da permeabilidade intrínseca do solo, parâmetro caracterizado por grande variabilidade espacial.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, L. C. **Estudo da influência do meio físico e das atividades antrópicas na qualidade da água na Sub-bacia do Córrego Palmital – Viçosa/MG**. 2010. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 14545: Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável**. Rio de Janeiro, 2000, 11p.

BETIM, L. S. **Caracterização da condutividade hidráulica dos solos e estudo da vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos da sub-bacia do Córrego Palmital – Viçosa/MG**. 2013. 186 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Pesquisa Mineral. **Geologia do Brasil: Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais**. Escala 1:25000000. Brasília, DF, 1984. 501p.

CORRÊA, G. F. **Modelo de evolução e mineralogia da fração argila dos solos do Planalto de Viçosa, MG**. 1984. 86 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1984.

ELBACHÁ, A. T. **Estudo da Influência de Alguns Parâmetros no Transporte de Massa em Solos Argilosos**. 1989. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1989.

FETTER, C.W. **Applied Hydrogeology**. 4. ed. New Jersey: Prentice-Hall Inc., 2001. 691 p.

ABSTRACT: Permeability (k) is an intrinsic parameter representative of the porous media characteristics of fundamental importance for hydrogeology and engineering purposes. The present paper has the aim of presenting the results of an evaluation of this parameter for some representative Brazilian soils, using a watershed area located at Viçosa, Minas Gerais State. Through the soil map, four sampling points were selected, two for each soil class: Oxisoil and Ultisoils. Permeability definition has involved undisturbed sampling, physical indexes determination, and variable head hydraulic conductivity (K) tests. For each soil class six samples were tested. Indexes tests have allowed the geotechnical classification of those soils as residual mature soils with clay sandy texture. Permeability values were calculated from hydraulic conductivity results and varied between 3.58×10^{-8} to 4.86×10^{-10} cm². As a general analysis, permeability can be classified as varying from 10^{-8} to 10^{-10} for Oxisoils and from 10^{-8} to 10^{-9} for Ultosoils. Results has comproved the high influence of soil structure from Oxisoils and the high sand percentuals of both soils on k values. Results also can be related to clay size mineralogy, mainly composed by aluminium and iron oxides, besides kaolinite. So, the results show that texture, structure and mineralogy can combine all together to influence the permeability of tropical soils.

KEYWORDS: Permeability, residual soils, pedology.

CAPÍTULO V

ENGENHARIA DE RESILIÊNCIA: UMA PRIMEIRA APROXIMAÇÃO COM A GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES SOCIONATURAIS

**Andréa Jaeger Foresti
Luiz Antônio Bressani
Cornelia Eckert
Luiz Carlos Pinto da Silva Filho**

ENGENHARIA DE RESILIÊNCIA: UMA PRIMEIRA APROXIMAÇÃO COM A GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES SOCIONATURAIS

Andréa Jaeger Foresti

Instituto Redecriar

Porto Alegre – RS

Luiz Antônio Bressani

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres

Porto Alegre – RS

Cornelia Eckert

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres

Porto Alegre – RS

Luiz Carlos Pinto da Silva Filho

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres

Porto Alegre – RS

RESUMO: Nas últimas duas décadas o número de desastres socionaturais vem crescendo mundialmente, não somente em países que já convivem há séculos com o fenômeno, mas em locais que historicamente não sofriam impactos desse nível, indicando a possibilidade de se tratar de um conjunto de causas combinadas entre ações que derivam da própria natureza e ações antrópicas. Sobre as ações que se têm maior controle é possível elaborar um planejamento para gestão de riscos de forma a se prever elementos que atribuam resiliência ao processo. A Engenharia de Resiliência é um campo relativamente novo de estudo tendo surgido na área da aviação e se constitui em um processo para desenvolver quatro habilidades que configuram um sistema como resiliente. Este artigo apresenta essas quatro habilidades, adotadas pela área da aviação, como categorias de análise que subsidiam uma primeira aproximação com situações de desastres socionaturais. Temas como percepção de risco, estudos antropológicos e tecnologia social se articulam à Engenharia de Resiliência como forma de fundamentar uma proposta de enfrentamento à questão dos desastres socionaturais. Pode-se concluir que a Engenharia de Resiliência traz conceitos capazes de incorporar conhecimento científico para fundamentar elementos metodológicos para uma gestão de riscos de desastres socionaturais mais abrangente e eficaz.

PALAVRAS-CHAVE: Resiliência, Gestão, Riscos, Desastres Socionaturais.

1. INTRODUÇÃO

Este artigo é fundamentado em parte do estudo “Um arranjo interdisciplinar para gestão de riscos de desastres socionaturais com base na Engenharia de

Resiliência”, apresentado como requisito para obtenção de título de mestre em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, tendo como principal objetivo propor subsídios para compor uma Tecnologia Social de Resiliência para as áreas urbanas afetadas por desastres socionaturais. Não só a academia, mas a sociedade e, principalmente a população afetada por desastres se vê desafiada para o enfrentamento destas questões.

Nas últimas décadas os desastres socionaturais têm se tornado um tema cada vez mais presente no cotidiano mundial e brasileiro, e seus impactos têm gerado danos e prejuízos cada vez mais intensos, indicando a possibilidade de se tratar de um conjunto de causas combinadas entre ações que derivam da própria natureza e de ações antrópicas. O Escritório da Estratégia Internacional das Nações Unidas para Redução de Desastres aponta que aproximadamente 64% da população mundial já foi afetada por desastres. O Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (CEPED/UFSC, 2013) disponibiliza informações sobre registros de desastres em todo território nacional entre 1991 e 2012, apontando aproximadamente 39 mil registros de ocorrências, sendo que 22% ocorreram na década de 1990, subindo para 56% na década de 2000 e somente entre 2010 e 2012, os registros foram de 22%. Esses números evidenciam a importância de se prever ações que se configurem como resilientes, de forma a levar para os atores envolvidos com a gestão de riscos de desastres socionaturais uma metodologia que os auxilie no planejamento de seu cotidiano de trabalho.

Temas como percepção de risco, estudos antropológicos, tecnologia social e engenharia de resiliência fundamentam a proposta de enfrentamento à questão dos desastres socionaturais. A percepção de riscos dos moradores de uma determinada área sujeita a desastres socionaturais orienta o trabalho de proteção dos seus habitantes, na medida em que o processo permite a identificação de possíveis problemas, suas causas e possíveis caminhos para superá-los. A perspectiva antropológica fornece uma visão de como as pessoas afetadas por desastres vivem e auxilia na proposição de políticas públicas mais adequadas para as necessidades locais. O termo Tecnologia Social é aqui definido, em linhas gerais, como um produto e/ou metodologia que envolve comunidades e gera transformação social. A Engenharia de Resiliência, por ser um campo relativamente novo de estudo, demandou a adaptação de conceitos utilizados em outras áreas para o tema desta pesquisa, configurando um quadro teórico que estabelece uma primeira aproximação entre a Engenharia de Resiliência e a gestão de riscos de desastres socionaturais.

Usando uma abordagem interdisciplinar em situações de desastres socionaturais, que vão desde as formas como eles ocorrem no ambiente físico até as formas em que os riscos são interpretados pelas pessoas direta e indiretamente afetadas, este artigo propõe a compreensão dos fenômenos perigosos pela população, o que dá suporte à gestão de risco. Esta abordagem permitiu a identificação de categorias de análise aplicadas ao conhecimento científico e ao conhecimento local, que é o ponto de vista de risco da comunidade que os

enfrenta. A composição dessas análises apoiou uma proposta para uma metodologia que pode ser usada para o planejamento da gestão integrada de riscos de desastres socionaturais, articulando ações em nível local, municipal, estadual e federal, que seguem diretrizes identificadas pela Engenharia de Resiliência.

2. COMO OS DESASTRES SOCIONATURAIS OCORREM NO AMBIENTE FÍSICO

Neste artigo é abordado o termo *socionatural* para os desastres, tendo em vista os debates gerados no I Seminário Internacional de Investigações sobre Vulnerabilidade dos Desastres Socionaturais, realizado em Florianópolis, Santa Catarina, entre os dias 20 e 22/11/2013. Os debates do evento elucidaram a ideia do termo *socioambiental*, consagrado até então no contexto acadêmico, expressar uma redundância, tendo em vista que ambiental já refere tanto aspectos físicos quanto aspectos sociais. Os palestrantes do seminário sustentam que o termo socionatural marca uma nova fase do conhecimento científico e deriva do fenômeno se constituir tanto de uma perspectiva natural, proveniente de processos específicos da natureza, quanto de uma perspectiva social, antrópica, em que há a influência de ações humanas.

É possível afirmar que os problemas dos desastres no Brasil derivam em grande parte da forma de desenvolvimento do país ao longo do século passado até o presente. A rapidez com que se deu a urbanização em um curto período de tempo, bem como o crescimento urbano desordenado e a falta de preparo das administrações locais no atendimento das necessidades básicas da população se configuram como principais fatores da ocupação de áreas inadequadas à habitação. Essas situações contribuem com a transformação de eventos em desastres, agravadas pelo crescimento populacional. (CEPED/UFRGS, 2014; p.9).

Os desastres no Brasil estão mais relacionados a fenômenos climáticos e são potencializados pela ação e exposição do Homem aos riscos (CEPED/UFRGS, 2014). O Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, elaborado pelo Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPED/UFSC, 2013) aponta, em ordem decrescente de registros, os desastres mais frequentes no Brasil: estiagem e seca, enxurrada e alagamentos, inundação, granizo, ciclones e vendavais, tornado, geada, incêndio florestal, movimento de massa, erosão linear, erosão fluvial e erosão marinha.

Os desastres que causam maior perda de vidas no Brasil são as enxurradas, o que evidencia a necessidade de maior atenção para a elaboração de políticas públicas para redução de riscos de desastres e a conscientização da população direta e indiretamente afetada, a partir da qualificação de sua percepção de riscos. (CEPED/UFRGS, 2014; p.14).

Segundo o Ministério das Cidades **inundação** é um fenômeno de natureza hidrometeorológica que ocorre de acordo com a tipologia e com a dinâmica de escoamento superficial. Geralmente a inundação é deflagrada por chuvas intensas

durante um período e intensificada pelas intervenções humanas, como a impermeabilização do solo, a modificação dos cursos d'água e a redução no escoamento dos canais, seja por obras ou por assoreamento. (CABRAL, 2008). Os fatores naturais que condicionam as inundações podem ser climáticos (pluviometria) e geomorfológicos (relevo, tamanho e forma da bacia hidrográfica). Os fatores antrópicos se efetivam geralmente em contextos urbanos, sendo determinados, por exemplo, pelo desmatamento, ocupação dos terrenos marginais dos cursos d'água e alterações nos cursos d'água. (CABRAL, 2008).

De acordo com o CENAD (2012 apud CEPED/UFRGS, 2014; p. 20) as **enxurradas** “consistem na elevação súbita dos rios acompanhada de um escoamento de alta velocidade e energia”. O Ministério das Cidades define enxurrada como processo de escoamento superficial concentrado, com alta energia de transporte. Frequentemente a “água transporta elevada carga de material sólido (sedimentos de diferentes granulometrias e detritos vegetais) por saltação, suspensão, rolamento e arraste.” (CABRAL, 2008; 123).

Tanto o termo **deslizamento** como escorregamento pode ser aplicado para o mesmo significado, havendo uma preferência para a palavra deslizamento definir o movimento de massa de uma encosta. (MARTINS, 2013). Guidicini e Nieble (1983 apud MARTINS, 2013) utilizam o termo deslizamento para abarcar todo “movimento coletivo de materiais terrosos e/ou rochosos, independente da diversidade dos processos, causas, velocidades, formas e demais características.” (MARTINS, 2013; 42 e 43). Os deslizamentos em encostas são causados por diversos fatores, como os geológicos e geomorfológicos tendo em vista a possibilidade de diferentes níveis de resistência apresentados pelas camadas que conformam as rochas; as falhas e fraturas que condicionam a estrutura do relevo; e também a declividade, fator básico de muitos deslizamentos.

De acordo com Guidicini e Nieble (1984, apud BRITO, 2014), as **corridas** são movimentos rápidos de grandes dimensões, altamente destrutivas, que derivam da confluência de inúmeros escorregamentos e de detritos presentes nas encostas laterais de uma drenagem. Conforme a velocidade do movimento, bem como o material que foi mobilizado, as corridas podem ser definidas como corrida de terra, corrida de lama e avalanche de detritos.

Os desastres e catástrofes ocorrem no ambiente físico, porém, são compreendidos de forma distinta pelas pessoas que são direta e indiretamente afetadas. No sentido de entender essas distintas formas de compreensão dos eventos, o artigo abarca o estudo sobre a percepção de riscos.

3. PERCEPÇÃO DE RISCOS

As ameaças de ocorrência de todo o tipo de desastres e catástrofes naturais têm estimulado a compreensão da percepção de riscos para melhorar as respostas e a prevenção a esses eventos, pois começou a ser evidente que as soluções tecnológicas seriam insuficientes sem o conhecimento dos desastres pelas

peças que são afetadas. (SANTOS et al, s/ data). Dessa forma torna-se fundamental o desenvolvimento de estratégias, tanto sob o aspecto do conhecimento físico do território, como dos processos sociais, culturais, econômicos e psicológicos que afetam as pessoas expostas a desastres. (SANTOS et al, s/ data).

De acordo com Bernardo (1997, p. 18, apud RAMOS, 2008; p. 4), a percepção de risco “é o primeiro passo num processo que vise o envolvimento das populações no processo de gestão de situações de risco”. O estudo de Ramos (2008) se refere à percepção dos riscos naturais, existentes em Tuvalu, ilha localizada no Oceânico Pacífico – Polinésia, de forma a conhecer como as alterações climáticas e o fenômeno de subida do nível do mar são assimilados pela sociedade, tendo como centro de pesquisa, a Universidade de Aveiro, em Portugal.

Ramos parte do pressuposto de que a percepção ambiental pode ser compreendida como um conhecimento das pessoas e possui diversas influências de contexto, como fatores sociais e culturais. As alterações do clima podem ser percebidas na elevação do nível do mar, gerando impactos na agricultura, ecossistema, recursos d’água, saúde humana, habitat e desenvolvimento social. “A subida do nível do mar apresenta um risco acrescido para frágeis populações costeiras e de pequenas ilhas.” (RAMOS, 2008; p.4) Estas populações, muitas vezes, são obrigadas a abandonar suas regiões de origem, criando fluxos migratórios que marcam o século XXI. (RAMOS, 2008).

O conceito de risco adotado por Ramos inclui a noção de exposição e valorização dos objetos e nesse sentido é importante considerar o contexto social em que o risco está inserido, partindo-se da ideia de que as pessoas não partilham as mesmas percepções e suas causas. (RAMOS, 2008; p.9).

Almeida afirma que a noção de risco que cada pessoa (indivíduo) ou grupo social possui, é subjetiva, passando por grau de compreensão distinta sobre perigo, medo, possibilidade de ocorrência do evento com efeitos negativos, bem como a avaliação de perdas. Essa diferença de compreensão é resultado das diferenças culturais e sociais que exercem influência sobre cada indivíduo. (ALMEIDA, 2004 apud RAMOS, 2008; p. 11).

“Destaca-se, assim, a importância do grau de envolvimento e da participação das comunidades locais no sucesso da aplicação das medidas de gestão e de mitigação, sendo esse aspecto, determinante na análise de problemas e no desenvolvimento de propostas (...)” (COELHO et al, 2004; p.3 apud RAMOS, 2008; p.11).

Ramos diferencia a percepção do risco da avaliação do risco. A percepção do risco é aplicada de forma individual, em razão dos diferentes significados que são atribuídos por diferentes pessoas. As consequências, sobre esse ponto de vista, assumem mais significado do que a probabilidade.

Trabalhos desenvolvidos pela Psicologia Cognitiva permitiram demonstrar que a avaliação de riscos por parte de leigos em nada se assemelha a dos especialistas, “pois as pessoas no seu dia-a-dia não fazem estimativas de

probabilidades” para lidar com situações de incerteza. Portanto, seu pensamento nunca será resumido a uma perspectiva unidimensional, mas sim multidimensional, determinada por uma variedade de características quantitativas e qualitativas que se evidenciam em suas análises. (SANTOS et al., s/ data).

Para Santos et al. (s/ data), a avaliação do risco surge como disciplina para superar a dificuldade de se gerir os perigos e compreender as catástrofes que vêm provocando graves danos à sociedade. Nesse sentido, visa “ajudar na identificação, caracterização e quantificação do risco” (p.6), classificando-os em risco objetivo e risco subjetivo. O risco objetivo se refere a procedimentos técnicos especializados de medição do risco, derivado de uma tecnologia, atividade ou situação. (LIMA, 2005; p.204 apud SANTOS et al., s/ data). O risco subjetivo se constitui na forma como os não-especialistas pensam sobre o mesmo, tratando-se da percepção de risco, baseada em avaliação subjetiva do grau de ameaça potencial de um determinado acontecimento ou atividade. (LIMA, 2005; p. 203 apud SANTOS et al, s/ data).

Lopes et al. (2010) definem a percepção de riscos como processo de interpretar, organizar e selecionar os estímulos e informações que se recebe do ambiente em que se está inserido. A capacidade de percepção está relacionada aos processos cognitivos e afetivos, que fundamentam os comportamentos.

“Como processo, a percepção se transforma, se desenvolve e se amplia, dependendo da qualidade das relações dos seres humanos uns com os outros e deles com o meio ambiente. Então, não está pronta e nem acabada, a percepção muda.” (LOPES et al., 2010; p. 73).

Lopes et al. (2010) também entendem que a percepção não é única, que existem diferentes percepções, pois ela depende das relações sociais estabelecidas na sociedade, da história individual, do desenvolvimento cognitivo e emocional das pessoas, dos conhecimentos disponíveis e das características culturais do contexto em que se vive.

“O risco não é um mero estímulo físico objetivo que pode ou não ser percebido independentemente das pessoas que o veem. Se a percepção é culturalmente constituída, a percepção de risco também o é. Assim o risco e a percepção de risco são resultado de construções sociais, tendo uma dimensão física, subjetiva e multidimensional.” (LOPES et al., 2010; p. 73).

Assim como Ramos (2008) e Lopes et al. (2010), Victor (2011), também classifica a avaliação dos riscos nas perspectivas objetiva e subjetiva. Da mesma forma, a perspectiva objetiva se baseia em metodologias de quantificação do risco e a perspectiva subjetiva está relacionada a fatores sociais, políticos, econômicos e culturais das pessoas expostas a riscos, fundamentando a percepção de riscos. A autora afirma que, tanto as características dos riscos, quanto as do público afetado pelos mesmos, interferem na percepção de risco.

Quanto às características do público, Victor (2011) evidencia diferentes questões como: gênero, idade, profissão, geografia, etnia, nacionalidade, educação

e posição política ideológica. A principal interferência sobre a percepção de riscos é a confiança nas autoridades e a credibilidade nas informações de riscos que são disponibilizadas. (VICTOR, 2011).

Victor (2011) assinala como motivos da população permanecer em áreas de risco: as incertezas associadas à ocorrência; a mudança do cenário de risco; a falta de alternativa de moradia, trabalho e segurança; os comparativos entre custos e benefícios; e o entendimento da situação de que “vale arriscar”. Excluir a participação da população exposta aos riscos da tomada de decisão gera a ampliação social do risco e aumenta a dificuldade de seu controle. (VICTOR, 2011). Por isso a comunicação de riscos é uma fase importante para a percepção dos riscos, já que se constitui em um processo interativo de troca de informações sobre a natureza do risco e de mensagens que expressam preocupações e planos legais de gerenciamento de riscos. (VICTOR, 2011). A comunicação de riscos visa democratizar as tomadas de decisão, reduzir o medo e a ansiedade das comunidades, e se propõe a orientar e acompanhar a imprensa na divulgação de dados. (VICTOR, 2011). A dinâmica da divulgação se efetiva com uma mensagem que parte do emissor e é interpretada pelo receptor. Essa interpretação se baseia na percepção de risco sobre a realidade / contexto em que os desastres ocorrem. (VICTOR, 2011).

O contexto em que os desastres ocorrem necessita de modelos de comunicação capazes de reduzir o grau de preocupação, medo e ansiedade do público sobre os riscos a que está exposto. (VICTOR, 2011).

O modelo midiático reduz a credibilidade do público no sistema de comunicação de riscos quando jornalistas despreparados sobre o tema *percepção de riscos* transmitem informações equivocadas ao produzirem melodramas que acabam ampliando socialmente os riscos. (VICTOR, 2011). Em sentido oposto, o modelo midiático aumenta a credibilidade da população quando jornalistas possuem conhecimento sobre percepção de riscos e transmitem informações técnicas adequadas. (VICTOR, 2011).

O modelo direto é exercido quando o emissor conhece o histórico da comunidade afetada, suas lideranças e, juntos, em parceria, definem qual o melhor meio de comunicação, como por exemplo, através de ações integradas com escola, igreja, associações. (VICTOR, 2011). Esse modelo, ao conferir protagonismo às comunidades e credibilidade às instituições envolvidas com o desastre, gera um aumento da confiança por parte das comunidades. (VICTOR, 2011). Quando se desperdiça a chance de conhecer a percepção de risco, reduz-se a confiança e amplia-se a preocupação dos possíveis atingidos. (VICTOR, 2011).

O modelo interinstitucional se efetiva a partir de mecanismos que contribuem com a compreensão do fenômeno. (VICTOR, 2011). É necessário um coordenador de campanhas para reduzir os possíveis ruídos na comunicação. (VICTOR, 2011).

4. ESTUDOS ANTROPOLÓGICOS

Os estudos antropológicos auxiliam na compreensão da cultura que se estabelece em locais em que a população está exposta a riscos de desastres sionaturais. O método etnográfico, empregado pela Antropologia, é constituído por técnicas de coleta de dados que deslocam o pesquisador de sua perspectiva cultural para emergir no contexto cultural do sujeito pesquisado, embora seja fundamental que os pesquisadores não se tornem “nativos”, a ponto de adotarem a visão de mundo dos sujeitos pesquisados. (ECKERT e ROCHA, 2008). Estudos que adotam este método seguem uma série de orientações, desde a necessidade de se obter a aprovação do projeto, fundamentado teórica e metodologicamente, e orientado por um professor / pesquisador antropólogo, até o consentimento de inserção no grupo a ser pesquisado. (ECKERT e ROCHA, 2008).

A escuta atenta para o trabalho de campo é importante quando se trata de desvendar símbolos e valores éticos de um sistema social. (ECKERT e ROCHA, 2008). A respeito do universo da pesquisa é necessária uma revisão bibliográfica sobre o tema, a ponto de se “reconstruir o saber produzido” sobre o contexto pesquisado. (ECKERT e ROCHA, 2008). As anotações devem compor diários ou notas de campo, registrando o que se vê, ouve e o que acontece em campo. Esses dados passam a ser classificados e comparados com o apoio em conceitos e metodologias da área disciplinar do pesquisador. (ECKERT e ROCHA, 2008). Outra fase que se destaca no método é o retorno das informações obtidas com o estudo, ao grupo pesquisado. (ECKERT e ROCHA, 2008).

Devos (2007), em sua tese de doutorado, estabelece uma relação entre as situações de risco e o processo de urbanização, evidenciando que as encostas, topos de morros, margens de rios e áreas de banhados, chamados de corredores ecológicos, são espaços historicamente ocupados por população empobrecida, que migra do campo para as zonas centrais da cidade. Esse processo segue uma lógica de ocupação no primeiro momento, por parte da iniciativa privada, para depois se cuidar da infraestrutura, responsabilidade essa, supostamente atribuída ao poder público. (DEVOS, 2007).

Citando antropólogos que abordam essa questão entre áreas verdes não planejadas e urbanismo, como Tereza Caldeira (1984, 2000) e Lúcio Kowarick (1980), Devos (2007) aponta que o problema não vem mais se constituindo “do ponto de vista do destino dessas classes populares, de locais a lhe serem destinados, mas da melhoria das suas condições de vida, de fato, em termos ambientais, como forma de preservar as águas e o solo de toda a região”, de forma a reduzir o risco de degradação ambiental. (p. 127).

A pesquisa de Rafael Devos (2007), desenvolvida na região do Delta do Jacuí em Porto Alegre - RS evidenciou diferentes pontos de vista sobre a noção de risco. Se por um lado os técnicos de meio ambiente relacionavam os riscos à tomada de consciência por parte dos moradores em relação à exposição ao perigo ocasionado pelas enxurradas, por outro lado os moradores expressavam o risco de exposição à pobreza e não às inundações, chegando a afirmar: “a gente gosta da

enchente aqui”. (p. 130).

Pautado em Mary Douglas, Devos desafia seu leitor a pensar também na perspectiva do risco à ordem. A noção de sujeira está relacionada ao que foge da ordem moral, à noção de limpo, adequado e aceitável. Assim, “o risco ambiental não é apenas o risco de degradação de determinada função do ambiente físico, mas também o risco político que implica em responsabilidade sob aquilo que foge às tentativas de controle.” (p.131). Nesse sentido o risco das inundações é apreciado pela comunidade porque se configura como fenômeno que se insere na ordem local e está associado às redes de solidariedade que se reafirmam a cada nova situação. (DEVOS, 2007).

Em estudo antropológico que trata de questões sobre o enfrentamento do desastre gerado por um anticiclone que atingiu a cidade de Blumenau, em Santa Catarina, no ano de 2008, Roberto Antonio Capiotti da Silva (2013) analisa a experiência de vulnerabilidade dos habitantes atingidos, bem como o processo de superação e reorganização da vida familiar e comunitária. A experiência de perdas, desde a residência até os projetos individuais e familiares evidencia a face da injustiça social expressa nas situações de desastres extremos. Por outro lado, essa mesma experiência também foi capaz de produzir distintas formas de superação do desastre, “através da luta política pelo direito de moradia” e na “tentativa de reconstituir um novo lar”, a exemplo dos “atingidos que seguiram as políticas municipais de habitação” em Blumenau. (SILVA, 2013; p.242).

A etnografia de Silva (2013) apontou para a necessidade de construção de políticas públicas, principalmente direcionadas ao atendimento de mulheres e idosos no momento em que o desastre se instaura e especialmente durante o período em que esta população vai para abrigos e se torna mais vulnerável ao abuso sexual. Também foi assinalada a necessidade de políticas públicas que estabeleçam maior diálogo com as vítimas atendidas, e maior interação entre as diferentes esferas de governo no caso de reconstrução da cidade e de moradias para a população atingida. Com esses diálogos e interações é possível que não haja sobreposição de esforços, pressupondo-se melhores resultados. (SILVA, 2013).

Quando os desastres são tratados como processos torna-se possível a articulação de instituições de prevenção e de atendimento, apontando para o enfrentamento a partir de projetos de prevenção mais permanentes e de longo prazo. O estudo sinaliza a importância dos problemas de inundação não serem atacados “somente nos momentos de sua eclosão, mas constantemente de forma a desconstruir uma tradição do agir somente após a ocorrência de calamidades”, pois essa perspectiva acaba perpetuando “um ciclo virtuoso de desastres”. (SILVA, 2013; p. 243).

5. TECNOLOGIA SOCIAL

A Tecnologia Social é apresentada a partir de conceitos adotados no marco

teórico determinado em um projeto desenvolvido por uma rede de universidades brasileiras sobre os diferentes aspectos que envolvem Tecnologia Social na área da habitação de interesse social, promovido pela Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia (FINEP). A questão socioambiental se destaca na medida em que concebe no termo sustentabilidade, a busca da equidade social, o equilíbrio ecológico e a preservação das culturas locais.

O termo *Tecnologia Social* começou a ser utilizado no contexto brasileiro a partir de 2003, com a articulação de instituições como: FINEP, Fundação Banco do Brasil, Petrobras, Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica da Presidência, SEBRAE, Ministério de Desenvolvimento Social e Combate à Fome e Ministério da Ciência e Tecnologia. Essa articulação derivou, em 2004, na publicação da coletânea “Tecnologia Social – Uma Estratégia de Desenvolvimento” e em 2005, na fundação da Rede de Tecnologia Social (RTS). (FINEP, 2013).

De acordo com Dagnino et al. (2004), a RTS se diferencia de outras iniciativas brasileiras por duas razões. Uma das características se refere ao marco-analítico conceitual que constitui a Tecnologia Social e a outra se refere à sua configuração como rede. A RTS se constituiu no sentido de buscar uma alternativa mais eficaz para a solução dos problemas sociais, contendo atributos de interdisciplinaridade para a construção do conceito de Tecnologia Social.

Para o Instituto de Tecnologia Social (ITS) Tecnologia Social, além do aspecto técnico, incorpora também, valores e objetivos socioambientais. Nesse sentido, em 2004, mais de oitenta organizações, juntas, formularam o conceito de tecnologia social como

“o conjunto de técnicas e metodologias transformadoras, desenvolvidas e/ou aplicadas na interação com a população e apropriadas por ela, que representam soluções para a inclusão social e melhoria das condições de vida”. (www.itsbrasil.org.br)

De forma mais simplificada, Tecnologia Social é o resultado da soma de mobilização social e conhecimento. (www.itsbrasil.org.br).

Não basta investir em pesquisa científica, pois muitos problemas foram gerados com o próprio progresso. O modelo de desenvolvimento econômico adotado acabou colocando em risco a própria espécie humana, através de vazamentos de usinas nucleares e a contaminação por agrotóxicos, por exemplo. Outro problema que deriva deste modelo é a desigualdade social, até que na década de 1960 surgiu um movimento denominado Ciência, Tecnologia e Sociedade, o qual “defende a participação de toda a sociedade nas decisões que dizem respeito à ciência e à tecnologia”, pois os resultados dessas decisões impactam a vida de toda a população. Esse movimento vem se fortalecendo e influenciou o desenvolvimento das tecnologias sociais brasileiras. (www.itsbrasil.org.br)

A RTS adota uma definição mais genérica, referindo “produtos, técnicas e metodologias reaplicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformação social”. (FINEP, 2013).

Existem três vertentes que determinam distintas compreensões sobre Tecnologia Social. A primeira vertente designa ao termo “social” um aspecto mais conservador, significando simplificada e, “destinado aos pobres”. Essa perspectiva atribui ao termo *Tecnologia Social*, “qualquer produto, serviço ou processo concebido para atender as supostas necessidades das populações carentes, não importando quem definiu tais necessidades e como a tecnologia em questão será implantada”. (FINEP, 2003; 3). Embora essa vertente considere a participação popular, as tomadas de decisões fundamentais não são de responsabilidade da população para qual ela se destina. Alguns exemplos dessa vertente são as iniciativas de responsabilidade social de empresas, a cadeia produtiva artesanal e ações que visam aumentar a empregabilidade, porém sem modificar a lógica do capital na produção. (FINEP, 2013)

A segunda vertente tem como lema, a “inclusão” da população nos processos de produção e concebe a pobreza como resultado da exclusão de determinada população do processo de desenvolvimento econômico, político, nos aspectos cognitivo e comportamental. Compreende “processos de desenvolvimento tecnológico nos quais os usuários estão incluídos desde o início” e “concebe a aplicação de tecnologias sociais de uma maneira bem mais complexa e completa do que a simples disponibilização de alternativas tecnológicas”. (FINEP, 2013; 4). Porém, essa vertente não interroga sobre o alcance da inclusão, nem sobre a participação da população nas estruturas do desenvolvimento tecnológico. “Seu procedimento tende mais à solução de problemas, do que à problematização de soluções”. (FINEP, 2013; 5).

A terceira vertente sobre o termo *Tecnologia Social* possui uma perspectiva crítica, incluindo questionamentos sobre o desenvolvimento tecnológico. O questionamento começa pela delimitação do que é considerado o “problema a ser solucionado”. A origem do problema se encontra em um contexto mais amplo, envolvendo aspectos sociais, culturais, econômicos, políticos, os quais na maioria das vezes não são postos em questão. Os autores exemplificam essa vertente a partir do problema com os resíduos de uma determinada indústria, que fosse solucionado através do seu reaproveitamento na construção civil, sem a devida problematização da lógica que gerou esse resíduo. Essa lógica pode levar ao sucesso de uma Tecnologia Social fundamentada no incentivo à geração de resíduos para não prejudicar a construção civil. “Por isso uma compreensão crítica das tecnologias sociais exige um exercício constante de reflexão e questionamento de todas essas implicações”. (FINEP, 2013)

O posicionamento da Rede Morar TS / FINEP (2013) abarca abordagens da primeira e da segunda vertentes, porém, ressalta a importância de manter “a consciência crítica dos limites dessas abordagens e a imaginação aberta para pensar além delas”. (FINEP, 2013; 7).

A abordagem da Tecnologia Social permitiu o entendimento de que as soluções construídas coletivamente, em rede, se aproximam da justiça social. Porém, evidencia-se também a necessidade de novos estudos que contemplem processos dinâmicos, capazes de articular disciplinas de diferentes áreas do

conhecimento, de forma a atribuir eficácia aos resultados de sistemas em curso, como o que se apresenta a seguir, com a Engenharia de Resiliência.

6. ENGENHARIA DE RESILIÊNCIA

A Engenharia de Resiliência é um campo relativamente novo de estudo. Surgiu na área da aviação e tem como principais objetivos: gerenciar processos de segurança, prevenir resultados adversos e identificar indicadores de resultado nesse processo. A conjunção desses três objetivos determinou quatro habilidades que um sistema precisa apresentar para se configurar como resiliente: o primeiro critério se refere à capacidade de reagir a eventos adversos; o segundo trata do monitoramento de processos em curso; o terceiro faz referência à capacidade de antecipar ou prever problemas no percurso; e o quarto aponta para a capacidade de se aprender de experiências do passado, tanto de sucesso quanto de falhas. Nenhum dos quatro critérios pode estar de fora para que um sistema seja considerado resiliente. Eles dependem uns dos outros e a complementariedade do conjunto é que vai determinar o sucesso da Engenharia de Resiliência (Hollnagel, 2011).

Este referencial teórico já foi adaptado para outras áreas do conhecimento, porém ainda não foi adaptado para as situações de desastres socionaturais e, nesse sentido, o estudo se propõe a estabelecer esta primeira aproximação. A primeira aproximação da Engenharia de Resiliência com a temática desse estudo diz respeito ao conceito de resiliência que, de acordo com Hollnagel, (2014), o termo já foi aplicado por diferentes áreas. A abordagem que data de 1856, se refere à propriedade de materiais, para explicar porque alguns materiais não rompiam sob impactos severos. Já em 1973 fazia referência à propriedade de sistemas ecológicos, onde o termo “resiliência” era utilizado para o ecossistema capaz de absorver mudanças e continuar existindo. Há também a área que refere o termo a sistemas psicológicos, para explicar o começo de algo novo a partir de um trauma. E a que data dos anos 2000, sobre negócios comunitários, para definir a habilidade de reinventar modelos de estratégias quando as circunstâncias mudam, referindo-se não a respostas a crises, mas sim à antecipação/prevenção. Entende-se que esta última seja a que melhor se adapta à gestão de riscos de desastres socionaturais.

Adaptando o conceito de Hamel e Välikangas (Hollnagel, 2011), tem-se a resiliência como habilidade de reinventar e construir continuamente novas estratégias para superar as demandas que derivam dos desastres socionaturais. É preciso destacar a importância de se manter a busca contínua de novas estratégias de gestão de riscos de desastres socionaturais, as quais se efetivam em diferentes níveis de ação ou desempenho (local, municipal, estadual e federal), em razão das ocorrências estarem diretamente relacionadas ao grau de variabilidade do comportamento da natureza.

A imagem que é capaz de expressar o movimento dinâmico dessa busca

constante de novas estratégias se evidencia em uma espiral e tem inspiração na Dialética, preconizada pela Filosofia. Para Hegel, a Dialética é “o movimento racional que nos permite superar uma contradição e avançar na resolução de problemas.” (Japiassú e Marcondes, 2001; p.71).



Figura 1: Representação do movimento dialético

Em outras palavras é possível afirmar que, no caminho de se encontrar determinadas soluções para um problema, aparecerão diversas contradições. Mas mesmo nas etapas em que evidencia-se que algumas soluções não são adequadas, não se retorna ao ponto de partida, há avanços. Pode-se ter uma rotação de 360° num plano, mas o processo estará em um patamar acima (figura da espiral), o que representa avanços na escolha de outras soluções. Isto faz uma grande diferença na percepção do processo quando se tem um caminho complexo a percorrer. Se a percepção fosse de um caminho linear, não haveria a percepção de que se está avançando, mesmo quando não se tem a solução ideal, o que levaria as pessoas a desistir facilmente do processo de busca de novas soluções para os problemas.

Mas, também é necessário ter claro que, na aviação (área de origem da Engenharia de Resiliência), os erros não aparecem magicamente no processo, por isto a importância de monitorar os processos de segurança. A importância da prevenção de acidentes na aviação está diretamente relacionada ao entendimento do desempenho geral de um sistema. Nas situações de desastres socionaturais, se for adotada essa mesma lógica, a prevenção também estará relacionada ao processo como um todo, ou seja, preventivamente desde a escolha do território a ser ocupado. Se para a aviação o foco é estabelecido no desempenho geral, independentemente se for realizado em nível individual (piloto), coletivo (tripulação) ou organizacional (aeroporto), para as situações de desastres socionaturais é fundamental que haja um entendimento dos níveis de atuação em que se manifestam os problemas / demandas e ocorrem as ações de enfrentamento aos desastres socionaturais. A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, instituída pela Lei 12.608/2012, determina as competências de atuação do nível municipal, estadual e federal para redução de desastres a partir da diminuição da ocorrência

e dos impactos da mesma. (Brasil, 2012).

Porém, somente a lei não é suficiente para garantir resiliência ao processo. Além de encontrar meios de redução de desastres, presentes na lei, foi feita uma pesquisa na literatura específica (saber científico) de quais formas se expressam os critérios de um sistema resiliente em situações de desastres socionaturais, utilizando-se as habilidades definidas pela Engenharia de Resiliência, quais sejam: reação, monitoramento, antecipação e aprendizado. Neste estudo essas habilidades foram definidas como categorias de resiliência capazes de fundamentar uma análise das temáticas relacionadas a riscos de desastres socionaturais, como percepção de riscos, estudos etnográficos, tecnologia social e a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Na prática, a literatura foi examinada através destas quatro “lentes” para estabelecer um olhar sobre o que é dito pelos teóricos que referenciam essas temáticas.

Voltando à imagem da espiral, ela tenta expressar que, praticar Engenharia de Resiliência, seria como percorrer uma trajetória em busca da identificação e implementação de ações que se classificam como reação, monitoramento, antecipação e aprendizado em um processo contínuo que se desenvolve em ciclos. Há nessa figura a representação de uma trajetória em que se aprende continuamente com experiências do passado, tanto de sucessos quanto de falhas; desenvolve-se a capacidade de antecipar ou prever problemas durante o percurso; monitora-se processos em desenvolvimento a partir da criação de indicadores de desempenho; e reage-se a eventos adversos, tanto imediatamente antes, quanto depois dos mesmos, a partir de estratégias proativas e reativas. É relevante ressaltar que a ordem de sequência das categorias não é importante, embora seja recomendável que nenhuma das quatro esteja de fora (Hollnagel, 2011), para que o processo seja considerado resiliente, pois a complementariedade do conjunto é que vai determinar a efetividade da Engenharia de Resiliência aplicada.

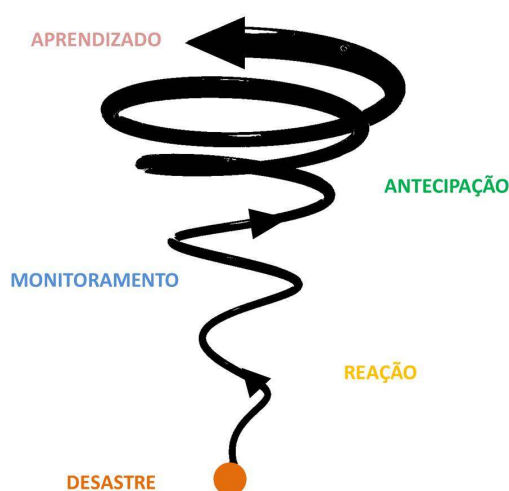


Figura 2: A representação dos movimentos de resiliência

Alguns elementos de resiliência que foram identificados na análise do tema Tecnologia Social (FINEP, 2013), se referem ao envolvimento da comunidade no

processo de busca de soluções, incluindo diagnósticos participativos para se ter uma visão mais próxima da realidade, e mantendo o questionamento crítico sobre as soluções encontradas para evitar cair em contradições. O processo de multiplicação da TS, envolvendo cada vez mais atores na construção de soluções, configura um processo de aprendizado na prática.

Os elementos de resiliência que se apresentam na análise do tema Percepção de Riscos fazem referência à inclusão da percepção de riscos da comunidade atingida (Barros et al, 2010); ao acompanhamento e orientações que devem ser dadas à imprensa sobre dados de desastres, para evitar mensagens equivocadas transmitidas pela mídia que prejudiquem a percepção da comunidade (Victor, 2010). A capacitação das comunidades expostas a riscos de desastres socionaturais para a percepção de riscos contribui com a redução das vulnerabilidades das mesmas, tendo em vista que a comunidade que consegue perceber os riscos a que está exposta tem maior capacidade de se proteger dos mesmos.

Os elementos de resiliência que se destacam na análise dos Estudos Etnográficos se referem à identificação da cultura dos desastres, ou seja, investigar como a população atingida reage aos impactos dos desastres, (Devos, 2007) identificando as necessidades locais não só durante os desastres para poder subsidiar a proposição de políticas públicas que sejam pertinentes para a redução dos mesmos (Silva, 2013).

A própria criação da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDC), em 2012, já foi uma forma de reação às situações de desastres que vinham crescendo. A lei também faz referência a quem deve prestar socorro e emitir alertas para evacuação da população; articulados aos Conselhos e Núcleos Comunitários de Proteção e Defesa Civil. Nesse sentido, a metodologia de gestão de riscos de desastres socionaturais pode incluir a perspectiva da lei, quando a mesma determina que o planejamento seja feito com base em estudos sobre os terrenos a serem destinados (ou não), para ocupação. A Lei também determina o apoio à comunidade docente para o fortalecimento da cultura de prevenção de desastres. (Brasil, 2012).

Embora esta lei determine, em seu 1º do Art. 2º, que a sociedade em geral colabore com as medidas necessárias à redução de riscos, junto a entidades públicas ou privadas, não prevê quais são as suas competências da mesma maneira como determina, na Seção II, as competências dos Entes Federados, no nível municipal, estadual e federal. Milton Santos (1999), chama a atenção para a “federação de lugares” que, segundo suas previsões,

“ocorrerá na medida em que o saber local se impuser. O saber local (...) é a ponte para a produção de uma política – é resultado de sábios locais” (P.21) (...) como o saber local não é independente do saber global, as universidades (...) podem ter um papel importante na produção de um saber local, com a produção de um saber global que (...) permita oferecer elementos de análise localmente reciclados.” (p. 25)

Essa perspectiva abordada por Milton Santos (1999), de fortalecimento do saber local, potencializa o conteúdo que foi abordado nos temas Percepção de Riscos, Tecnologia Social e Estudos Antropológicos, além da PNPDC, de se envolver a população exposta a riscos de desastres na proposição de políticas públicas que se refiram às necessidades comunitárias. Portanto, além das competências da União, dos Estados e dos Municípios, este estudo abarca as possíveis atribuições em nível local, o que se refere à co-responsabilidade de moradores, líderes comunitários e ONGs que atuem no respectivo território.

A pesquisa sobre realidades sócio-territoriais que contam com a participação das comunidades torna possível a definição de ações mais associadas às demandas locais, fortalecendo a dimensão coletiva do trabalho frente aos riscos e assegurando a proteção de vidas.

As alternativas de enfrentamento aos riscos, organizadas segundo as categorias da Engenharia de Resiliência, representam o que denominamos de saber científico. Quando se incorpora a este conhecimento, a percepção da comunidade sobre os riscos a que ela está exposta, o saber local poderá compor os elementos que darão subsídios para uma gestão de riscos de desastres socionaturais mais completa e abrangente.

CONCLUSÕES

O estudo permite concluir que a Engenharia de Resiliência traz conceitos que podem ser incorporados à gestão de riscos de desastres porque propõe a aplicação prática de um caminho a ser percorrido para reinventar e construir continuamente novas estratégias para superar as demandas que derivam dos desastres socionaturais. Ao se percorrer esse caminho qualifica-se o processo para o alcance da resiliência. Ao se eleger soluções que respondam às necessidades locais e a formas mais sustentáveis de utilização dos recursos naturais, evitando partir de definições preestabelecidas técnica e heteronomamente, uma metodologia de gestão de riscos de desastres socionaturais torna-se mais capaz de gerar autonomia coletiva como possibilidade concreta e ampla para promover uma gestão de riscos de desastres mais abrangente e eficaz.

O processo que respeita a situação de vida dos habitantes das áreas de risco, suas redes sociais e locais de trabalho, e que dá prioridade à sua permanência no território, preservando as relações de vizinhança e trabalho, gera um sentimento de pertencimento social na comunidade. Este sentimento permite a superação das desconfianças e fundamenta a parceria estabelecida entre a comunidade e a equipe técnica que coordena o desenvolvimento da Tecnologia Social por um período mais longo.

REFERÊNCIAS

BARROS, SÉRGIO R. S.; WASSERMAN, JULIO CESAR; LIMA, GILSON B. A. Risco Ambiental na Zona Costeira: uma proposta interdisciplinar de gestão participativa para os Planos de Controle a Emergências dos Portos Brasileiros. *Revista da Gestão Costeira Integrada*. 217-227; 2010.

BRASIL. Lei 12.608/2012. (Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nos 12.340, de 1o de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências.)

BRITO, MARIANA MADRUGA de. Geoprocessamento aplicado ao mapeamento da suscetibilidade a escorregamentos no município de Porto Alegre, RS. Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da universidade Federal do Rio Grande do Sul. Orientação: Ph. D. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho. Porto Alegre, RS, 2014.

CABRAL, JAIME. Riscos Hidrológicos em CARVALHO, C.S.; COUTINHO, R. Q.; GALVÃO, T. *Gestão e Mapeamento de Riscos Socioambientais: Curso de Capacitação-Brasília*, Ed. Ministério das Cidades, 194p. DF, 2008.

CEPED/UFSC – Atlas Brasileiro de Desastres Naturais – 1991 a 2012. Volume Brasil. 2ª edição revisada e ampliada. CEPED / UFSC. Florianópolis, 2013.

CEPED/UFRGS. Capacitação em Gestão de Riscos – 2014. Organização e execução: UFRGS e CEPED/RS. Realização: Ministério da Integração Nacional - Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - Departamento de Minimização de Desastres.

CRUZ, RICARDO LUIZ. A pedagogia em torno da agricultura orgânica certificada. In: ____ Sagas do “comércio justo” e percepções da modernidade na selva central peruana. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: PPGAS, 2010, p. 21-67. [on line]

DAGNINO, RENATO; BRANDÃO, FLÁVIO CRUVINEL; NOVAES, HENRIQUE TAHAN. Sobre o marco analítico-conceitual da tecnologia social. In: *Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, 2004.

DEVOS, RAFAEL VICTORINO. A questão ambiental sob a ótica da antropologia dos grupos urbanos, nas ilhas do Parque Estadual Delta do Jacuí, Bairro Arquipélago,

Porto Alegre, RS. Tese apresentada para obtenção do título de doutor junto ao Programa de Pós-Graduação em Antropologia Social da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS. 2007.

ECKERT, CORNELIA ; ROCHA, ANA LUIZA CARVALHO DA . Etnografia: saberes e práticas. In: Céli Regina Jardim Pinto e César Augusto Barcellos Guazzelli. (Org.). Ciências Humanas: pesquisa e método. Porto Alegre: Editora da Universidade, 2008, p. 9 a 24. Série Graduação.

FINEP, 2013. Rede FINEP de Moradia e Tecnologia Social. Marco Teórico – Sub Projeto 2.

HOLLNAGEL, ERIK et al. Resilience Engineering in Practice – a guidebook. Ashgate Publishing Limited; 2011. Reprinted 2013.

HOLLNAGEL, ERIK. Resilience engineering and the built environment, Building Research & Information, 42:2, 221-228; 2014. Acessado em 31/01/2014. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1080/09613218.2014.862607>

INSTITUTO DE TECNOLOGIA SOCIAL DO BRASIL - Disponível em

<http://www.itsbrasil.org.br/>

Para_entender_a_tecnologia_social_uma_viagem_pelo_Brasil.pdf. Acesso em 07/06/2014

JAPIASSU H. E MARCONDES D. Dicionário Básico de Filosofia. 3ª Edição Revista Ampliada. Jorge Zahar Editor. Rio de Janeiro, RJ. 2001

LOPES, DANIELA DA CUNHA; COSTA, DILENE DA SILVA; SOARES, ELIANA VIANNA; FURTADO, JANAÍNA ROCHA; ALVEZ, LUCELITA MARIA; SOLINO, MARIA NAZARETH, CARTAGENA, SARAH MARCELA CHINCHILLA. Gestão de Riscos de Desastres – Contribuições da Psicologia – Formação à Distância. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres – CEPED / UFSC. 2010.

MARTINS, PATRÍCIA DE ALMEIDA. Mapeamento das áreas suscetíveis a deslizamentos no perímetro urbano de Igrejinha – RS. Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Orientação: Ph. D. Luiz Antônio Bressani. Porto Alegre, RS, 2013.

RAMOS, RODRIGO RUDGE. A percepção dos riscos naturais: Portugal e Tuvalu. Dissertação de Mestrado em Energia e Gestão do Ambiente. Portugal. 2008.

SANTOS, MILTON. O Território e o Saber Local: algumas categorias de análise CADERNOS IPPUR (15-26) Publicação semestral do Instituto de Pesquisa e

Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Ano XIII, No 2 Ago-Dez 1999.

SANTOS, NUNO; ROXO, MARIA JOSÉ; NEVES, BRUNO. O papel da percepção no estudo dos riscos naturais. Centro de Geografia e Planejamento Regional. Faculdade de Ciências Sociais e Humanas – Universidade Nova de Lisboa. Lisboa. Portugal. S/ data.

SILVA, ROBERTO ANTONIO CAPIOTTI DA. Águas de Novembro - Estudo antropológico sobre memória e vitimização de grupos sociais citadinos e ação da Defesa Civil na experiência de calamidade pública por desastre ambiental: estudo de caso em Blumenau, Santa Catarina, Brasil. Tese apresentada para obtenção do título de doutor junto ao Programa de Pós-Graduação em Antropologia Social da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS. 2013.

VICTOR, CILENE. Oficina de Capacitação – Comunicação e Percepção de Riscos de Desastres. 2010, in LOPES, Daniela da Cunha. et al. Comunicação de riscos e de desastres. Florianópolis: CEPED UFSC, 2010.

CAPÍTULO VI

EROSÕES LINEARES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE, SP

**Gerson Salviano de Almeida Filho
Maria Cristina Jacinto de Almeida
Tatiane Brasil de Freitas
Zeno Hellmeister Júnior**

EROSÕES LINEARES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE, SP

Gerson Salviano de Almeida Filho

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
São Paulo - SP

Maria Cristina Jacinto de Almeida

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
São Paulo - SP

Tatiane Brasil de Freitas

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
São Paulo - SP

Zeno Hellmeister Júnior

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
São Paulo - SP

RESUMO: A bacia hidrográfica do rio Peixe apresenta graves problemas referentes aos processos erosivos lineares do tipo ravina e boçoroca. A má gestão do uso e ocupação do solo, tanto na área rural quanto na urbana, intensifica o desenvolvimento desses processos, configurando um quadro crítico de degradação. Essa situação provoca a produção de grande quantidade de sedimentos que contribuem para o assoreamento dos cursos d'água, principalmente o rio do Peixe e seus afluentes. Levantamentos realizados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, em todo o Estado, identificaram que a bacia do rio do Peixe apresenta o maior número de processos erosivos lineares do tipo ravina e boçoroca (seis mil). Com a finalidade de contribuir para prevenir ou minimizar a degradação na Bacia, está sendo desenvolvido um projeto que visa hierarquizar as sub-bacias mais críticas, do ponto de vista dos processos erosivos, para orientar as ações e a priorização dos investimentos junto ao Comitê da Bacia Hidrográfica do rio do Peixe.

PALAVRAS-CHAVE: Erosão; ravina; boçoroca; bacia do Peixe.

1. INTRODUÇÃO

A erosão é considerada um dos maiores riscos naturais, devido aos grandes danos econômicos, ambientais e sociais que ocasiona. Na história são conhecidos os casos de regiões que entraram em decadência devido à destruição das terras agrícolas, principalmente naquelas onde ocorre a erosão laminar, processo de percepção mais difícil e que elimina os horizontes do solo mais férteis. A erosão não é novidade, pois os Incas e Chineses empregavam continuamente a agricultura em tabuleiros tendo como finalidade controlar as enxurradas, evitando assim o desencadeamento dos processos erosivos. Assim, os processos erosivos naturais tendem a caracterizar regiões específicas, destacando os agentes erosivos

prevalecentes, como, por exemplo, a erosão eólica das regiões desérticas sob a ação do vento, a erosão glacial das regiões temperadas sob a ação das geleiras, a erosão hídrica das regiões tropicais úmidas, sob a ação da chuva.

No Brasil e no Estado de São Paulo, a erosão, vem gerando prejuízos tanto na área rural quanto urbana, por meio da perda de solos agricultáveis, danos em obras de infraestrutura, e na degradação de áreas urbanas, com o conseqüentemente assoreamento dos cursos d'água. Além destes efeitos é ainda necessário considerar o papel dos defensivos agrícolas arrastados pela erosão, como poluentes dos recursos hídricos superficiais, alterando a qualidade e quantidade das águas.

A ocupação do território do Estado de São Paulo, iniciada pelo desmatamento e variadas formas de uso do solo, constituiu o fator decisivo para a intensificação da ação das chuvas que provocam a aceleração dos processos erosivos. Técnicos do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) estimam que 80% da área cultivada no Estado estejam sofrendo processos erosivos, perdendo anualmente cerca de milhões de toneladas de terras férteis. Devido à amplitude e à gravidade do problema, pode-se avaliar que a solução não será encontrada com medidas isoladas.

Este quadro de desequilíbrio da natureza continuará enquanto a ocupação agrícola não adotar as práticas conservacionistas adequadas e respeitar a capacidade de uso das terras; e enquanto na área urbana a ocupação não for planejada e não considerarem o conhecimento do meio físico (pedologia, geomorfologia e geologia/geotecnia), dos recursos da água, clima, e das suas potencialidades e limitações. A adoção de instrumentos técnicos é fundamental, pois constituem a base sobre a qual o poder público deve estabelecer as medidas preventivas e correções dos processos erosivos.

Este trabalho aborda um quadro da erosão linear, que se desencadeia em toda a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Rio do Peixe (UGRHI 21), no Estado de São Paulo, na forma de erosões lineares (sulcos/ravinas e boçorocas). A ocorrência destes fenômenos mostra-se sempre marcada por graves perdas econômicas e sociais.

2. CONCEITOS DE PROCESSOS EROSIVOS LINEARES

O tema erosão dos solos é tratado por diversas áreas do conhecimento: Agronomia, Engenharia Civil, Geologia, Geografia e outras. O conceito de erosão está associado a processos de desgaste da superfície do terreno, desencadeado pelo escoamento da água superficial com caráter mais contínuo e gradativo, por meio da desagregação, transporte e deposição dos materiais alterados que compõem o solo (ALMEIDA FILHO, 2000; GUERRA, 2005; TOMINAGA et al., 2009). Tal situação provoca a produção de grande quantidade de sedimentos que contribui para o assoreamento de cursos d'água e reservatórios de abastecimento e, conseqüentemente, favorece a ocorrência de inundações e a danificação de

infraestruturas rurais e urbanas (ALMEIDA FILHO, 2000; LEPSCH, 2002; IPT, 2012).

A evolução de áreas intensamente afetadas pela erosão apresenta normalmente, um primeiro estágio de erosão laminar intensa, que leva à formação de sulcos rasos e profundos. Não havendo medidas de combate, os sulcos podem crescer rapidamente formando ravinas de portes variados. Se as condições dos terrenos forem favoráveis, as ravinas podem se aprofundar até atingir o nível d'água subterrânea. Neste estágio passa a se desenvolver a boçoroca ou voçoroca, que evolui de modo acelerado e complexo em função da ação combinada das águas superficiais e subterrâneas. Os conceitos dos processos de erosão, do tipo ravina e boçoroca ou voçoroca, são muito discutidos entre os pesquisadores da geografia e geologia, mas, também, pelos pesquisadores das áreas de engenharia civil e agronomia.

A diferenciação desses processos é fundamental na elaboração dos projetos de estabilização e contenção, visto que, no caso das boçorocas ou voçorocas há necessidade da adoção de medidas de maior envergadura, principalmente quando atingem cidades, estradas e ferrovias.

As erosões em sulcos são pequenas incisões em forma de filetes muitos rasos e ocorrem nas linhas de maior concentração das águas de escoamento superficial. As ravinas são normalmente de forma alongadas, mais compridas que largas e com profundidades variáveis. Raramente são ramificadas e não chegam a atingir o nível d'água subterrânea (OLIVEIRA, 1994; CERRI et al., 1997). O desenvolvimento lateral se dá pelo escoamento das águas pluviais no seu interior, provocando erosão no pé do talude e, conseqüentemente, ocorre o deslizamento. Existe uma tendência em que se considera uma profundidade mínima para as ravinas em torno de 30 cm, (TRICART, 1977) ou 50 cm (IMESON e KWAAD, 1980). Guerra (1994) também apresenta uma diferenciação cuja proposta é de que as ravinas podem ser obliteradas por máquinas agrícolas. Ao considerar que os sulcos e ravinas são originados pelo escoamento concentrado das águas superficiais e, ao haver a interceptação do lençol freático, existe uma somatória de processos erosivos superficiais e subsuperficiais, fazendo com que a forma erosiva atinja grandes dimensões e passe a denominar-se boçoroca ou voçoroca (SALOMÃO, 1994), desenvolvendo processos/fenômenos como “piping”, liquefação de areias, deslizamentos, e outros.

De acordo com Guerra et al. (1999) e Oliveira (1999), aspectos importantes para o desenvolvimento das ravinas e voçorocas dependem da conjugação de fatores naturais, como a pluviosidade, o tipo de solo, o relevo, e o uso e ocupação das terras. As feições erosivas lineares (sulcos, ravinas e voçorocas) são descritas como sinais de instabilidade dos sistemas geomorfológicos. Sua classificação é sintetizada como sendo: sulcos, feições de pequenas dimensões resultantes do escoamento concentrado da água na encosta; ravinas, feições alongadas resultantes do processo do escoamento concentrado da água; e voçorocas, canais esculpidos pelo afloramento do lençol.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

A bacia do rio Peixe (Figura 1) possui área de drenagem de 10.769 km², limitando-se com a bacia do Rio Aguapeí ou Feio ao Norte; ao Sul, com a Bacia do Rio Paranapanema; a Oeste, com o Rio Paraná; e a Leste, com Serra dos Agudos e a Serra do Mirante. O rio do Peixe nasce na Serra dos Agudos, numa altitude de 670 metros, percorre uma extensão de 380 km e desemboca no rio Paraná, a uma altitude de 240 metros. São raras localidades situadas em região ribeirinha e a disposição dos núcleos urbanos decorre da ocupação histórica da região que se iniciou no século XX, nos espigões, e desenvolveu grandes ramos ferroviários da região ocidental paulista e ainda, a rápida expansão da cultura do café.

A gravidade dos processos erosivos nessa região tem provocado a atenção de diversos pesquisadores com linhas teórico-metodológicas variadas, na tentativa de encontrar localizações preferenciais para a gênese e desenvolvimento de tais mecanismos denudacionais e de assoreamentos correlativos. Determinados estudiosos atribuem maior peso aos fatores naturais para os processos erosivos, enquanto outros conferem maior gravidade aos fatores antrópicos. Os primeiros consideram que a suscetibilidade erosiva intensa deve-se a uma combinação entre os diversos atributos do meio físico (CARPI JÚNIOR et al. 2010). Este processo é acelerado pelo homem com a intensificação das técnicas de manejo rural, com o intuito de aumentar a produtividade e na área urbana com expansão das cidades, sem planejamento. Tal fato tem mudado severamente a paisagem, marcada por alguma degradação ambiental, como é o caso da bacia do rio do Peixe, onde os processos de erosão, transporte e deposição dos sedimentos nas drenagens contribuem com a diminuição da calha do rio e de seus afluentes.

Silva (2006) realizou uma pesquisa sobre gestão de recursos hídricos na Bacia do Pontal do Paranapanema e relatou que a Bacia Hidrográfica do rio Santo Anastácio representa o maior manancial de água doce dos rios interioranos paulistas. Hoje, o próprio rio e seus afluentes estão comprometidos pelo depósito de sedimentos (assoreamento), a ponto de se estudar a viabilidade de buscar água do manancial do rio do Peixe, que também está comprometido, devido à bacia apresentar uma alta suscetibilidade a erosão (IPT, 1997).

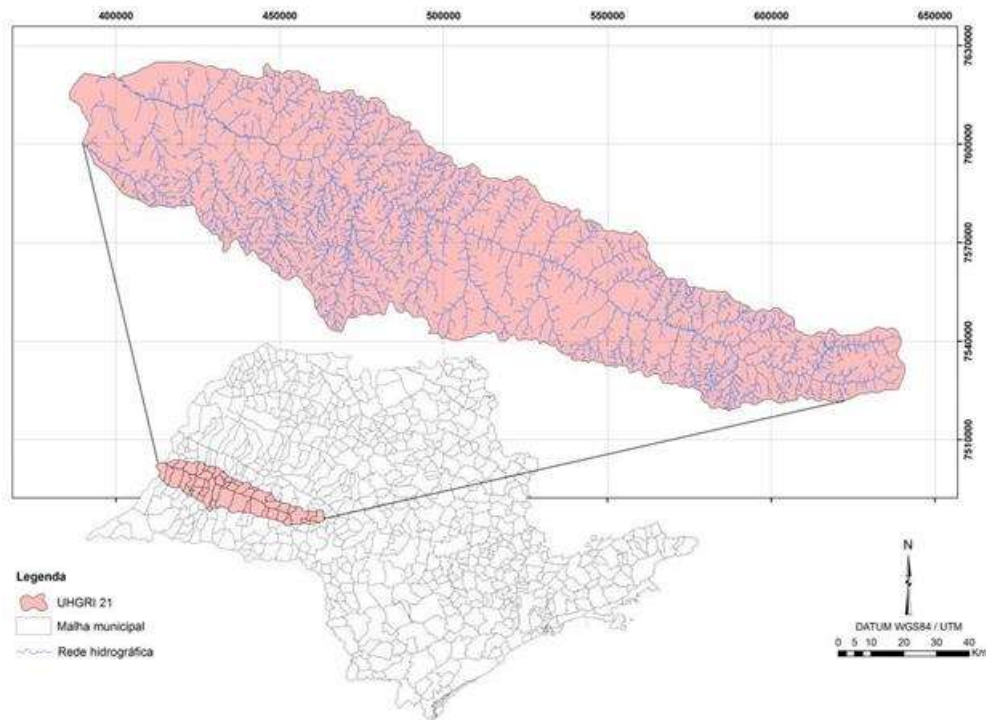


Figura 1 - Localização da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia do rio do Peixe - UGRHI-21 no Estado de São Paulo.

3.1. Caracterização geológica

A área da bacia do rio do Peixe está inserida no Planalto Ocidental, dentro da Bacia Sedimentar do Paraná. O substrato geológico condiciona fortemente os processos erosivos em decorrência da alteração das rochas e principalmente, das formações de solos de textura arenosa, altamente suscetíveis à erosão.

As características litológicas do substrato rochoso, associadas à intensidade do intemperismo, à natureza da alteração e ao grau de fraturamento, condicionam a suscetibilidade do material à erosão (INFANTI Jr.; FORNASSARI, 1998).

Os mapas geológicos elaborados por IPT (1981a), na escala 1:1.000.000; por DAEE/UNESP (1982/1984), na escala 1:250.000; e por Perrotta et al. (2005), na escala 1:750.000; definiram compartimentos geológico-geotécnicos, com ênfase para os processos erosivos. Predominam na UGRHI-21 rochas sedimentares, de composição essencialmente arenosa, pertencentes ao Grupo Bauru, conforme definido por Fernandes (1998), a partir de diferenças petrográficas e estruturais, que são representadas pelas Formações Presidente Prudente, Vale do Rio do Peixe e Marília. Ocorrem também, arenitos do Grupo Caiuá constituído pelas Formações Rio Paraná e Santo Anastácio. Pequenas áreas de rochas básicas do Grupo São Bento, representado pela Formação Serra Geral. E, os Sedimentos/Depósitos Aluviais (argilas, siltes, areias e cascalhos), associados às principais drenagens.

As características do Grupo Bauru e Caiuá são condicionantes dos

processos erosivos dos tipos laminar e linear, com raras manifestações de escorregamentos e quedas de blocos em locais de afloramentos de rochas sedimentares mais resistentes, associados a escarpas da Cuesta ou de planaltos interiores, como o de Marília, ou, ainda, em cortes de estradas. O substrato geológico condiciona fortemente os processos erosivos, uma vez que determina a natureza e a textura dos solos, formados a partir da alteração das rochas, bem como a posição e comportamento da água subterrânea, condicionando também o desenvolvimento das formas de relevo.

O nível d'água está normalmente a poucos metros de profundidade (10 a 20) nas porções de encosta e sopé das vertentes. A circulação da água é livre e praticamente contínua, sendo comum a presença de níveis d'água em posições muito elevadas, em função de camadas argilosas e siltosas presentes dentro do arenito. A combinação desses fatores leva ao desenvolvimento das mais variadas formas de erosão neste compartimento, desde laminar até as grandes boçorocas.

3.2. Caracterização geomorfológica

As características do relevo regional da Bacia do rio do Peixe foram levantadas a partir do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000 (IPT, 1981b). Dentre os principais sistemas de relevo definidos para o Planalto Ocidental Paulista (ALMEIDA, 1964) corresponde, geologicamente, aos derrames basálticos que cobrem as unidades sedimentares do final do ciclo de deposição da bacia do Paraná e às coberturas sedimentares que, por sua vez, foram depositadas na Bacia Peixe, acima desses basaltos.

As formas de relevo apresentam relações diretas com o desencadeamento dos processos erosivos, tanto no âmbito regional quanto local, diferenciando-se quanto ao comportamento de cada um dos compartimentos do relevo ante aos processos erosivos. A característica do relevo, tais como declividade, forma e comprimento do declive são as maiores potencializadoras de fenômenos erosivos, uma vez que as rampas são relativamente longas e inclinadas e são frequentes as áreas de cabeceiras de drenagem e linhas preferenciais de concentração de fluxo d'água. O tamanho e a quantidade do material em suspensão arrastado pela água dependem do seu volume e da velocidade com que ela escorre e essa velocidade depende do comprimento de rampa (ou de vertente) e da declividade do terreno.

Na Bacia, o relevo é predominantemente muito suave, ondulado, com longas vertentes retilíneas e convexas, de baixa declividade. Também ocorre na bacia áreas com relevo mais enérgico, com colinas médias, morrotes; em ainda, na cabeceira do rio do Peixe, grandes áreas de relevo de escarpas. Estas formas de relevo são as maiores potencializadoras dos processos erosivos, uma vez que as rampas são relativamente longas e inclinadas, e são frequentes as áreas de cabeceiras de drenagem e linhas preferencias de concentração do fluxo d'água (IPT, 1981b).

3.3. Caracterização pedológica

A pedologia é um importante condicionador dos processos de erosão laminar e em sulcos, ou mesmo das ravinas e boçoroca que evoluem a partir da erosão superficial. Quando as boçorocas são geradas por processos subsuperficiais, a pedologia pode exercer influência indireta, como por exemplo, facilitando a recarga do aquífero (BARCELLAR, 2000).

Segundo Oliveira et al. (1999), as associações pedológicas que predominam na UGRHI-21, são classificadas como Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos e Eutróficos abruptos ou não, A moderado com textura arenosa/média e média em relevo suave ondulado e ondulado e Latossolos Vermelhos Distróficos A moderado textura média relevo plano e suave ondulado. Os Argissolos são solos que apresentam gradiente textural entre os horizontes A e B, tornando-os altamente suscetíveis a erosões.

No geral, conclui-se que solos com textura arenosa apresentam maior erodibilidade devido ao fato de se desagregarem mais facilmente que os solos com textura argilosa e muito argilosa. Quanto à classificação pedológica, solos do tipo Argissolos são, geralmente, mais suscetíveis à erosão que o do tipo Latossolos, pois os Argissolos ocorrem principalmente em topografia mais movimentada que os Latossolos e, apresentam um horizonte B textural, com maior concentração de argila, que representa uma “barreira” para a infiltração das águas, favorecendo o escoamento e acelerando os processos erosivos. A distinção destes horizontes é muito importante, uma vez que os solos são classificados de acordo com a natureza de seus horizontes e das relações entre eles. Esses tipos de solos têm como características intrínsecas um alto potencial de erodibilidade e sendo assim, é necessário que a ocupação em áreas de sua ocorrência seja realizada de forma a prevenir a geração de processos erosivos, tendo-se o cuidado de evitar a exposição dos terrenos e a concentração das águas superficiais.

Por outro lado, solos relativamente menos erodíveis, como os Latossolos argilosos, podem sofrer erosões de grande porte, desde que induzidas por elevadas concentrações de águas superficiais, sem dissipação de energia, até atingir o lençol freático, desencadeando as boçorocas.

Os demais solos encontrados na área de estudo são de ocorrência muito restrita, destacando os Neossolos Quartzarênico (RQ11), Neossolos Flúvicos (RU2), Gleissolos Háplicos (GX10), Argissolos Vermelho-Amarelo (PV9) que ocorre a jusante da bacia do rio do Peixe apresentam potencialidade baixa na questão de processo erosivo.

3.4. Uso e ocupação do solo na bacia do Peixe

Na bacia do rio do Peixe praticamente toda a vegetação original foi retirada

em um processo de aproximadamente 30 anos de desmatamento (1910 – 1940) para dar lugar às pastagens, café e algodão e posteriormente com a urbanização, contribuindo para gerar um desequilíbrio ambiental. Já em 1953, Maack enfatizava a necessidade de proteger a floresta com a finalidade de minimizar os efeitos da erosão, e vários outros pesquisadores também deram destaque ao problema (CASTANY, 1967; BIGARELLA et al. 1978).

A retirada da mata favorece a ação do impacto da gota de chuva sobre o solo e promove um incremento no volume e escoamento superficial da água em detrimento da infiltração e propicia o desencadeamento dos processos erosivos. Além disso, a expansão agrícola, em boa parte da bacia do rio do Peixe, sem considerarem as práticas de conservação do solo, a implantação da rede viária e o surgimento dos núcleos urbanos, também contribuíram para o desencadeamento desses processos.

Como predomina nessa bacia as pastagens (pecuária extensiva), a frequente movimentação dos animais gera trilhas, que conduzem aos canais de drenagem por meio da concentração de fluxos hídricos superficiais e que são capazes de desencadear os processos erosivos do tipo sulco, ravina e boçoroca.

Na área de influência da represa do Porto Primavera, no Rio Paraná (SP/MT), drenada pelos rios do Peixe (UGRHI 21) e Santo Anastácio (UGRHI 22), mananciais expressivos tornaram-se assoreados pela exclusão de suas vegetações ciliares, desde o auge das culturas de algodão e café, sendo em grande parte dessas áreas hoje ocupadas por pastagem mal conduzidas ou mescladas com o mato ralo regenerado (CARPI et al., 2010).

O uso urbano diferencia-se fortemente do uso rural. Os núcleos urbanos e, principalmente, as periferias são o palco dos mais intensos processos de degradação ambiental, onde a erosão aparece de forma intensa e acelerada. Mesmo terrenos pouco suscetíveis à erosão passam a desenvolver este processo em função das fortes modificações provocadas pelo parcelamento do solo, da implantação do sistema viário e da grande mobilização provocada pelos serviços de terraplanagem. Cortes e aterros expõem tanto o solo superficial como o saprolito à degradação acelerada. As condições hidrológicas, já modificadas pelo desmatamento, são fortemente alteradas em função da impermeabilização do solo promovida pelo pavimento das ruas, telhados, pátios e outros.

4. SUSCETIBILIDADE À EROSÃO DA BACIA DO PEIXE

A bacia do rio do Peixe é considerada uma das mais críticas do Estado de São Paulo (IPT, 2012) quando à erosão urbana e rural. De acordo com o Mapa de Erosão (IPT, 1997) ocorrem cinco categorias de suscetibilidade à erosão (Figura 2):

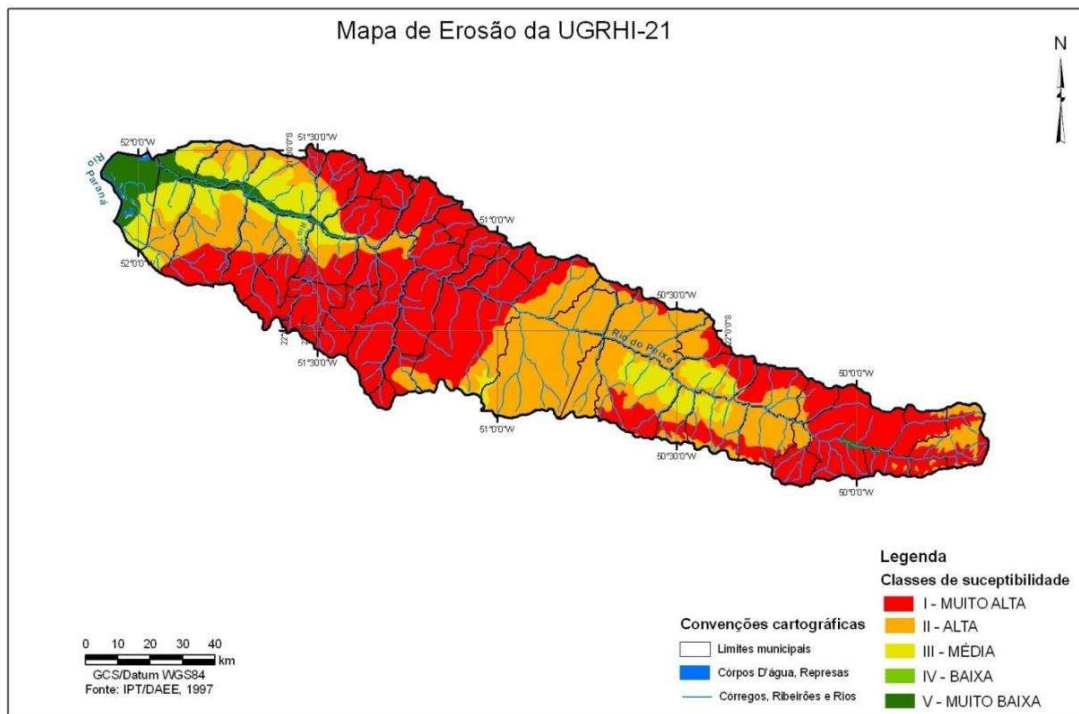


Figura 2 – Mapa de suscetibilidade à erosão da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia do Peixe - UGRHI-21 (IPT/DAEE, 1997).

a) Muito Alta suscetibilidade - ocorrem, nesta classe, todos os processos erosivos (laminar, sulcos, ravinas e boçorocas), tratando-se, portanto, de áreas extremamente sensíveis à erosão das mais variadas formas, mesmo em áreas onde o manejo é adequado. A declividade média desta área é superior a 12%.

b) Alta suscetibilidade - apresenta características muito semelhantes às da classe muito alta, porém mais atenuadas. Nesta classe, as boçorocas de drenagem são bem menos frequentes que na classe anterior. A menor intensidade das erosões, nesta classe é explicada pela característica do meio físico.

c) Média suscetibilidade – as ravinas constituem o processo erosivo mais típico desta classe, em função da grande espessura dos solos e do comprimento de rampa. As boçorocas de drenagem são menos frequentes pela forma suave das encostas e dos vales abertos, enquanto a erosão laminar e os sulcos são de intensidade moderada. A declividade é baixa, inferior a 10%.

d) Baixa suscetibilidade – os sulcos e ravinas podem ocorrer nos setores mais íngremes, porém são raros e boçorocas praticamente não ocorrem.

e) Muito Baixa suscetibilidade – caracterizam uma zona onde ocorre mais acumulação de sedimentos e assoreamento do que a erosão propriamente dita, ocupando áreas de baixadas, quase planas, formadas por planícies aluvionares.

4.1. Inventário das feições erosivas lineares na bacia

O levantamento realizado para a elaboração do mapa de feições erosivas

(IPT, 2012) constituiu na identificação das erosões do tipo sulco/ravina e boçorocas, que se manifestam em toda Bacia do rio do Peixe. Foi obtido um número total de 6.990 (seis mil e novecentos e noventa) feições erosivas lineares (sulco/ravinas e boçorocas), por meio da interpretação de fotos aéreas da Empresa Paulista de planejamento Metropolitano SA - Emplasa, na escala 1:8.000, do ano de 2010, e com auxílio de imagens do Google Pro.

O inventário de processos de erosão se constitui em documento fundamental para a adequada gestão ambiental e territorial de áreas afetadas por processos erosivos acelerados (MORGAN, 1996), pois a intensificação do número de processos erosivos pode condicionar ou até mesmo impossibilitar a utilização da área para um determinado uso (FERREIRA, 2008). De acordo com Guimarães (2008), a produção do inventário das feições erosivas é fundamental para identificar todos os processos erosivos presentes na área de estudo, podendo assim definir o tipo (sulco/ravina e boçoroca) e as dimensões destas feições.

A concentração de sulcos/ravina ocorre principalmente em áreas de pastagens, mas também em áreas de culturas perenes e anuais sem sistemas de conservação do solo. Apesar da dificuldade de verificar tais áreas em campo, é notório que elas representem também os locais onde a erosão laminar é mais intensa. Os processos com incisões profundas, retilíneas e sem grandes irregularidades ou ramificações aparecem geralmente nas vertentes, perpendiculares ao eixo das drenagens; muitas vezes associados a estradas, trilhas de gado, carregadores e outros. As boçorocas são erosões de grande porte, profundas, irregulares e ramificadas e normalmente se localizam nas cabeceiras de drenagem. No fundo das boçorocas e nas saídas à jusante é comum uma tonalidade branca, refletindo o transporte intenso de sedimentos.

Estas feições erosivas foram plotadas nas bases topográficas na escala 1:250.000, configurando o Mapa de Feições Erosivas Lineares, que retrata a distribuição de cerca de 6.990 feições lineares na Bacia, indicando as regiões mais e menos sensíveis à ocorrência de tais processos e auxiliando na compreensão das relações entre erosão e as diferentes paisagens (Figura 3). Separando-se entre erosões lineares urbanas e rurais, tem-se: 165 erosões lineares urbanas, sendo 76 ravinas e 89 boçorocas; e 6.825 erosões lineares rurais, sendo 1.461 ravinas e 5.364 boçorocas. A concentração dos pontos de erosão de acordo com o mapa de erosão da bacia do rio do Peixe está predominantemente inserida nas classes I – Muito Alta e classe II – Alta.

Mapa dos processos erosivos lineares do Estado de São Paulo UGRHI-21

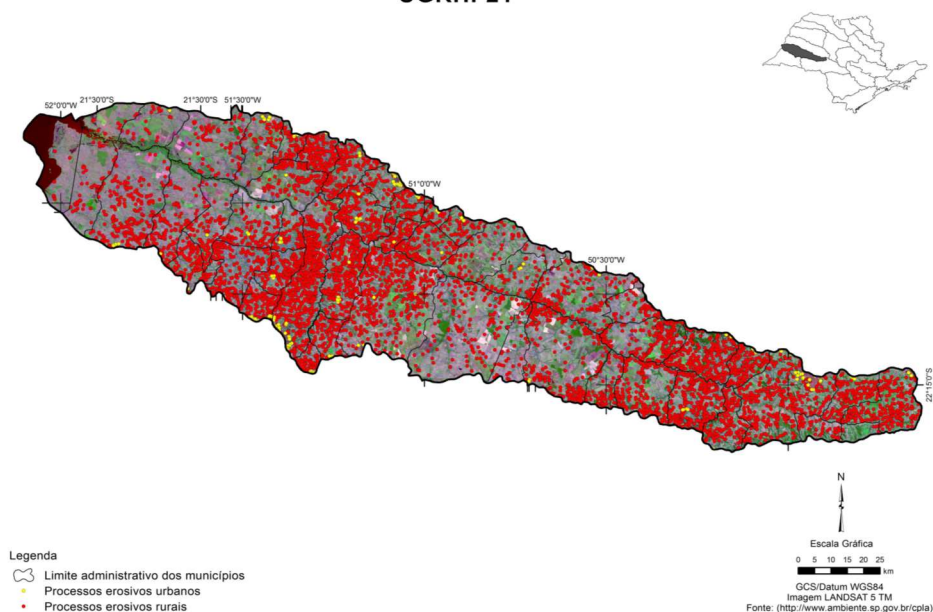


Figura 3 – Distribuição dos processos erosivos do tipo ravina e boçoroca na área urbana e rural na bacia hidrográfica do rio do Peixe.

5. CONSIDERAÇÕES

Este quadro de degradação do solo na bacia do rio do Peixe permanecerá crítico enquanto a ocupação agrícola não respeitar a capacidade de uso das terras e adotar práticas conservacionistas adequadas; a expansão de áreas urbanas não for planejada e executada com os devidos critérios; ou, seja, enquanto não for executada uma política global, integrando ações de combate à erosão urbana e rural, que possam ser priorizadas ao nível preventivo e corretivo. Por isso as medidas preventivas são imprescindíveis para garantir o equilíbrio da natureza. Prevenir significa definir uma política de caráter sustentável para o uso dos recursos do solo e da água, preservando-os a fim de mantê-los renováveis ao longo das gerações. Com vistas a contribuir para prevenir ou minimizar a degradação dessa Bacia, o IPT está desenvolvend

o uma caracterização, utilizando os parâmetros morfométricos (forma da bacia, índice de circularidade, coeficiente de compacidade, índice de sinuosidade da drenagem e outros), correlacionando-os com as características do meio físico (substrato geológico, sistemas de relevo, coberturas pedológicas) e com as diferentes categorias de uso e ocupação do solo, para determinar as áreas de maior ou menor suscetibilidade aos processos erosivos e as áreas potenciais à produção de sedimentos, na escala 1:250.000, e posteriormente estabelecer uma hierarquização dos compartimentos hidrográficos, produto fundamental para orientar as ações do Comitê de Bacia do rio do Peixe e a priorização dos investimentos voltados às sub-bacias mais degradadas.

Este artigo foi originalmente publicado no 15° Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, promovido pela Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (ABGE) a quem agradecemos a gentileza da autorização para esta republicação.”

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F.F.M. de. **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. Boletim Instituto Geológico, São Paulo, (41), p. 169-263. 1964.

ALMEIDA FILHO, G. S. de. **Diagnóstico de processos erosivos lineares associados a eventos pluviosos no município de Bauru, SP**. São Paulo: 222 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas - Fec/Unicamp, Campinas. 2000.

BACELLAR, L. de A. P. **Condicionantes geológicos, geomorfológicos e geotécnicos dos mecanismos de voçorocamento na bacia do rio Maracujá, Ouro Preto, MG**. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2000.

BIGARELLA, J. J. et al. **A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná - um problema de segurança ambiental e nacional**. Paraná: Secretaria do Planejamento do Estado do Paraná e Associação de Defesa e Educação Ambiental. 249p. (Contribuição à geografia, geologia e ecologia regional). 1978.

CARPI JUNIOR, S.; ESPINDOLA, C. R.; PEREZ FILHO, A.; QUARESMA, C. C. Complexidade dos processos erosivos no oeste do Estado de São Paulo Brasil. In: VI Seminário Latino-Americano e II Seminário Ibero Americano de Geografia Física, Coimbra. SUSTENTABILIDADE DA "GAIA": AMBIENTE, ORDENAMENTO E DESENVOLVIMENTO. Coimbra, 2010. v. 1. p. 1-10.

CASTANY, G. **Traité pratique des eaux souterraines**. 2a ed. Paris: Dunod. 661p. 1967.

CERRI, L. E. S.; SILVA, J. A. F.; SANTOS, P. H. P. **Erosão do solo: aspectos conceituais**. Revista Universidade Guarulhos. Geociências, II (6). p. 92-98. 1997.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:250.000**. Convênio DAEE/UNESP, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro, 1982/1984.

FERNANDES. L. A. **Estratigrafia e Evolução Geológica da Parte Oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)**. 216f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade

de São Paulo, São Paulo, 1998.

FERREIRA, M. D. et al. Inventário e caracterização ambiental como base para gestão ambiental de áreas afetadas por processos erosivos. Bacia do Ribeirão Bonito (SP), Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 12. 2008. Porto de Galinhas, AL. **Anais...**São Paulo: ABGE, 2008. CD-ROM.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. **Erosão dos solos e a questão ambiental**. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Org.). Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 225-256. 2005.

GUERRA, A. J. T. SILVA, A. S. BOTELHO, R. G. M. **Processos erosivos no Domínio do Cerrado**. In: Erosão e conservação dos solos. Editora Bertrand Brasil. 1º edição. Rio de Janeiro, 1999.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Russel. 458 p. 1994.

GUIMARÃES, C. N. **Mapeamento geotécnico da bacia córrego da Barra, aplicação do penetrômetro de impacto em estudos de processos erosivos, São Pedro - SP - escala 1:10.000**. 2008. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Geotecnia, Universidade de São Paulo, Campus São Carlos, São Carlos. 2008.

IMESSON, A. C.; KWAAD, F. J. P. M. Gully types and gully prediction. K.N.A.G. **Geografisc Tijdschrift**, v. 14, n. 5, p. 433-441. 1980.

INFANTI JUNIOR, N., FORNASI FILHO, N. **Processos de Dinâmica Superficial**. In: Geologia de Engenharia. Santos, A, M dos, Oliveira, S. N A. de B. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. 1998.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Peixe/ Paranapanema**. São Paulo: IPT/ DAEE. 6v. (Relatório Técnico, 24 739). 1986.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. (1981a) **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000**. São Paulo: IPT. Publicação IPT 1183, Monografia, 5. 2v. 1981a.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000**. São Paulo: IPT. Publicação IPT 1184, Monografia, 6. 2v. 1981b.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT.

Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo - Síntese. São Paulo. (IPT. Relatório, 36 071). 1997.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Cadastramento de erosão e inundação no Estado de São Paulo. São Paulo. (Relatório Técnico, 127824-205). 2012.

LEPSCH, I. F. Formação e Conservação dos Solos. São Paulo (SP): Oficina de Textos, 178p. 2002.

MAACK, R. As consequências da devastação das matas no Estado do Paraná. **Arq. Biol. Técn.**, Curitiba, n. 8, p. 459-472. 1953.

MORGAN, R. P. C. Soil erosion & conservation. 2.ed. London: Longman. 1996.

OLIVEIRA, A. M. dos. S. Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios. Exemplo do reservatório de Capivara, rio Paranapanema, SP/ PR. 211 p. Tese (Doutorado) - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP, São Paulo. 1994.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: Antônio José Teixeira Guerra; Antônio Soares da Silva; Rosângela Garrido Machado Botelho. (Org.). **Erosão e Conservação dos Solos - Conceitos, Temas e Aplicações.** 1 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, v., p. 56-99. 1999.

PERROTA, M. M. et al. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:750.000. São Paulo, 2005.

SALOMÃO F. X. de T. Processos erosivos lineares em Bauru (SP): regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural. 200 p. Tese (Doutorado) - Departamento de Geografia, FFLCH, USP, São Paulo. 1994.

SILVA, J. A. Gestão de recursos hídricos e sistemas de informações geográficas: contribuições para a organização sócio-espacial do Pontal do Paranapanema-SP. Presidente Prudente, [s.n.]. Tese (doutorado) – UNESP, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. 2006.

TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: SUPREN – IBGE. 109 p. 1977.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do. Desastres naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico. 2009.

ABSTRACT: The Peixe River Basin presents serious problems related to linear

erosion of the ravine and gully type. Mismanagement of land use and occupation, both in rural and urban areas, intensifies the development of these processes, resulting in a critical scenery of degradation. This situation causes the production of large amounts of sediment contributing to the siltation of waterways, especially the Peixe River and its tributaries. Surveys conducted by the Technological Research Institute of the State of São Paulo - IPT, in the entire state found that the basin of the Peixe River has the highest number of linear erosion of the ravine and gully type (six thousand). In order to help to prevent or minimize degradation in the Basin, a project is being developed to rank the most critical sub-basins from the point of view of erosion, to guide the actions and the prioritization of investments with the Committee of Hydrographic Basin of the Peixe River.

KEYWORDS: erosion; gully; Peixe *basin*

CAPÍTULO VII

ESTUDO PRELIMINAR DE RISCOS GEOLÓGICOS EM REGIÃO DO MUNICÍPIO DE ARENÁPOLIS, MT: ETAPA PREPARATÓRIA DE DETALHAMENTO DE CAMPO

**Natália de Souza Arruda
Thiago de Oliveira Faria
Fernando Ximenes de Tavares Salomão**

ESTUDO PRELIMINAR DE RISCOS GEOLÓGICOS EM REGIÃO DO MUNICÍPIO DE ARENÁPOLIS, MT: ETAPA PREPARATÓRIA DE DETALHAMENTO DE CAMPO

Natália de Souza Arruda

Universidade Federal de Mato Grosso – Faculdade de Geologia
Cuiabá-MT

Thiago de Oliveira Faria

Universidade Federal de Mato Grosso – Faculdade de Geologia
Cuiabá-MT

Fernando Ximenes de Tavares Salomão

Universidade Federal de Mato Grosso – Faculdade de Geologia
Cuiabá-MT

RESUMO: O mapeamento de áreas de risco geológico possui extrema importância à prevenção de perda de vidas e prejuízos econômicos. No Brasil os principais processos geológicos são os processos erosivos, movimentos de massa, enchentes, inundações e alagamentos. As técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto atualmente auxiliam nos estudos envolvendo áreas de risco, especialmente nas fases iniciais de trabalho, cujas imagens de satélite podem fornecer resultados preliminares em escala regional, orientando as fases posteriores que envolvam levantamento de campo. No estado de Mato Grosso, o município de Arenápolis contém áreas de risco, porém não possui carta geotécnica que possa subsidiar as ações preventivas e corretivas frente aos processos geológicos. Sendo assim, foram desenvolvidas sete etapas de trabalho, incluindo etapa de aquisição e tratamento de imagens de satélite, interpretação das formas e feições de relevo e suas respectivas suscetibilidade à ocorrência de processos geológicos, levantamento do uso e ocupação atual do solo, e a interpretação preliminar das áreas consideradas de risco e que devem receber maior atenção nos futuros trabalhos de detalhamento em campo. Como resultado, em escala de 1:100.000, as áreas interpretadas como de maior risco correspondem às moradias rurais situadas na unidade definida como de relevo de transição I, com terrenos de declividades superiores a 10%. De modo geral, este estudo demonstra ter grande aplicabilidade no planejamento e direcionamento dos trabalhos de campo. Assim, espera-se contribuir substancialmente para tomada de decisão por parte de gestores públicos envolvidos no processo de planejamento e ordenamento territorial do município de Arenápolis.

PALAVRAS-CHAVE: Risco geológico; uso e ocupação do solo; geoprocessamento.

1. INTRODUÇÃO

O mapeamento das áreas de risco geológico se dá pela necessidade de prevenir ou reduzir desastres. Em países tropicais como o Brasil, marcados por terrenos com significativo desenvolvimento de manto de intemperismo e favoráveis condições de disponibilidade hídrica, as principais áreas de riscos geológicos estão

nas margens dos cursos d'água e em encostas de terrenos inclinados. As ações antrópicas que podem potencializar desastres de processos geológicos da dinâmica externa são dentre outras, os desmatamentos, as interferências nos traçados dos cursos d'água, a impermeabilização do solo, a ocupação de encostas e as margens dos cursos d'água.

A análise de suscetibilidade à ocorrência de processos geológicos, assim como o levantamento do uso e ocupação do solo atual constituem etapas fundamentais para mapear áreas de riscos à acidentes geológicos. Trata-se de uma análise integrada envolvendo características dos solos, rochas e relevo, voltadas ao entendimento da dinâmica superficial das paisagens, considerando ainda nesta análise, os processos climático-hidrológicos, para ao final, caracterizar os setores de riscos e produzir subsídios para um correto ordenamento territorial, tanto em áreas urbanas quanto rurais (BITAR, 2014).

Alheiros (2011) explica que o risco geológico é a combinação da suscetibilidade com a vulnerabilidade, em que o primeiro diz respeito às condições inerentes ao meio físico, e o segundo se trata da condição de fragilidade das pessoas, de suas moradias e da infraestrutura do local considerado. Assim, no desenvolvimento de estudos sobre riscos geológicos, percebe-se a necessidade de levantamento de informações relacionadas ao meio físico para uma adequada abordagem da suscetibilidade a ocorrências de processos geológicos, e as relacionadas às características de uso e ocupação do solo.

As técnicas de geoprocessamento apresentam contínuo desenvolvimento, e atualmente contribuem muito para um mapeamento preliminar das áreas de riscos geológicos, permitindo obter produtos cartográficos que retrate a situação de suscetibilidade e risco em escala regional, contribuindo com a otimização dos posteriores trabalhos de campo.

Segundo Zuquette e Gandolfi (2004) uma carta de declividade pode ser efetuada de duas maneiras a primeira envolve dados mais diretos como, medidas retiradas em campo ou por produtos de sensoriamento remoto, e a segunda trata-se de uma análise de mapas topográficos. O mesmo autor ainda lembra que interpretação nos leva a compartimentação e a definição de diferentes unidades, sendo que os resultados estarão estreitamente relacionados a características dos materiais e métodos utilizados, como por exemplo o tamanho do pixel de uma imagem de satélite utilizada, escala de uma aerofoto que foi fotointerpretada, ou o método de interpolação utilizado.

A partir deste contexto o presente trabalho tem como objetivo o mapeamento preliminar de áreas suscetíveis a ocorrências de movimentos de massa, enchentes e inundações, além da respectiva interpretação dos riscos geológicos, considerando o uso e ocupação do solo estabelecido na área de estudo, que situa-se no município de Arenópolis, MT.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido por meio de sete etapas de trabalho cujo os materiais e métodos em cada um deles serão descritos a seguir.

2.1. ETAPA DE DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Foram utilizados dois critérios para a delimitação da área de estudo, um deles correspondeu a necessidade de se abranger o entorno de toda a área urbanizada de Arenápolis, pois com isso considera-se no estudo as principais regiões que sofreram as mais intensas interferências antrópicas no município. O segundo critério envolveu a necessidade de se abranger as adjacências de propriedade rurais próximos a escarpas do Planalto do Tapirapuã, incluindo o Assentamento Rural denominado Imaculado Coração de Maria, que tem sofrido recentemente com processos de movimentos de massa dos mais variados tipos, especialmente nas áreas situadas próximas às escarpas.

2.2. ETAPA DE CAMPO

Na etapa de campo foram efetuadas investigações expeditas em dois dias de trabalho na região sudoeste da área de estudo, em que se reconheceu os principais tipos de solos e características dos substratos geológicos presentes nesta região, o que possibilitou uma interpretação preliminar mais criteriosa das formas e feições do relevo, assim como de riscos geológicos, ambos auxiliados por dados e técnicas de sensoriamento remoto.

2.3. ETAPA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE IMAGENS DE SATÉLITE

As imagens adquiridas foram da folha SD-21-Z-A do Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), disponibilizado pelo site da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), além de imagens do Modelo Digital de Elevação (MDE) do projeto TOPODATA do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e de imagens de alta resolução espacial disponíveis no software AutoGr-Toolkit 3.1. Toda a etapa de tratamento de imagens e produção cartográfica foi desenvolvida no software ArcGIS 10.1, cujas rotinas de geoprocessamento consistiram basicamente da elaboração de mapas hipsométrico e de curvas de nível espaçadas em 10 m, ambas geradas a partir de imagem SRTM; na alteração dos intervalos de declividade do MDE, obtido no TOPODATA, colocando os valores de declividade em unidade de porcentagem; além da interpretação visual das imagens de satélite.

Além do uso do software ArcGIS 10.1, foi utilizado o software AutoGr-Toolkit para capturar imagens de alta resolução do Google Earth, e o software Google

Earth no módulo de navegação em 3D como um auxílio complementar na interpretação de formas e feições do relevo. Assim, pode-se produzir o mapa de formas e feições de relevo e o mapa de uso e ocupação do solo, ambos com escala de referência de 1:100.000, e apresentados neste trabalho em escala de 1:50.000 de modo a se ajustar em tamanho de papel A4 adotado na publicação deste trabalho.

2.4. ETAPA DE INTERPRETAÇÃO DAS FORMAS E FEIÇÕES DE RELEVO

Para a delimitação de todas as unidades efetuou-se interpretação qualitativa dos mapas hipsométrico e de curvas de nível produzidas por técnicas de geoprocessamento, em conjunto com análise de imagens do software Google Earth no módulo de navegação em 3D, assim como interpretação de imagens de satélites de alta resolução provenientes do software AutoGR-Toolkit 3.1. As unidades delimitadas no mapa de formas e feições de relevo são planície de inundação, rampa, escarpa, chapada e relevo de transição I e relevo de transição II.

A unidade definida como de planície de inundação corresponde a trechos no entorno de cursos d'água cuja interpretação dos produtos de sensoriamento remoto indicam a ocorrência de inundação periódica. A região definida com relevo em rampa abrange as áreas com topografia suave, restrita no máximo a 8% de declividade. A unidade interpretada como escarpa ocupa os trechos mais declivosos na área de estudo, apresentando declividades acima de 45%. A região mapeada como chapada reúne áreas com topografia suave, em geral, com declividade menor que 3% e situadas acima de escarpa. As áreas consideradas como de relevo de transição I corresponde principalmente a transição entre os trechos de escarpas com as áreas em rampas, e são formadas por depósitos de tálus e colúvios oriundos do processo de recuo das escarpas, apresentando declividade variando em geral entre 20 e 45%. A unidade definida como relevo de transição II corresponde a trechos de transição entre as chapadas e as escarpas ou depósitos de tálus, tratando-se de áreas que mesmo topograficamente acima das escarpas não pode ser mapeadas como chapadas por apresentar certo grau de inclinação de terreno, pois as suas declividades são superiores a 5%.

2.5. ETAPA DE INTERPRETAÇÃO DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSAS E PROCESSOS DE ENCHENTES E INUNDAÇÃO

Na interpretação de suscetibilidade a ocorrência de processos geológicos, foram considerados os processos de movimentos de massa, enchente, e inundações, que são os principais processos geológicos interpretados para a área de estudo. Assim, realizou-se interpretação de potencial a ocorrências dos três processos considerados em cada unidade de formas e feições de relevo, que receberam então grau alto, médio ou baixo para ocorrência de movimentos de

massa, enchente e inundação.

2.6. ETAPA DE ELABORAÇÃO DO MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Foram consideradas cinco classes de formas de uso e ocupação do solo, denominadas de área urbanizada, residências rurais, ocupação agrícola, lâmina d'água e cobertura vegetal. A área urbanizada corresponde basicamente a cidade de Arenápolis. As residências rurais foram mapeadas como construções de moradias situadas fora da área urbanizada de Arenápolis. A unidade identificada como ocupação agrícola abrange as áreas abertas que são ocupadas atualmente por pastagens ou lavouras, sendo que não foi possível individualizar as áreas de pastagens das de lavouras devido ao limite de escala utilizada no trabalho. Os trechos identificados como lâmina d'água correspondem as feições de água visualizadas nas imagens de satélite e que foram passíveis de representação cartográfica na escala de apresentação do mapa de uso e ocupação do solo. A unidade denominada cobertura vegetal são formadas por áreas que apresentam vegetação natural ou não, com densidade e dimensões o suficiente para serem representados no mapa de uso e ocupação do solo.

2.7. ETAPA DE INTERPRETAÇÃO PRELIMINAR DE RISCO GEOLÓGICO

Para a interpretação dos setores de riscos geológico se analisou o cruzamento de dois planos de informação (PIs), representados pelo mapa de formas e feições do relevo com interpretação da suscetibilidade a processos geológicos e o mapa de uso e ocupação do solo, desenvolvido em ambiente SIG no software ArcGIS 10.1, se estabelecendo de forma preliminar os setores de risco alto, médio e baixo, em que os processos geológicos possam trazer repercussão social ou econômica no município de Arenápolis.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. MAPEAMENTO DE FORMAS E FEIÇÕES DE RELEVO

As unidades delimitadas no mapa de formas e feições de relevo (Figura 1) são planície de inundação, rampa, escarpa, chapada e relevo de transição I e relevo de transição II. Para a delimitação de todas as unidades efetuou-se interpretação qualitativa das curvas de nível produzidas por técnicas de geoprocessamento em conjunto com análise de imagens do software Google Earth no módulo de navegação em 3D, assim como interpretação de imagens de satélites de alta resolução provenientes do software AutoGR-Toolkit 3.1.

A unidade definida como de planície de inundação corresponde a trechos no entorno de cursos d'água cuja interpretação dos produtos de sensoriamento remoto indicam a ocorrência de inundação periódica. A região definida com relevo em rampa abrange as áreas com topografia suave, restrita no máximo a 8% de declividade.

A unidade interpretada como escarpa ocupa os trechos mais declivosos na área de estudo, apresentando declividades acima de 45%. A região mapeada como chapada reúne áreas com topografia suave, em geral, com declividade menor que 3% e situadas acima de escarpa. As áreas consideradas como de relevo de transição I corresponde principalmente a transição entre os trechos de escarpas com as áreas em rampas, e são formadas por depósitos de tálus e colúvios oriundos do processo de recuo das escarpas, apresentando declividade variando em geral entre 10 e 45%.

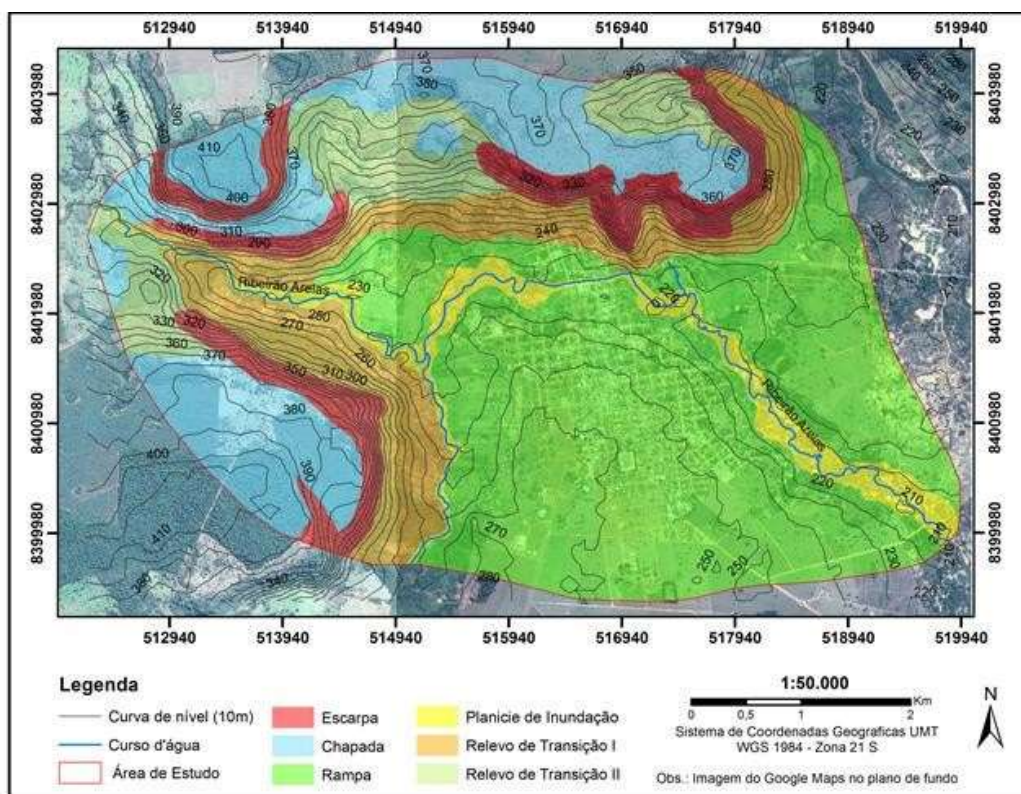


Figura 7 Mapa de formas e feições de relevo na área de estudo.

A unidade definida como relevo de transição II corresponde a trechos de transição entre as chapadas e as escarpas ou depósitos de tálus, tratando-se de áreas que mesmo topograficamente acima das escarpas não pode ser mapeadas como chapadas por apresentar certo grau de inclinação de terreno, pois as suas declividades são superiores a 5%.

3.2. INTERPRETAÇÃO DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSAS E PROCESSOS DE ENCHENTES E INUNDAÇÕES

As áreas de planície de inundação são ausentes de vulnerabilidade a movimentos de massa, mas em contrapartida possuem alta vulnerabilidade a ocorrência de enchentes e inundações periódicas. E a unidade definida como relevo de transição I corresponde a áreas praticamente ausentes de suscetibilidade a ocorrências de enchentes e inundações, mas que apresentam média a alta vulnerabilidade a ocorrências de movimentos de massas.

Com relação a unidade de relevo de transição II, trata-se de áreas interpretadas como de baixa suscetibilidade a ocorrência de processos de movimentos de massas, e que não apresentam suscetibilidade a ocorrências de enchentes e inundações. Já a forma de relevo mapeada como rampa são áreas de ausência de vulnerabilidade a ocorrências de processos de movimentos de massa, enchente e inundação, correspondendo a unidade mais estável mapeada na área de estudo.

A unidade delimitada como chapada constitui uma unidade de relevo que devido as condições planas do seu terreno não apresenta vulnerabilidade a ocorrência de movimentos de massas, e dada a ausência de canais de drenagens também não apresentam suscetibilidade a incidência de enchentes e inundações. E o relevo de escarpa possui ausência de vulnerabilidade a ocorrências de enchentes e inundações, e apresentam alta vulnerabilidade a ocorrências de variados processos de movimentos de massa, como queda de blocos, rastejo e escorregamento.

3.3. MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O mapeamento do uso e ocupação do solo (Figura 2) releva que na área de estudo predomina áreas com ocupação agrícola e cobertura vegetal, com menor proporção de áreas identificadas como residenciais rurais e lâmina d'água.

3.4. MAPA PRELIMINAR DE RISCO GEOLÓGICO

O setores considerados como de alto risco correspondem aos locais que possuem residências rurais situados no relevo de transição I, como podemos observar na Figura 3, pois trata-se de setores com pessoas residentes em locais que são interpretados como suscetível a sofrer processos de movimentos de massa, e dessa forma, a ocorrências desses processos tendem a provocar significativas interferências negativas do ponto de vista socioeconômico do ambiente em questão.

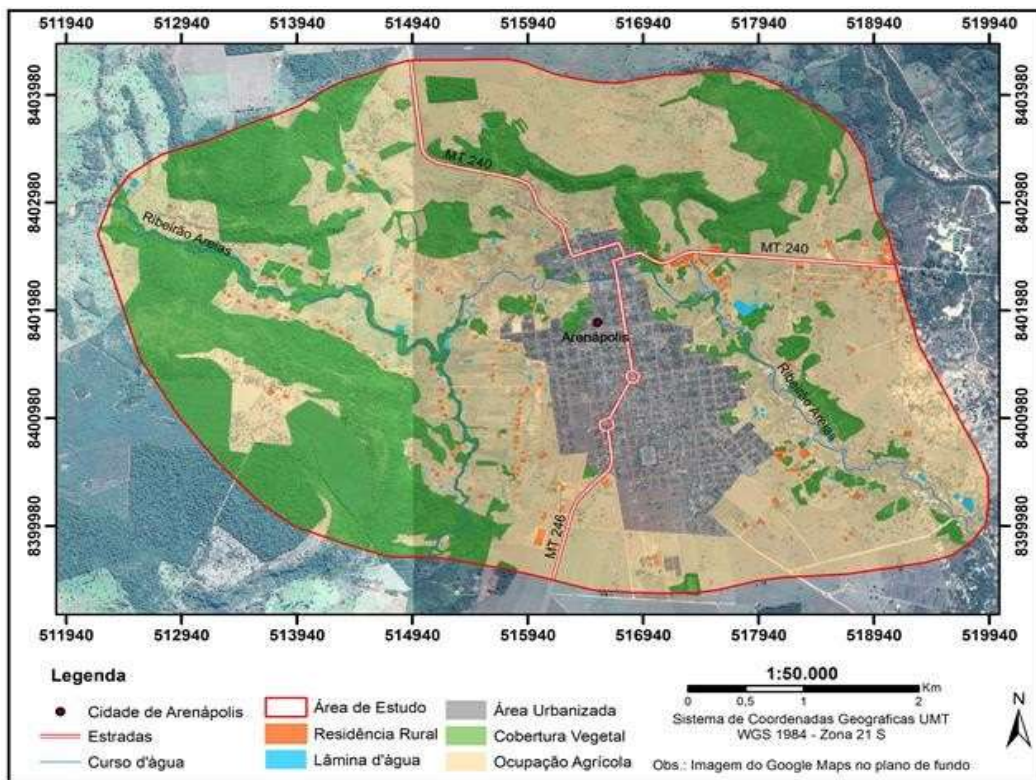


Figura 8 Mapa de uso e ocupação do solo da área de estudo.

As áreas mapeadas preliminarmente como de risco médio correspondem a setores com ocupação agrícola, podendo ser tanto lavoura quanto pastagem, que estão situadas em relevo de transição I, ou seja, em áreas com média a alta vulnerabilidade a ocorrências de movimentos de massas, e que em caso de incidência de tais processos, há de haver repercussões principalmente econômica, com prejuízos financeiros em decorrências de destruição de lavouras ou pastagem, mas que em caso de ocorrência de processos geológicos quando da presença de moradores rurais, pode-se haver risco à integridade física de tais pessoas. Dessa forma, estas áreas, a exemplo da unidade definida como de risco alto, também são indicadas a receber atenção especial nos trabalhos de detalhamento de campo.

Em relação as áreas identificadas como risco baixo, trata-se de locais com uso do solo por ocupação agrícola e que estão situadas em relevo de transição II, ou seja, em unidades interpretadas como de baixa vulnerabilidade a incidência de processos de movimentos de massa, e em razão disso, também se interpretou como áreas de baixo risco, além do fato de haver mais previsão de prejuízo econômico do que em relação a integridade de moradores.

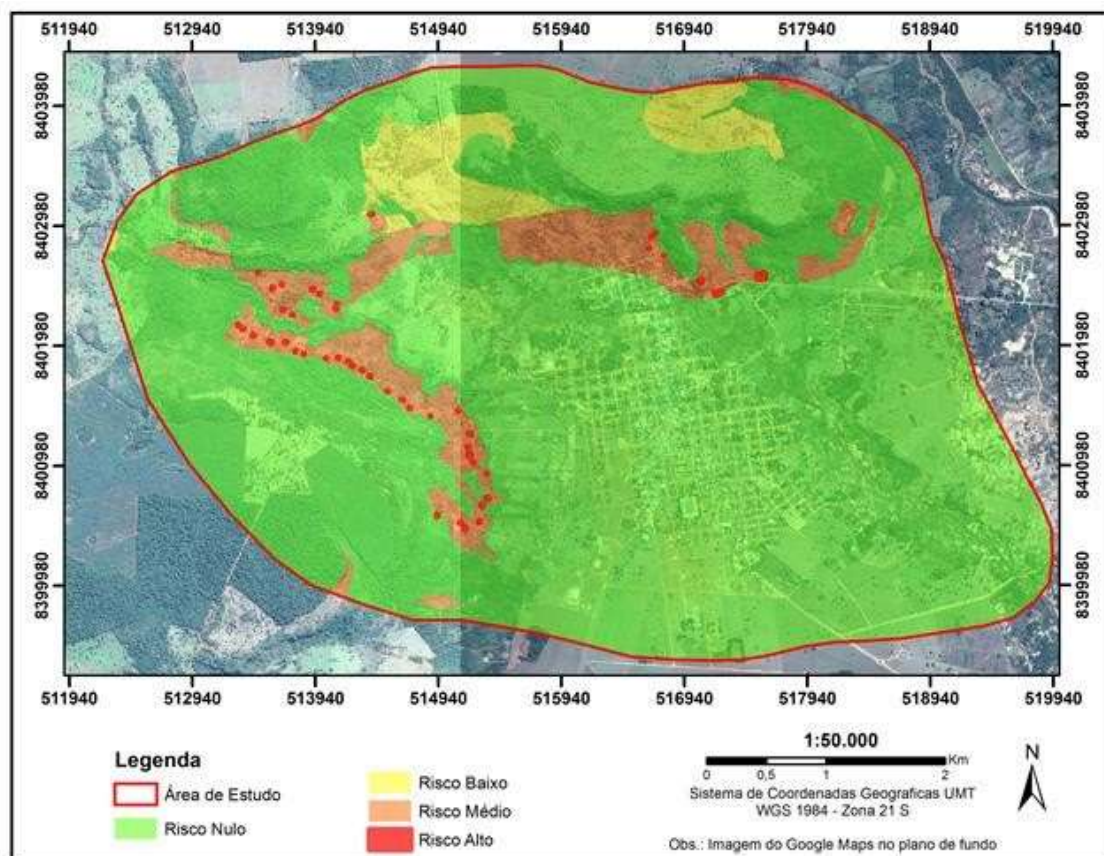


Figura 9 Mapa preliminar de risco geológico da área de estudo.

4. CONCLUSÕES

Mesmo com o nível restrito, em termos espaciais, das informações de campo disponíveis para o desenvolvimento do atual trabalho, e apesar de se basear principalmente em dados e informações oriundas de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, o atual estudo produziu resultados úteis para uma compreensão inicial acerca das áreas suscetíveis a ocorrência de processos geológicos e os riscos associados.

Quanto aos resultados alcançados, destaca-se que os trechos interpretados como de maiores riscos na área de estudo, correspondem às moradias rurais situadas no relevo de transição I, ou seja, em terrenos formados principalmente por depósitos de tálus e colúvios, formados por materiais de limitada estabilidade e que apresentam declividades superiores a 10%, se tratando de trechos indicados para futuros trabalhos de detalhamento previsto para serem desenvolvidos na área de estudo.

Este estudo demonstra ter grande aplicabilidade no planejamento e direcionamento dos trabalhos de campo que serão efetuados como etapa sequencial deste estudo, ou seja, foi produzido subsídios relevantes para uma melhor otimização dos futuros trabalhos de detalhamento de campo. Assim, este estudo e sua sequência prevista, deve contribuir substancialmente com os gestores

públicos envolvidos no processo de planejamento e ordenamento territorial do município de Arenópolis.

REFERÊNCIAS

ALHEIROS, M.M. **Gestão de Riscos Geológicos no Brasil**. São Paulo: ABGE. Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental - RBGEA, n 1, vol 1, p. 109 – 122. nov. 2011.

BITAR, O. Y. **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações 1:25.000**: nota técnica explicativa. São Paulo: IPT, 2014. 50p. (IPT Publicação 3016).

EMBRAPA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**. Súmula da X Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro. 83p. 1979. (Embrapa-SNLCS. Miscelânea, 1).

ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. **Cartografia geotécnica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

ABSTRACT: The mapping of geological risk areas is extremely important to prevent loss of life and economic losses. In Brazil the main geological processes are erosion, mass movements, floods and flooding. The GIS and remote sensing techniques currently help studies involving risk areas, especially in the early stages of work, whose satellite images can provide preliminary results on a regional scale, guiding the later stages involving field survey. In the state of Mato Grosso, the Arenópolis municipality contains areas of risk, but does not have geotechnical letter that can support the preventive and corrective actions front of geological processes. Thus, we developed seven stages of work, including step acquisition and processing of satellite images, interpretation of shapes and relief features and their susceptibility to the occurrence of geological processes, survey of current use and occupation of land, and the interpretation primary areas considered at risk and should receive greater attention in future work of detail on the field. As a result, scale 1: 100,000, areas interpreted as higher risk correspond to rural villas situated in the unit set to transition relief I, slope of land above 10%. Overall, this study shows a high applicability in the planning and direction of the field work. Thus, it is expected to contribute substantially to decision- making by public managers involved in the process of planning and land use planning in the city of Arenópolis.

KEYWORDS: Geological risk; Use and occupation of soil; Geoprocessing.

CAPÍTULO VIII

FRAGILIDADE POTENCIAL E EMERGENTE NO BAIRRO BRIGADEIRO TOBIAS, SOROCABA-SP

**Camila Bertaglia Carou
Fernando Nadal Junqueira Villela
Eduardo Soares de Macedo
Marcos Roberto Martines**

FRAGILIDADE POTENCIAL E EMERGENTE NO BAIRRO BRIGADEIRO TOBIAS, SOROCABA-SP

Camila Bertaglia Carou

Universidade de São Paulo (USP) – Departamento de Geografia.
São Paulo (SP)

Fernando Nadal Junqueira Villela

Universidade de São Paulo (USP) – Departamento de Geografia.
São Paulo (SP)

Eduardo Soares de Macedo

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) - Seção de
Investigação, Riscos e Desastres Naturais.
São Paulo (SP)

Marcos Roberto Martines

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) - Departamento de Geografia, Turismo
e Humanidades.
Sorocaba (SP)

RESUMO: A análise de fragilidades potencial e emergente de uma determinada área visa compreensão dos fatores naturais e antrópicos a partir de uma perspectiva geomorfológica. Neste trabalho, tal análise foi utilizada para a caracterização de uma área de risco a escorregamentos. O bairro Brigadeiro Tobias, destaque em ocorrências de movimentos de massa no município de Sorocaba, foi mapeado seguindo estes preceitos para que fosse possível uma delimitação de áreas frágeis à ocupação, assim como determinação dos agentes responsáveis por deflagrarem tais processos.

PALAVRAS-CHAVE: Movimentos de massa; áreas de risco; fragilidade; Sorocaba.

1. INTRODUÇÃO

O município de Sorocaba-SP encontra-se inserido no contato entre dois macrocompartimentos geomorfológicos, a Depressão Periférica e o Planalto Atlântico, ou seja, transição de um relevo sustentado por rochas cristalinas para um relevo sustentado por rochas sedimentares.

O bairro Brigadeiro Tobias possui trecho rural, localizado mais a sul, e área urbanizada, onde há maior concentração de moradias e, por conseguinte, os registros de escorregamentos. A área é caracterizada por altitudes que variam em torno de 600 a 720 m, possui loteamentos de médio padrão e casas construídas ao lado de taludes de corte efetuados sem as devidas medidas estruturais necessárias.

A metodologia utilizada foi escolhida para que se pudesse ter uma análise de movimentos gravitacionais de massa a partir de uma visão geomorfológica,

compreendendo a interação entre os elementos da paisagem que a metodologia da Fragilidade Potencial e Emergente permite.

Já o bairro foi escolhido para a pesquisa devido ao fato de ser destaque em ocorrências de movimentos de massa no município de Sorocaba.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

2.1. Caracterização geral

A área de estudo, em geral, tem sua configuração geomorfológica caracterizada por quatro litologias - Granito Sorocaba típico, Lamitos, Metarenitos e Sedimentos Quaternários - (Instituto Geológico, 2009), relevo mamelonar, média declividade, alguns vales encaixados, solos incipientes e, algumas vezes, rasos e presença de matacões. A vegetação na área urbanizada, em sua maioria, é caracterizada por braquiária, observando-se em apenas alguns pontos vegetação de maior porte. Possui uma morfologia favorável à estabilidade dos terrenos uma vez que a maioria do bairro é caracterizada por Vertentes Convexas (VC) e Patamares Convexos (PC), predominando assim o escoamento superficial. Porém, a maior concentração de moradias se localiza em Vertentes Côncavas (VCC), predominando o acúmulo e/ou infiltração da água.

2.2. Movimentos de massa

Os registros de ocorrências e as análises em campo demonstraram que os escorregamentos da área estão diretamente ligados a retaludamentos efetuados por moradores sem os devidos critérios técnicos.

Toma-se como exemplo as fotos a seguir (Figura 1): a) casa construída ao lado de um talude de corte, sendo que a mesma se encontra muito próxima a este; b) casa construída logo abaixo do talude de corte; c) e d) casas construídas muito próximas ao talude de corte feito em dois níveis, o qual não obedece a critério algum e possui feições erosivas que podem induzir à instabilidade do terreno.



Figura 10 - Pontos do bairro de estudo onde se encontram taludes de cortes efetuados sem critérios técnicos. Foto: CAROU, C. B. (2013).

2.3. Levantamento em Campo

O levantamento em campo teve como objetivo a conferência de dados levantados em gabinete e do mapeamento realizado e recolher dados de locais onde havia cicatrizes e/ou taludes para que os mesmos fossem analisados e, posteriormente, plotados em mapa, a fim de adicionar esses dados ao mapa de fragilidade emergente. Com isso, foi possível coletar informações acerca das ruas mais críticas do bairro em relação a diversos fatores como: drenagem precária, casas muito próximas ao topo ou base de um talude, etc.

3. MAPEAMENTO DE FRAGILIDADES

O mapeamento de fragilidades potencial e emergente foi realizado a fim de se ter um panorama a respeito do principal agente que deflagra tais escorregamentos. Assim, o mesmo foi efetuado a partir da interpolação de informações em SIG, tendo valores classificatórios para cada categoria. Para a carta de fragilidade potencial (Figura 2) considerou-se a declividade, morfologia e geologia, sendo que, após a álgebra de mapas, foram adicionadas rupturas de declive côncavas e convexas restituídas a partir de fotografias aéreas em escala 1:25.000. Para a fragilidade emergente (Figura 3) usou-se declividade, morfologia, geologia e uso da terra, obtendo um mapa síntese, no qual foram adicionados os pontos de taludes coletados em campo.

Para a elaboração destas cartas, foram atribuídos valores normalizados para intervalos numéricos de modo que fosse possível realizar a álgebra de mapas. Essa etapa é fundamental para migração dos dados qualitativos para quantitativos às classes de cada mapeamento, para que fosse possível a interpolação de dados para o resultado final. Assim, utilizou-se um software SIG, o qual recebeu comandos manuais para a determinação de valor para cada classe.

O critério de determinação dos valores foi feito por meio de leituras

direcionadas. Deste modo, como base para a delimitação das classes de geologia utilizou-se ABGE (1998); para declividade, utilizou-se Ross (1992); para uso da terra e morfologia, os valores foram atribuídos conforme conhecimento prévio da autora principal, sem poder citar uma bibliografia específica. Assim, foram estabelecidos valores de 1 a 5, sendo o menor valor o menos suscetível, estabelecendo então uma relação numérica (Tabela 1).

Tabela 6 - Valores atribuídos para cada variação de classes, necessários ao cruzamento dos mapas intermediários. Org. CAROU, 2013

Classes	Variações	Fragilidade
Morfologia	Vertente Escarpada	5
	Vertente Retilínea	5
	Vertente côncava	4
	Vertente convexa	3
	Planície Fluvial	3
	Patamar Convexo	2
	Topo Convexo	2
	Patamar Plano	1
	Topo Plano	1
Declividade	0-2%	1
	2-5%	2
	5-12%	3
	12-30%	4
	30-47%	5
Geologia	Granito Sorocaba Típico	1
	Sedimentos Quaternários	2
	Lamito	3
	Metarenito	4
Uso da Terra	Vegetação Arbórea e Arbustiva	1
	Vegetação Rasteira; Lamina d'água	2
	Agricultura	3
	Área Urbanizada; Comercial; Vias	4
	Solo exposto	5

Assim, como nos valores de fragilidade, foram atribuídos pesos para cada parâmetro de informação geográfica. Estes pesos foram atribuídos através de consulta a especialistas da área, considerando a configuração do meio físico local,

e, após a atribuição, realizou-se uma média (Tabela 2).

Tabela 7 - Tabela de pesos atribuídos para cada classe, considerando o cruzamento para fragilidade potencial e para emergente. Org. CAROU (2013)

Fragilidade	Potencial	Emergente
Morfologia	0,34	0,28
Declividade	0,46	0,33
Geologia	0,20	0,15
Uso da Terra	-----	0,24

Como a soma das médias de fragilidade potencial não resultou em 1,0, optou-se, devido às características da área, por elevar o valor da morfologia de 0,33 para 0,34. Da mesma forma que a soma das médias para a carta de fragilidade potencial, a emergente também não resultou em 1,0. Assim, arredondou-se novamente o valor da morfologia, alterando de 0,26 para 0,28. As combinações resultaram nos mapas de fragilidade potencial e emergente.

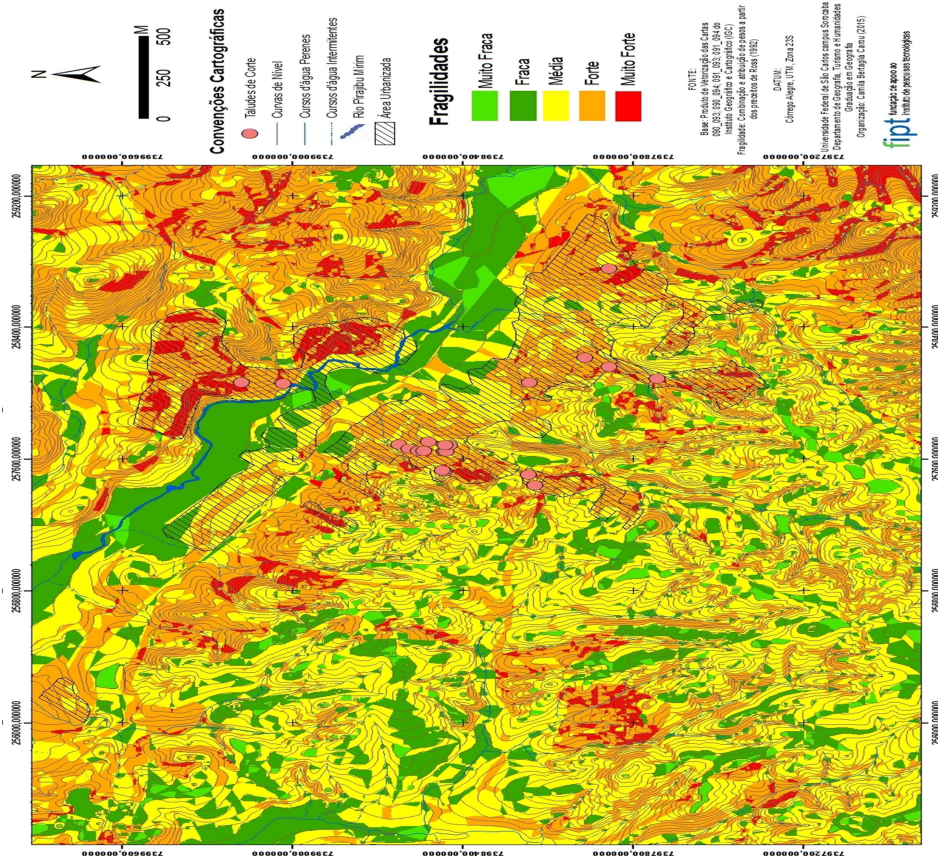


Figura 12 - Mapa de Fragilidade Emergente do Bairro Brigadeiro Tobias, Sorocaba- SP. Org.. CAROU, 2013

A carta de fragilidade potencial (Figura 2) mostrou que a área de estudo é, em maior parte, composta por fragilidade potencial média e forte, e possui alta suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa em apenas alguns locais, tendo o setor NE como o mais suscetível.

A área urbana local é dividida pelo Rio Pirajubu Mirim em dois trechos, sendo, em sua margem direita (sentido setor NE da área) a Vila Astúrias e margem esquerda, Brigadeiro Tobias. A fragilidade da Vila Astúrias, é muito forte, isso devido ao fato de que o setor possui as maiores declividades da área, juntamente com substrato de lamitos e vertentes escarpadas e retilíneas, fazendo com que sua suscetibilidade se destaque. Ressalta-se ainda que este setor possui significativas rupturas de declive convexas, aumentando ainda mais sua fragilidade potencial. Apesar de este setor possuir menor ocupação, a concentração da mesma se dá em setor de fragilidade forte a muito forte, sendo a instalação irregular de moradias um fator preocupante.

Já o setor referente à urbanização de Brigadeiro Tobias possui maior concentração de moradias do que a anterior, e possui, em sua maioria, fragilidades médias e fracas, e não possui rupturas de declive convexas, apenas côncavas na planície do Rio Pirajubu Mirim. Porém, conforme o bairro se desenvolve para SW, a

densidade de moradias diminui assim como a fragilidade aumenta significativamente, sendo assim, mesmo que em menores porcentagens, existem residências instaladas em área de fragilidade potencial muito forte, junto com taludes de corte e registro de ocorrências.

Portanto, o perímetro urbano atual de Brigadeiro Tobias possui suscetibilidade a movimentos de massa em trechos com uma pequena parcela de moradias. Porém, o crescimento urbano, ordenado ou não, parece estar se desenvolvendo para três direções diferentes, sendo: NW, SE e/ou SW, sendo os dois últimos os mais preocupantes.

Para contrapor à carta de fragilidade potencial e explicar o porquê de Brigadeiro Tobias ser considerada uma área de risco, uma vez que não possui alta suscetibilidade, a carta de fragilidade emergente (Figura 3) mostra a interferência direta do uso da terra com os elementos do meio físico local. Assim, ficou claro que a área de estudo é, em geral, classificada com fragilidade emergente média. Porém, a concentração de fragilidade emergente forte possui estreita relação com o desenvolvimento da área urbana, sendo perceptível a delimitação da cor laranja em torno desta área.

Destaca-se novamente o setor NE pelo fato de que a Vila Astúrias está se desenvolvendo justamente na região mais crítica do setor, local onde se encontra as vertentes retilíneas resultantes da falha geológica que por ali passa. A urbanização de Brigadeiro Tobias não é tão crítica quanto a anterior, porém, percebe-se que todos os pontos coletados de taludes deste trecho se localizam em forte fragilidade. Além disso, todo setor, possui uma combinação que o caracteriza com forte fragilidade emergente.

O setor SE também contempla a combinação de retaludamentos em áreas de forte fragilidade, sendo que o setor é caracterizado, em sua maioria, por esta classe. Já o setor SW não possui ocupação, assim, os trechos com alta fragilidade são menos aparentes, destacando o setor em média fragilidade. Ressalta-se apenas um trecho que é caracterizado por forte fragilidade com manchas de fragilidade muito forte. Isso se deve ao fato de ser um grande loteamento com solo exposto, tendo assim alta probabilidade de movimento de massa.

Por fim, o setor NW, que possui baixa incidência de urbanização, se caracteriza com média fragilidade. O trecho em que aparecem fragilidades forte e muito forte é consequência da presença de grandes áreas com solo exposto.

Deste modo, o risco dado ao bairro Brigadeiro Tobias é ligado a ocupações irregulares, uma vez que a maior concentração de moradias se dá em área de baixa suscetibilidade, mas, ao mesmo tempo, concentram o maior número de ocorrências de movimentação.

Os taludes registrados em campo foram plotados após a confecção da carta de fragilidade emergente, não sendo considerados pelo método *intersect*. Assim, o fato de todos os taludes, sem exceção, estarem localizados em área de forte fragilidade emergente, é um fator preocupante. Deste modo, as ações necessárias ao bairro remetem ao monitoramento e estabilização dos taludes de corte e/ou direcionamento das águas de fluxo superficial.

4. CONCLUSÕES

Apesar de possuir algumas características, tais como possibilidade de grande escoamento superficial em alguns setores, vales encaixados, litologia foliada e muitos sedimentos inconsolidados à montante da área, grande parte do bairro não apresenta risco a movimentos gravitacionais de massa.

Deste modo, as formas antropogeomorfológicas, ou seja, os taludes e os aterros lançados são os responsáveis pelas ocorrências registradas ali. Devido ao fato destas serem feitas sem medidas técnicas, a possibilidade de deflagração de movimentos de massa, mesmo em um lugar relativamente estável, é grande.

Conclui-se então que o perímetro urbano de Brigadeiro Tobias não se localiza em área com fragilidades potenciais preocupantes, tendo apenas pequena parcela de moradias localizadas em áreas de forte fragilidade. Porém, é necessário se ter atenção a Vila Astúrias, uma vez que possui alta suscetibilidade a movimentos de massa e também forte fragilidade emergente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (FIPT) pelo financiamento desta pesquisa. A primeira autora agradece aos demais autores pela orientação ao longo da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABGE. **Geologia de Engenharia**. Editores: Antônio Manoel dos Santos Oliveira, Sérgio Nertan Alves de Brito. – São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

INSTITUTO GEOLÓGICO. **Mapa Geológico do Município de Sorocaba**. Publicação em mídia eletrônica das cartas geológicas executadas pelo Instituto Geológico (SMA/SP) para subsidiar a ocupação e uso do meio físico na região entre Sorocaba e Campinas. Programa Levantamento Geológicos Básicos. Vol. II. São Paulo. 2009

ROSS, J. L. S.- **O Registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo** In: Revista do Departamento de Geografia 6, DG-FFLCH-USP, São Paulo: 17 – 28. (1992)

ABSTRACT: The analysis of potential and emerging fragility of a given area aims at understanding of natural and anthropogenic factors from a geomorphological perspective. In this work, such analysis was used to characterize a risk area to landslides. Brigadeiro Tobias neighborhood is featured in mass movement

occurrences in Sorocaba and was mapped by following these precepts to make it possible delimitation of fragile areas to the occupancy, as well as determination of the agents responsible for deflagration such process.

KEYWORDS: Mass movements; Risk areas; Fragility, Sorocaba.

CAPÍTULO IX

GESTÃO DE RISCOS COMO POLÍTICA PÚBLICA PRIORITÁRIA NA REGIÃO DO GRANDE ABC

**Luiz Antonio Bongiovanni
Sandra Teixeira Malvese**

GESTÃO DE RISCOS COMO POLÍTICA PÚBLICA PRIORITÁRIA NA REGIÃO DO GRANDE ABC

Luiz Antonio Bongiovanni

Geólogo na Regea Geologia, Engenharia e Estudos Ambientais Ltda.

São Paulo – São Paulo

Sandra Teixeira Malvese

Professora no Centro Universitário Fundação Santo André

Secretária de Obras e Planejamento do Município de Rio Grande da Serra

Santo André – São Paulo

RESUMO: Nos últimos anos houve, nas grandes cidades, um aumento do número de ações referentes à percepção e análise dos riscos geológicos decorrentes da incidência de chuvas onde há precariedade habitacional. Porém, mesmo com os avanços trazidos pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, ainda existem questões que precisam ser articuladas e solucionadas nos municípios, para torná-los, de fato, resilientes. Na Região do Grande ABC paulista, muitos foram os avanços na Gestão Regional de Riscos Urbanos, no que tange ao monitoramento e ações preventivas desenvolvidas pelo Consórcio Intermunicipal Grande ABC, entidade pública que articula os sete municípios. Este artigo visa apresentar algumas destas ações que tem caráter inédito, que avançam no sentido da implementação da Lei 12608/12.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de Riscos, Política pública, Região do Grande ABC

1. INTRODUÇÃO

Este artigo tem por objetivo apresentar o processo de desenvolvimento das atividades do Consórcio Intermunicipal Grande ABC na área da gestão de Riscos ambientais urbanos. O Consórcio Intermunicipal Grande ABC é uma entidade pública que articula as sete cidades do Grande ABC, composto por Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, Diadema, Mauá, Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra e desenvolve, desde 2010, ações nas áreas de Defesa Civil e Gestão de Riscos, no sentido de aprimorar as gestões municipais, e, recentemente, adequar os municípios em relação à Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, e, principalmente, construir um modelo de gestão regional de riscos.

2. O CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL GRANDE ABC e o GT DEFESA CIVIL

O Consórcio Intermunicipal Grande ABC é uma entidade pública formada pelos sete municípios do Grande ABC e tem por objetivo realizar o planejamento e execução de ações de caráter regional. Fundado em 1990, a entidade foi

responsável pela articulação e desenvolvimento de diversas políticas para a Região, tornando-se em 2010, o primeiro consórcio multissetorial de direito público e natureza autárquica do país, adequando-se à lei dos Consórcios Públicos, a Lei nº 11.107 de 2005. Esta adequação legal abriu novas perspectivas ao permitir captação de recursos do Governo Federal e Estadual, ampliando as possibilidades de atuação da entidade no desenvolvimento de políticas públicas.

O Consórcio é constituído pela Assembleia Geral, constituída pelos sete prefeitos, que se reúnem uma vez por mês ou em caráter extraordinário. As deliberações são encaminhadas pela Secretaria Executiva com o auxílio de uma equipe técnica, assistentes e dos Grupos de Trabalho (GTs). Os Grupos de Trabalho são grupos formados por técnicos e gestores indicados pelos gabinetes de cada prefeitura consorciada, que desenvolvem atividades de acordo com cada tema proposto. Atualmente o Consórcio possui cerca de 20 GTs em atividade. Dentre os Grupos de trabalho existentes estão o de Mobilidade, Planejamento Urbano, Meio Ambiente, dentre outros.

A região metropolitana do Grande ABC paulista é historicamente marcada pela ocorrência de desastres ambientais de natureza geológica-geotécnica e hidrológica como escorregamento de encostas, solapamento de margens de córregos, inundações e alagamentos que ao longo dos anos além de perdas e danos vultosos provocaram dezenas de mortes. Simultaneamente, as administrações municipais na sua maioria, por motivos diversos, sempre relevaram tais questões a um segundo plano e as tratavam como tarefa específica dos despreparados órgãos municipais de Defesa Civil, muitos sem os devidos recursos materiais, humanos, técnico-tecnológicos, administrativos e orçamentários, portanto em condições precárias para dar conta da tarefa que lhes foi incumbida.

Em 2010 foi criado o GT Defesa Civil, por solicitação dos Coordenadores Municipais das Defesas Civas da Região em parceria com o Coordenador Regional da Defesa Civil do Estado de São Paulo (REDEC), com o intuito de tratar de forma integrada as ações decorrentes das chuvas. Uma das primeiras medidas do GT Defesa Civil no Consórcio, em 2011, foi a aquisição de diversos equipamentos, tais como notebooks, projetores, câmeras fotográficas, entre outros, e catorze viaturas, entregues às Defesas Civas municipais, no sentido de uniformizar a infraestrutura de cada município, diminuindo as diferenças entre eles.

Naquele mesmo momento, para aprimorar o monitoramento meteorológico da Região, foram realizadas visitas técnicas do Grupo ao CGE – Centro de Gerenciamento de Emergências de São Paulo, e à FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, entidade que opera as informações do SAISP – Sistema de Alerta às Inundações de São Paulo. Uma parceria do Consórcio com o DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica possibilitou o acesso dos gestores das Defesas Civas ao sistema SAISP e aos dados do Radar Ponte Nova, em tempo real, além de capacitação para o monitoramento, promovida na FCTH. Além disso, o Consórcio iniciou, ainda no final de 2011, parceria com CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais que monitora áreas de risco e emite alertas às cidades do ABC, para troca de informações quanto às áreas

mapeadas de risco, culminando, em 2013 com a celebração de convênio para aquisição de pluviômetros automáticos e semiautomáticos do CEMADEN, o que proporcionou ao Grande ABC a instalação de uma notável rede de pluviometria cobrindo toda a região.

Ainda em 2011, o GT Planejamento Urbano em conjunto com o GT Defesa Civil realiza discussões em torno do mapeamento de riscos em cada município, no sentido da elaboração de um Programa Regional de Redução de Riscos - PRRR, visando o planejamento integrado de ações regionais para área de risco de escorregamento de encostas, solapamento de margens de córregos, inundações e alagamentos.

Em 2012 o Consórcio contratou o IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas – para dar suporte à elaboração dos Planos Municipais de Redução de Riscos para Santo André, Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra, municípios cujo PMRR estava desatualizado. Paralelamente esse contrato realizou o estudo das susceptibilidades à inundações município de São Caetano do Sul. Esses estudos também produziram diagnóstico e diretrizes para gestão desses processos tanto no âmbito municipal como no regional. Tais ações constituíram uma primeira etapa de desenvolvimento do PRRR. Com todos os Planos Municipais disponíveis, os municípios puderam contar com um importante ferramental para definir ações e projetos prioritários.

Em paralelo ao desenvolvimento dos PMRRs para Rio Grande da Serra, Ribeirão Pires e Santo André e carta de susceptibilidades à inundações para São Caetano do Sul, os municípios de São Bernardo do Campo, Diadema e Mauá, que já tinham seus PMRRs, apresentaram suas propostas de execução de obras emergenciais para redução/erradicação de riscos ao Plano de Aceleração do Crescimento - PAC Encostas, desenvolvido no âmbito do Plano Nacional de Gestão de Risco e Resposta a Desastres Naturais. As propostas foram encaminhadas e analisadas pelo Ministério das Cidades que culminou no anúncio da Presidência da República, destinando 104 Milhões de Reais a projetos e obras de contenção de encostas na Região.

Em 2012, o Consórcio Intermunicipal Grande ABC realizou parceria com a Universidade Federal do ABC, para realização do curso Gestão de Riscos Geológicos em Ambiente Urbano: Escorregamentos e Processos Correlatos, para capacitação às equipes técnicas das áreas de Defesa Civil e Planejamento Urbano, envolvidos com o tema de áreas de risco,

O Grupo de Trabalho também iniciou as discussões sobre a, até então, recente lei 12608/12, que trata da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, no sentido de uniformizar entendimentos e adequações necessárias por parte dos municípios.

Em 28 de maio de 2013 o Consórcio realizou a Oficina Técnica Desafios da Gestão de Riscos Urbanos no Grande ABC, que entre outros desdobramentos, proporcionou a criação, dentro do Consórcio, do Grupo Temático Gestão de Riscos, decisivo no encaminhamento de ações posteriores de caráter regional.

3. O GRUPO TEMÁTICO GESTÃO DE RISCOS

Uma das ações prioritárias de trabalho do Grupo Temático Gestão de Riscos foi o levantamento das moradias em risco alto e muito alto, a partir dos PMRRs concluídos, para desenvolvimento de ação preventiva integrada entre os municípios e o Estado para eliminação de R3 e R4, antes do período chuvoso. Dos PMRRs, foram identificadas cerca de 24.242 moradias em risco, sendo 9.374 em risco alto ou muito alto. Destas, foram identificadas aquelas não consolidáveis por meio de obras de contenções e aquelas cujo risco poderia evoluir rapidamente com as próximas chuvas, e foram consideradas “de risco iminente”. Na região, ao final de 2013, foram consideradas 630 moradias “em risco iminente”.

A partir desse levantamento foi dado início às tratativas com o Governo do Estado para possibilitar a remoção preventiva de moradias em áreas de risco, com aporte de recursos por meio da concessão de auxílio aluguel transitório para as famílias removidas, e seu recebimento até o atendimento habitacional definitivo; demolição, limpeza e recuperação das áreas desocupadas, e produção de unidades habitacionais para atendimento habitacional definitivo das famílias cujas moradias forem removidas. Dessa forma, o Consórcio Intermunicipal Grande ABC inaugurou um programa regional inédito, de ação preventiva de remoção de moradias em risco.

O pleito para parceria com o Governo do Estado foi encaminhado em novembro de 2013, e as áreas de risco indicadas foram validadas com o IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. No pleito, foram apresentadas todas as moradias em risco alto e muito alto, porém, dentre as estas, o Estado aprovou a parceria apenas para as moradias em situação muito crítica, com apoio financeiro de 50% do auxílio aluguel. A partir de dezembro de 2013, após sinalização do apoio por parte do Governo do Estado, a diretriz dada aos municípios foi a de iniciar o processo de notificação e remoção preventiva das 630 famílias indicadas.

O Consórcio Intermunicipal Grande ABC acompanhou e monitorou o desenvolvimento do processo. Os documentos contendo a atualização das notificações e remoções foram enviados ao Estado mensalmente, nos meses subsequentes. Em abril de 2014, foi formalizada a parceria entre Estado e Consórcio. Como encaminhamento desta reunião, o protocolo de cooperação e termo de adesão foram elaborados e assinados em 13 de maio de 2014.

O Consórcio, através de levantamento realizado pelos municípios, também encaminhou solicitação de recursos estaduais para produção de novas moradias, por meio do Programa Casa Paulista, para o atendimento habitacional definitivo para as famílias a serem removidas, ainda não contempladas nos projetos habitacionais existentes.

4. DESDOBRAMENTOS DA ATUAÇÃO CONJUNTA NA GESTÃO DE RISCOS

4.1 O PLANO REGIONAL DE APOIO MÚTUO DAS DEFESAS CIVIS DO GRANDE ABC PARA EMERGÊNCIAS E SITUAÇÕES EXTREMAS

A partir da criação do GT Defesa Civil, em 2010, muitas ações são realizadas conjuntamente entre os municípios do Grande ABC em relação ao apoio mútuo em casos de emergências, por meio do compartilhamento de recursos técnicos, materiais e humanos, em eventuais ocorrências de desastres na região. Nesse sentido, foi formalizado, em 2014, o Plano Regional de Apoio Mútuo – PRAM entre as Defesas Civas. Esta medida teve por objetivo institucionalizar a cooperação intermunicipal, por meio da atuação de equipes na prestação de socorro de um município a outro município, quando houver uma emergência, até que o problema seja controlado. A implantação do Plano figura entre os objetivos do Plano Plurianual Regional Participativo 2014-2017 e também na diretriz de criar um Plano Preventivo de Defesa Civil –PPDC Regional. Atualmente, o GT Defesa Civil trabalha no levantamento dos materiais e equipes disponíveis em cada cidade e na formalização de um protocolo de ações a serem desenvolvidas para a atuação regional, incrementando o Plano Regional de Apoio Mútuo.

4.2 A CRIAÇÃO DE GRUPOS TEMÁTICOS PARA TRATAR DE IMPACTO DE OBRAS E FITOSSANIDADE DE ÁRVORES URBANAS

Com os balanços periódicos da atuação dos Órgãos Municipais Defesa Civil que são realizados no Consórcio, foi possível notar, por meio do banco de dados acumulado nos municípios, que são frequentes as ocorrências com impactos provocados por obras civis ocasionados através de movimentação de terra, atirantamento, escavações, entre outros, que atingem não apenas o próprio imóvel, mas também terceiros. Para aprofundar e sistematizar a questão, foi criado um Grupo Temático que estuda a relação entre os impactos de obras, atribuições em cada prefeitura, procedimentos, e medidas que possam reduzir estes riscos.

Além deste tema, e também após análise dos balanços realizados, descobriu-se que a região não está preparada para monitoramento de ventos e que quedas de árvores são bastante frequentes. Nesse sentido, também foi criado um Grupo Temático que possa iniciar o mapeamento das árvores e sua fitossanidade, além de estabelecer procedimentos corretos para podas, atuando inclusive junto à concessionária de Energia Elétrica na Região.

5. PLANEJAMENTO E PARTICIPAÇÃO DA SOCIEDADE

5.1 PPA REGIONAL

O Consórcio realizou em 2013, o PPA-Regional, Plano Plurianual Regional, que contou com plenárias participativas nas sete cidades com o intuito de discutir e estabelecer as prioridades de investimentos para a Região. No PPA Regional, um dos desafios discutidos foi o Desenvolvimento Urbano e Gestão Ambiental, e, dentro dele, o tema Riscos Urbanos e Ambientais, que tem por objetivo consolidar e ampliar ações regionais de monitoramento, prevenção, mitigação e eliminação de riscos. Tem como ações prioritárias a elaboração e implementação do Plano Regional de Redução de Riscos, a erradicação de moradias em áreas de risco alto e muito alto e a implantação do Sistema Integrado de Alerta e Monitoramento de Riscos. O PPA Regional criou o Comitê de Programas de Riscos Urbanos e Ambientais para dar andamento e efetivar a concretização destas propostas. Há no total, previsto para os quatro anos de duração do PPA Regional (2014 – 2017) um montante de R\$10,45 milhões de reais destinados para Gestão de Riscos.

Um dos desdobramentos do PPA Regional é a efetivação de mais uma parceria com a UFABC para elaboração da carta de Aptidão à Urbanização para o município de Santo André e a participação na discussão sobre a implementação das Cartas que estão sendo desenvolvidas pelos demais municípios e sua compatibilização com os Planos Diretores, nas dinâmicas de planejamento urbano.

5.2 CONFERÊNCIA INTERMUNICIPAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL DO GRANDE ABC.

Em 2014, o Consórcio realizou a 1ª Conferência Intermunicipal de Proteção e Defesa Civil do Grande ABC, evento preparatório dos sete municípios do Grande ABC para a 1ª Conferência Estadual de Proteção e Defesa Civil, que teve como tema a “Proteção e Defesa Civil: Novos Paradigmas para o Sistema Nacional”.

O evento teve como objetivo promover e fortalecer a participação, o controle social e a integração das políticas públicas relativas a Defesa Civil do Grande ABC, definindo propostas e diretrizes da região para as etapas estadual e nacional, colocando em prática as mudanças previstas pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei Federal nº 12.608/12) com adoção de medidas preventivas e atenuantes, necessárias à redução dos riscos de desastres. O evento Regional, que teve participação de mais de 280 pessoas, nos dois dias de evento, pôde eleger os delegados e encaminhar diretrizes à plenária estadual.

5.3 REALIZAÇÃO E PARTICIPAÇÕES EM EVENTOS

Além destas atividades relacionadas acima, o GT Defesa Civil vem

apresentando os resultados das ações em diversos eventos, tais como o X Fórum Nacional de Defesa Civil, realizado em Joinville, em 2013, com apresentação de trabalho sobre Gestão Regional de Riscos no Grande ABC, o evento Oficina Regional de Planejamento das Ações Contingenciais Conjuntas – PPDC Regional, realizado em 16 de outubro de 2013, dentre outros.

5.3.1 X Fórum Nacional de Defesa Civil (Joinville, 2013)

Neste último fórum realizado pela Secretaria Nacional de Defesa Civil - SEDEC, o Consórcio esteve presente onde apresentou o trabalho técnico elaborado em parceria com a UFABC: “Região do ABC constrói política regional de gestão de risco”. Esse trabalho apresentava o esforço realizado pelo Consórcio em parceria com a UFABC, na construção de um modelo regional de gestão de riscos ambientais urbanos. Pôde-se constatar pelos debates e contatos posteriores, o grande interesse despertado pela nova forma de organização e de ação regional nessa área.

5.3.2 Oficina Regional de Planejamento das Ações Contingenciais Conjuntas – PPDC Regional

Em 2013, anteriormente ao período crítico de pluviosidade o Consórcio realizou a Oficina Regional de Planejamento das Ações Contingenciais Conjuntas – PPDC Regional, com a participação de convidados da UFABC, IPT, Instituto Geológico-IG, Secretaria Estadual do Meio Ambiente, entre outros, que além de um diagnóstico situacional da região, indicou uma série de medidas para melhor preparar os municípios visando ações conjuntas. Nesta oficina foram abordados o monitoramento pluvio-hidrológico e sistema regional de alerta, a resposta a emergências e desastres, as remoções preventivas e abrigamentos e o sistema de informação pública e envolvimento das comunidades em risco, com o objetivo de avaliar a situação regional com base nas estruturas e capacidades locais para a gestão integrada de risco.

5.3.3 Seminário: “A Gestão dos riscos e os municípios – A Lei nº 12 608/2012”

Também em 2013, em nova parceria com a UFABC, o Consórcio organizou o seminário acima, que apresentou várias palestras e diversos debates através de mesa-redonda. Esse evento contou com a participação de representantes do Ministério das Cidades, do Ministério Público Estadual, do IPT, da USP, da UFABC, técnicos dos municípios e do próprio Consórcio.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para além das inúmeras contribuições que o Consórcio Intermunicipal Grande ABC tem prestado à região ao longo dos últimos 25 anos, a criação do GT Defesa Civil em 2010 vem mudando gradativamente o cenário da gestão de riscos ambientais urbanos na região e construindo uma experiência que pode ser replicada em outras regiões semelhantes.

A criação do GT Defesa Civil, com o propósito de possibilitar a integração dos Órgãos Municipais de Defesa Civil e construir uma proposta de gestão regional de riscos ambientais, revelou-se, além de pioneira, uma iniciativa das mais bem sucedidas e que além dos resultados já obtidos, tem projetos aprovados para curto, médio e longo-prazo, viabilizados pelo PPA Regional do Consórcio, consolidando uma política pública prioritária considerando o histórico e diagnósticos técnicos para a região.

No entanto, foi essencial a iniciativa, ainda no início do GT, de agir para criar condições mínimas de os municípios desenvolverem as atividades básicas de defesa civil, provendo-os com equipamentos e veículos, reduzindo assim a grande desigualdade entre eles, condição importante para a regionalização das ações.

Nessa perspectiva de desenvolver ações regionais, o GT Defesa Civil investiu num aspecto imprescindível dentro da gestão de riscos: o conhecimento dos riscos. Dessa forma, através do Consórcio, todos os municípios têm hoje uma moderna cartografia de risco que os identifica, analisa e classifica. Ou seja, os municípios equacionaram sua situação de riscos. Outra importante iniciativa neste eixo do conhecimento do risco foi à possibilidade do seu monitoramento continuado através da implantação de uma rede de pluviômetros anteriormente citada, mas principalmente por ter viabilizado junto ao CEMADEN uma atenção regionalizada para o Grande ABC, tal iniciativa também contribui para a tomada de medidas antecipadas, reduzindo os impactos de eventuais desastres.

Em relação à outra fundamental diretriz de gestão a redução dos riscos, a participação do Consórcio nas ações de remoções preventivas de moradias em risco alto e muito alto, proporcionando parceria com o governo estadual foi decisiva e exemplar, abrindo perspectivas para outras regiões semelhantes.

Na área do manejo do desastre, outro importante eixo de gestão, os municípios da região há muitos anos integram a “Operação Verão”, programa de âmbito estadual da Coordenação Estadual de Defesa Civil - CEDEC, que coordena o Plano Preventivo de Defesa Civil- PPDC, que também é um plano de contingência. Após a criação do GT no Consórcio, a participação desses municípios se tornou mais integrada, buscando ações conjuntas, enfatizando o aspecto regional.

A ação regional dentro da Operação Verão recentemente passou por aprimoramentos como a disponibilidade de monitoramento e alerta pelo CEMADEN, a citada implantação do PRAM e a produção pelo GT de material socioeducativo único, para distribuição nos municípios durante a vigência da Operação.

Finalmente, considerando o caráter multidisciplinar dos riscos ambientais e, principalmente, a necessidade de programar ações intersetoriais de gestão, uma

importante diretriz é construir um arranjo institucional capaz de promover uma efetiva intersetorialidade. Essa talvez seja a maior dificuldade dos municípios, o que significa não adequação à Lei 12.608/12, marco legal da Proteção e Defesa Civil e da gestão de riscos, que já no Art. 3º determina a integração da citada política “... com as demais políticas setoriais”. O GT Defesa Civil estimula a intersetorialidade nos seus eventos e parcerias, mas principalmente pela constituição dos Grupos Temáticos (Gestão de Riscos, Impactos de Obras, e Fitossanidade de Árvores Urbanas) que envolvem técnicos de diferentes órgãos e secretarias municipais. Assim, pode-se observar que o leque de atuação do Consórcio no campo da gestão de riscos é abrangente e referenciado em modernas diretrizes de gestão, reafirmando-o como um importante ente para articulação de políticas públicas integradas.

Pode-se, portanto, concluir, com segurança, que o produto das atividades do Consórcio na gestão de riscos tem significado melhorias indiscutíveis para todos os municípios individualmente, inclusive reduzindo as desigualdades de condições entre eles, o que representa um avanço nas possibilidades de regionalização da política. Mais, a institucionalização da gestão de riscos no Consórcio possibilitou ações regionais conjuntas, que vem proporcionando uma sensível evolução da região no sentido de se equipar, se capacitar, planejar e agir regionalmente na gestão de riscos.

REFERÊNCIAS

BONGIOVANNI LA; NOGUEIRA F.R. **Região do ABC constrói política regional de gestão de risco**. In: X Fórum Nacional de Defesa Civil. SEDEC- Secretaria Nacional de Defesa Civil, Joinville, 2013.

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL GRANDE ABC. <http://www.consorcioabc.sp.gov.br/>

_____. **ABC terá Plano Regional de Apoio Mútuo para emergências de Defesa Civil**. Disponível em:

<http://www.consorcioabc.sp.gov.br/noticias/2014/11/abc-tera-plano-regional-deapoio-mutuo-para-emergencias-de-defesa-civil>. Acesso em: 15 de abril de 2015.

_____. **Resolução Plenária Nº 003/2014 - Dispõe sobre o Plano Regional de Apoio Mútuo das Defesas Civas do Grande ABC para emergências e situações extremas** Disponível em: <http://www.consorcioabc.sp.gov.br/publicacoes-oficiais/resolucoes/resolucao-plenaria-no-003-2014-dispoe-sobre-o-plano-regional-de-apoio-mutuo-das-defesas-civas-do-grande-abc-paraemergencias-e-situacoes-extremas>, Acesso em: 15 de abril de 2015.

_____. **1ª Conferência Intermunicipal de Proteção e Defesa Civil do Grande ABC**: Disponível em:

<http://www.consorcioabc.sp.gov.br/noticias/2014/03/conferencia-intermunicipal-deprotecao-e-defesa-civil-do-grande-abc-foi-a-maior-realizada-no-estado>. Acesso em: 15 de abril de 2015

ABSTRACT: In the last years there has been, in large cities, an increase in the number of actions related to the perception and analysis of geological risks arising from rainfall where there are housing precariousness. But even with the advances brought by the National Policy on Protection and Civil Defense, there are still issues that need to be articulated and resolved in the cities, to make them indeed resilient. In the Greater ABC Region, there have been many advances in Regional Urban Risk Management, with respect to monitoring and preventive actions developed by Consórcio Intermunicipal Grande ABC, a public entity that articulates the seven municipalities. This article presents some of these actions that have unprecedented nature, advancing towards the implementation of Law 12608/12.

KEYWORDS: Risk Management, Public Policy, the Greater ABC Region

CAPÍTULO X

**LEVANTAMENTO, MAPEAMENTO E CONCEPÇÃO DE
SOLUÇÕES PARA PROBLEMAS NAS ÁREAS DE RISCO
DOS BAIRROS DE NOVA CAPÃO BONITO, SÃO JUDAS
TADEU, VILA APARECIDA E VILA JARDIM SÃO
FRANCISCO, MUNICÍPIO DE CAPÃO BONITO, SP**

**Priscila Taminato Hirata
Fabrício Araujo Mirandola
Eduardo Soares de Macedo
Marcela Penha Pereira Guimarães
Claudio Luis Ridente Gomes
Alessandra Cristina Corsi**

LEVANTAMENTO, MAPEAMENTO E CONCEPÇÃO DE SOLUÇÕES PARA PROBLEMAS NAS ÁREAS DE RISCO DOS BAIROS DE NOVA CAPÃO BONITO, SÃO JUDAS TADEU, VILA APARECIDA E VILA JARDIM SÃO FRANCISCO, MUNICÍPIO DE CAPÃO BONITO, SP

Priscila Taminato Hirata

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)
São Paulo, SP

Fabício Araujo Mirandola

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)
São Paulo, SP

Eduardo Soares de Macedo

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)
São Paulo, SP

Marcela Penha Pereira Guimarães

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)
São Paulo, SP

Claudio Luis Ridente Gomes

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)
São Paulo, SP

Alessandra Cristina Corsi

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)
São Paulo, SP

RESUMO: Este artigo visa apresentar os resultados do trabalho, realizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, referente ao levantamento, mapeamento e concepção de soluções para as áreas de risco geológico nos bairros de Nova Capão Bonito, São Judas Tadeu, Vila Aparecida e Vila Jardim São Francisco, no município de Capão Bonito, SP. Tais áreas apresentam moradias localizadas em relevos desfavoráveis à ocupação e histórico de ocorrência de acidentes registrados para processos de movimentos de massa (escorregamentos e solapamento de margens de córregos), inundações e alagamentos. Os estudos realizados constituem subsídio para as políticas municipais de desenvolvimento urbano e ambiental, de provisão habitacional e de inclusão social, bem como para o estabelecimento de ações de gerenciamento de riscos que envolvam as diferentes equipes municipais.

PALAVRAS-CHAVE: Mapeamento de Risco, Gestão de Risco, Capão Bonito

1. INTRODUÇÃO

Este artigo visa apresentar os resultados do trabalho referente ao levantamento, mapeamento e concepção de soluções para as áreas de risco geológico nos bairros de Nova Capão Bonito, São Judas Tadeu, Vila Aparecida e Vila

Jardim São Francisco, no município de Capão Bonito, SP.

Foram contempladas as áreas do município suscetíveis aos processos de movimentos de massa (escorregamentos e solapamento de margens de córregos), inundações e alagamentos que atingem moradias localizadas em relevos desfavoráveis à ocupação, em fundos de vale e próximas aos cursos d'água, conforme histórico de ocorrência de acidentes registrados. Tais áreas foram indicadas pelo corpo técnico da Prefeitura, o qual também acompanhou a equipe técnica do IPT nos trabalhos de campo para levantamento e avaliação.

O trabalho permitiu estabelecer ações de gerenciamento de riscos que envolvam as diferentes equipes municipais, no sentido de prevenir, mitigar e controlar as situações de risco observadas.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O método adotado para o desenvolvimento dos trabalhos consistiu no levantamento, mapeamento e análise de dados, essencialmente dos arquivos existentes na Prefeitura de Capão Bonito, Defesa Civil Municipal e de dados coletados in loco pelos técnicos do IPT. Esses foram sistematizados de modo a estabelecer critérios e procedimentos para avaliação do mapeamento nas áreas com a finalidade de subsidiar o gerenciamento de riscos, a fim de promover maior segurança e/ou eliminar riscos. Foram selecionadas pelos representantes da equipe técnica da Prefeitura de Capão Bonito, quatro áreas para mapeamento, de acordo com a experiência e conhecimento por parte dos agentes públicos municipais, considerando as moradias sujeitas aos movimentos de massa, inundação e alagamento.

Nas áreas mapeadas foram realizadas vistorias por meio de investigações de superfície, visando identificar condicionantes dos processos de instabilização, sendo adotados os seguintes procedimentos:

- (a) investigações geológico-geotécnicas por meio de vistorias em campo, visando identificar condicionantes dos processos de instabilização, evidências de instabilidade e indícios do desenvolvimento de processos destrutivos;
- (b) delimitação dos setores de risco, representando-os nas cópias das fotografias de helicóptero, imagens satélite ou fotos de campo;
- (c) avaliação do risco de ocorrência de processo de instabilização;
- (d) estimativa das consequências potenciais do processo de instabilização, por meio da avaliação das possíveis formas de desenvolvimento do processo destrutivo atuante (por ex., volumes mobilizados, trajetórias dos detritos, áreas de alcance, etc.), e do número de moradias ameaçadas, em cada setor de risco; e
- (e) sugestão das diretrizes para redução e/ou erradicação dos riscos, adequadas para cada um dos setores mapeados.

As áreas de risco foram representadas nas fotografias obtidas a partir dos

trabalhos de campo e pelo sobrevoo de helicóptero, e delimitadas nas ortofotos cedidas pela Prefeitura de Capão Bonito. Nestas foram digitalizados os polígonos referentes às áreas mapeadas e suas respectivas descrições, tratadas em software de Sistema de Informações Geográficas ArcInfo.

As intervenções estruturais propostas objetivaram diminuir ou sanar os riscos, sendo que os aspectos aqui discutidos, assim como as medidas propostas para minimização dos riscos identificados têm um caráter indicativo. Esse caráter reforça a necessidade de se manter um monitoramento constante das áreas estudadas, para adequações e ampliação das medidas sugeridas. Todas as alternativas técnicas apresentadas visam garantir a segurança dos moradores residentes nas áreas mapeadas. Além daquelas medidas estruturais, foram aplicadas medidas não estruturais, como palestra, para a população interessada na gestão de risco, e curso de treinamento e capacitação para os técnicos da prefeitura. Este curso objetiva dar condições para que as equipes locais possam compreender e reproduzir o mapeamento realizado, garantindo independência para aplicação de medidas estruturais e não estruturais.

O conteúdo do curso foi baseado no material desenvolvido pelo próprio IPT para o Ministério das Cidades (MINISTÉRIO DAS CIDADES; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT, 2007), largamente utilizado em todo o país pelas mais diferentes instituições, constando de aulas teóricas versando sobre Gestão de Riscos e Desastres, processos naturais e induzidos causadores de riscos e desastres, medidas estruturais e não estruturais para prevenção, controle e mitigação de riscos e mapeamento de áreas de risco conforme metodologia já mencionada. Além do curso, os técnicos de defesa civil participaram dos levantamentos de campo realizados pela equipe do IPT, momento no qual, também receberam capacitação.

3. RESULTADO DOS TRABALHOS

A seguir são apresentados os resultados do trabalho.

3.1. Áreas de Risco Vistoriadas

Foram vistoriadas 04 áreas de risco, sendo 02 de inundação, 01 de deslizamento e 01 de alagamento, conforme o Tabela 1.

Tabela 1 - Lista de áreas de risco vistoriadas no município de Capão Bonito.

Nº DA ÀREA	NOME DA ÀREA	PROCESSO
CPB-01	São Judas Tadeu	Inundação
CPB-02	Vila Jardim São Francisco	Inundação

CPB-03	Vila Aparecida	Deslizamento
CPB-04	Nova Capão Bonito	Alagamento

O levantamento, o mapeamento, a análise de dados e as indicações estruturais e não estruturais de cada uma das áreas é descrito a seguir.

3.1.1 Área CPB-01 – Vila São Judas Tadeu – Inundação

A área CPB-01 – Vila São Judas Tadeu compreende uma travessia, localizada na Rua Capitão Brasília Nunes, sobre um afluente do Ribeirão do Poço (Figura 1), por meio de um tubo metálico lenticular corrugado (tubo Armco), de aproximadamente 3,4 m de diâmetro externo, envolto por gabião, degradado pela corrosão e levemente abaulado (Figura 2).

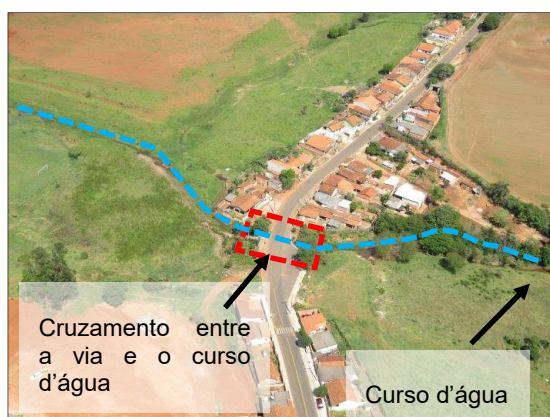


Figura 1 – Cruzamento do curso d'água com a Rua Capitão Brasília Nunes (em pontilhado vermelho).

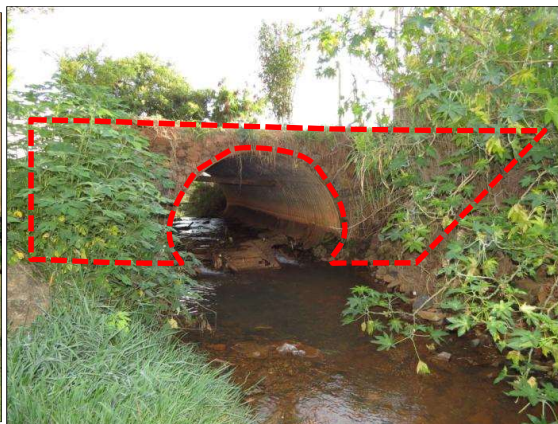


Figura 2 – Vista de jusante para montante do tubo metálico e das caixas de gabião (em pontilhado).

A seção do tubo não suporta a vazão das águas em eventos de média a alta pluviosidade, inundando a montante, onde a planície de inundação é mais ampla, afetando os fundos de algumas moradias situadas na margem esquerda, próximas ao tubo. Nesta mesma margem, a aproximadamente 300 m a montante, está sendo construído um conjunto habitacional, o qual aumentará a área impermeável do solo, acarretando num aporte adicional de água no ribeirão, em um curto período de tempo, aumentando sua vazão, o que ampliará os problemas relativos à inundação no local.

Desse modo, a Prefeitura de Capão Bonito apresentou à equipe do IPT o “Projeto de Arquitetura Única”, que propõe a substituição do tubo metálico por duas aduelas de concreto com dimensões externas de 2,5 x 2,5 m, para erradicar os problemas citados. Tal alteração foi analisada pelos técnicos do IPT, em termos de capacidade de vazão para cada situação, apontando que, a substituição do tubo metálico corrugado por duas aduelas de 2,5 x 2,5 m aumentará a eficiência da

vazão. Contudo, analisando o projeto do conjunto habitacional, que indica a necessidade da execução de 3 aduelas de concreto de 3 m de extensão cada, para uma outra travessia localizada a montante do tubo Armco, foi observado que ocorrerá um aporte maior no curso d'água, em função da área que será impermeabilizada com a construção do conjunto. Sendo assim, o projeto apresentado pela prefeitura de Capão Bonito para substituir o tubo metálico corrugado por duas aduelas de concreto de 2,5 x 2,5 m apresenta um problema quanto à quantidade de aduelas indicadas, estando em menor número quando comparadas às recomendadas pela CDHU. Diante dessa incompatibilidade dos projetos, recomendou-se que ambos os projetos fossem revistos.

3.1.2 Área CPB-02 – Jardim São Francisco – Inundação

A Área CPB-02 – Vila Jardim São Francisco compreende setor de risco de inundação de parte da várzea do Ribeirão do Poço, localizada a aproximadamente 200 m do entroncamento entre a Rua Itararé e a SP 258 (Rodovia Francisco Alves Negrão) (Figura 3). Neste trecho, a travessia sobre o ribeirão é feita por ponte de concreto com aproximadamente 6 m de largura por 8 m de comprimento, a qual apresenta um tabuleiro em arco com altura máxima em relação à lâmina d'água entre 0,5 e 1 m (Figura 4), o que prejudica a vazão e causa refluxo em eventos de cheia do ribeirão. Além disso, o trecho a montante e jusante da ponte encontra-se assoreado, limitando ainda mais a vazão das águas do ribeirão. Também foi observado, na margem esquerda do ribeirão, um depósito de lixo clandestino, que pode agravar o escoamento da água devido à obstrução de parte do vão da ponte.



Figura 3 – Vista geral da área CPB-02 - Vila Jardim São Francisco.



Figura 4 – Detalhe da distância entre o tabuleiro da ponte e a lâmina d'água do ribeirão, no ponto de máxima distância.

Com este cenário, é comum a ocorrência de inundação no trecho, o que provoca fechamento da Rua Itararé e, por vezes, o atingimento de duas moradias de médio a baixo padrão construtivo, localizadas na mesma rua, dependendo da

magnitude do evento de chuva. Estes eventos de inundação poderão agravar-se devido à implantação do conjunto habitacional previsto a montante desta área, na Vila São Judas (área CPB-01 deste artigo), a qual impermeabilizará uma grande área, aumentando o aporte de água em um dos afluentes que deságua no Ribeirão do Poço. Devido à ocorrência de inundação e conseqüente atingimento de duas moradias na área em questão, foram recomendadas, para a redução e/ou erradicação dos riscos, soluções descritas a seguir:

- (a) redução do risco baseado na execução de desassoreamento do Ribeirão do Poço, a montante da ponte, sobre a rua Itararé. Este desassoreamento não evitaria a formação de um novo assoreamento no futuro, assim isto só se apresenta como uma boa solução técnica se, ao mesmo tempo, forem realizados estudos e implantadas medidas de planejamento e viabilidade de práticas conservacionistas em toda a bacia do ribeirão do Poço e em seus afluentes, minimizando os impactos ambientais futuros;
- (b) redução do risco focada na construção de uma nova ponte de concreto, com dimensionamento tal que não prejudique a vazão do ribeirão em eventos pluviométricos intensos, evitando o refluxo e a conseqüente inundação. Esta nova ponte, entretanto, custaria algo em torno de R\$ 300 mil, valor consideravelmente alto para o risco em questão, isso sem contar com as adequações da via, a construção de aterros nas cabeceiras da nova ponte e a construção de sistemas de drenagem superficial;
- (c) erradicação do risco, por meio da remoção definitiva das duas moradias que são atingidas pelo processo de inundação. Tal solução, segundo informações da prefeitura, pode ser executada de imediato, já que existem unidades disponíveis no conjunto habitacional. Esta solução erradica o risco, pois no caso da remoção definitiva das mesmas, o risco é zero, pois não existiria conseqüência. Ressalta-se que esta é a solução que apresenta a melhor relação Custo X Benefício, e que demandará o menor tempo de execução.

3.1.3 Área CPB-03 – Vila Aparecidinha – Deslizamento

A Área CPB-03 – Vila Aparecidinha compreende setor de risco de deslizamento nas proximidades da junção das ruas Sueli Menim e Francisco Blóes, na margem esquerda da drenagem, próximo à passarela de pedestre que dá acesso a um conjunto habitacional (Figuras 5).

A drenagem presente na área tem aproximadamente 5 m de altura, com taludes marginais de inclinação média a alta, recobertos por vegetação rasteira e árvores de médio a grande porte. Na superfície dos taludes marginais foi observada a presença de lixo e entulho, com maior concentração nas proximidades da passarela. Esta, segundo observações de campo, apresenta problemas na

fundação da margem esquerda, com feições de erosão e solapamento, que se desenvolvidas poderão instabilizar a passarela. Como o topo do talude marginal esquerdo dista apenas 1,3 m das moradias do conjunto, foi realizada avaliação da estabilidade desse talude. Assim, a partir das informações levantadas durante a vistoria técnica, determinou-se a geometria e o perfil geológico/geotécnico do trecho (Figura 6). Para tanto, foi elaborado um perfil do solo próximo à passarela de pedestre, para elaboração da análise de equilíbrio limite.



Figura 5 – Vista geral da área CPB-03 - Vila Aparecidinha.



Figura 6 – Realização de medições para elaboração do estudo de estabilidade do talude marginal esquerdo, próximo à passarela de pedestre.

As análises de estabilidade foram realizadas utilizando-se o programa computacional IPT-ESTAB1 – Análise de Estabilidade de Taludes em Solo, desenvolvido pelo IPT, que utiliza o cálculo do fator de segurança pelo método de Bishop Simplificado, admite diferentes tipos de solo, considera pressões neutras no interior do maciço (linha piezométrica, Ru por camada de solo e interpolação de pressões neutras conhecidas), e realiza, de forma automática, a pesquisa da superfície de ruptura crítica, por meio de quatro tipos de pesquisas, integradas ou não.

Para a realização dessas análises foi necessário estabelecer os parâmetros de resistência ao cisalhamento dos solos existentes na área de interesse. Esses parâmetros foram obtidos por meio de bibliografia especializada e pelas observações e medições de campo, associadas à experiência adquirida pelos técnicos envolvidos. A área urbana do município de Capão Bonito está inserida no Grupo Itararé indiviso (Perrotta *et al.* 2006). A partir de análises tátil/visual realizada em campo na área da Vila Aparecidinha, foi observada a ocorrência de argila pouco arenosa de coloração vermelha, por vezes amarela, dura, apresentando localmente seixos milimétricos a centimétricos esparsos, do topo até a base do talude. Associando o tipo de solo desta área estudada com as correlações realizadas por Pinto *et al.* (1993), foi adotada a classificação do solo referente aos solos residuais de argililo/siltito, que contém parâmetros mais

compatíveis do que os para o Grupo Itararé que, segundo este autor, é em geral mais arenoso.

A favor da segurança, para o solo residual em questão, adotou-se o limite inferior proposto pelos autores com redução do ângulo de atrito em 20% e da coesão, de 10%. No perfil geológico apresentado, verifica-se camada saprolítica de argilito/siltito, bem como rochas alteradas. Para a camada saprolítica e de rocha alterada, os parâmetros de resistência foram adotados em função da experiência adquirida dos técnicos envolvidos. É importante acrescentar que os parâmetros de resistência ao cisalhamento adotados nas análises de estabilidade podem ser considerados conservadores, ou seja, estão a favor da segurança, uma vez que esses se encontram abaixo dos limites mínimos observados na literatura especializada. Os parâmetros geotécnicos utilizados na análise de estabilidade estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros adotados nas análises de estabilidade.

Parâmetros	Solo residual	Saprolito	Rocha alterada
Peso específico (kN/m ³)	16,0	17,0	18,0
Coesão (kPa)	18,9	38,7	60,0
Ângulo de Atrito (°)	19,2	24,0	35,0

Foi considerado, na seção analisada, o nível d'água (N.A.) no contato entre o solo residual e a camada saprolítica, definido como N.A. regional, constatado durante a vistoria técnica. Foi analisado também o comportamento do Fator de Segurança (FS) com a oscilação do N.A. de 2,0 m acima do N.A. regional. Estabelecidos os parâmetros de resistência ao cisalhamento do solo residual, da camada saprolítica e da rocha alterada, realizou-se pesquisa de superfície de ruptura crítica para a seção analisada.

Considerando a geometria do talude, o perfil geológico-geotécnico, os parâmetros de resistência ao cisalhamento admitidos para os materiais envolvidos e as hipóteses assumidas de variação do N.A., as análises de estabilidade realizadas apresentaram fatores de segurança sempre superiores à unidade ($FS > 1,0$), indicando que o talude se encontra estável. Analisando os fatores de segurança críticos observados na Figura 7, conclui-se que os mesmos atendem os valores estabelecidos na NBR 11682 – Estabilidade de Encostas (ABNT, 2009), em que $FS \geq 1,50$.

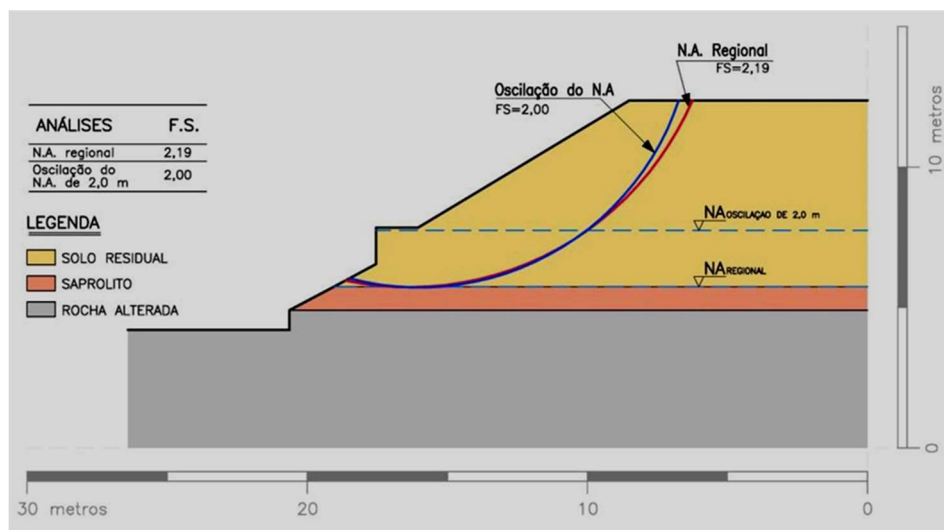


Figura 7 – Superfícies de rupturas e fatores de segurança.

Além dos estudos realizados nas proximidades da Rua Sueli Menim, no talude marginal esquerdo do canal de drenagem próximo à passarela de pedestres, foi realizada vistoria no mesmo bairro, mas em outro ponto, mais precisamente nos quintais das moradias. Desta análise, não foi observada a possibilidade de ocorrência de deslizamentos de grande porte que venham afetar a integridade dos moradores e das moradias. As moradias localizadas na base dos taludes de aterro apresentam uma distância segura, caso ocorram deslizamentos planares rasos, já que essa distância é maior que a altura do talude. As moradias de topo também apresentam uma distância segura, já que se espera a ocorrência de deslizamentos planares rasos, os quais não apresentam grandes distâncias de ruptura no sentido do topo do talude.

Neste local, foram observados problemas relativos à má execução dos aterros, construídos para o nivelamento das moradias com fundação em Radier. Além da má execução destes aterros não foi observada a execução de canaletas de drenagem no topo e base dos mesmos. No local onde deveriam ser instaladas as drenagens de topo foram executados muros de divisa, os quais apresentam problemas de instabilidade, sendo que alguns já colapsaram.

Portanto, foi verificado que a área se encontra estável e que, diante das condições de geometria e composição do solo, este não é passível de ocorrência de deslizamento. Com relação à passarela de pedestres, é aconselhável a realização de reforço estrutural de suas fundações. E, finalmente, no local onde foram observadas pequenas movimentações dos taludes nos quintais das moradias, recomenda-se que caso ocorra à ocupação da área, que esta seja feita de forma tecnicamente adequada.

3.1.4 Área CPB-04 – Nova Capão Bonito – Alagamento

A área CPB-04 – Nova Capão Bonito está localizada no trecho entre a Rua

Sebastião Rodrigues da Silva (antiga Rua 48, ponto mais a montante) e o açude existente próximo à Avenida Laudelino de Lima Rolim (ponto mais a jusante, Figura 8). Nesta área há ocorrência de alagamento na Rua Sebastião Rodrigues da Silva, afetando somente o sistema viário (Figura 9). Segundo relato dos moradores, até o momento não houve ocorrência da entrada da água do alagamento nas moradias, apenas nos quintais.

Foi observada existência de poucos sistemas de drenagem, somente em algumas vias de acesso da Rua Sebastião Rodrigues da Silva e seu entorno, principalmente nas vias pavimentadas. Nos trechos onde este sistema existe, o mesmo se encontra obstruído por lixo e vegetação.



Figura 8 – Vista geral da área CPB-04 – Nova Capão Bonito.



Figura 9 – Vista do trecho da Rua Sebastião Rodrigues da Silva, onde ocorre o alagamento (pontilhado vermelho), atingindo apenas o sistema viário.

A fim de sanar este problema, a Prefeitura de Capão Bonito apresentou à equipe do IPT o relatório intitulado “Relatório Técnico Hidrológico e Hidráulico para Desassoreamento do córrego localizado no Bairro Nova Capão Bonito”, o qual veio acompanhado de uma “Planta Topográfica”, para construção de um canal em substituição ao córrego natural existente. Cabe ressaltar que o córrego natural e o seu entorno são classificados como uma área de preservação permanente (APP). As Áreas de Preservação Permanente – APPs são protegidas nos termos dos artigos 2º e 3º do Código Florestal. O conceito legal de APP relaciona tais áreas, independente da cobertura vegetal, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Assim, as APPs não têm apenas a função de preservar a vegetação ou a biodiversidade, mas uma função ambiental voltada, em última instância, a proteger espaços de importância relevante para a conservação da qualidade ambiental como a estabilidade geológica, a proteção do solo e, assim, assegurar o bem estar das populações humanas (Schäffer et. al., 2011).

Em visita de campo, realizada em outubro de 2014, foi possível observar o início das obras de abertura do canal e desassoreamento de uma tubulação do

respectivo canal, a montante, próximo a Rua Sebastião Rodrigues da Silva. Foi observado que os taludes marginais criados pela escavação não apresentam ainda nenhuma obra de estabilização e o material retirado dessas obras encontra-se depositado nas margens do próprio canal.

Também foi analisada a área do açude existente, próxima Avenida Laudelino de Lima Rolim o qual serve como dique para o mesmo. Neste local observou-se que o deságue do açude ocorre por duas galerias de passagem, construídas em cotas diferentes. Além destas galerias existem dois bueiros que lançam as águas pluviais e superficiais captadas nos arredores do açude para dentro do mesmo. Estes bueiros foram construídos em cotas próximas das galerias, podendo ocorrer refluxo e/ou afogamento nos mesmos em caso de cheia do açude, já que o deságue encontra-se em cota próxima. Tanto no relatório anteriormente citado, como na “Planta Topográfica”, não há menção sobre tais estruturas.

A jusante da Avenida Laudelino de Lima Rolim, no lado oposto ao açude, observou-se uma ruptura do sistema de drenagem e erosão de parte do aterro da avenida. Segundo informações do corpo técnico da prefeitura de Capão Bonito, tal fato ocorreu devido a fortes chuvas ocorridas na região. Segundo análise expedita realizada pelos técnicos do IPT, observou-se que a instalação deste sistema de drenagem não respeitou as devidas normas de implantação, já que não foi observada a presença de berço de areia para assentamento correto dos tubos de concreto.

A seguir foram apresentadas diretrizes para redução e/ou erradicação dos riscos, formuladas com base na avaliação dos documentos fornecidos pela Prefeitura de Capão Bonito, do corpo técnico da prefeitura e das observações realizadas em campo:

- Dimensionar e executar sistema de microdrenagem (valetas, bueiros e outros), principalmente na Rua Sebastião Rodrigues da Silva, onde ocorre o alagamento. A saída de tal sistema deve ocorrer diretamente no canal/córrego;
- Verificar se há redes de esgoto ligadas à rede de drenagem. Caso positivo, recomenda-se que estas sejam desfeitas, a fim de garantir a eficiência máxima do sistema de drenagem;
- Executar limpeza dos sistemas de microdrenagem existentes como bueiros, valetas, caixas de passagem e outros, na entrada e saída do sistema;
- Executar estabilização das margens do canal em execução. Tal estabilização pode ser feita com colchão reno e/ou saco solo-cimento. Tal estrutura pode ser executada apenas nos primeiros metros do canal, a fim de evitar assoreamento dos sistemas de drenagem a jusante, do próprio canal e do açude também a jusante;
- Espalhar o material escavado nas margens ou retirá-lo e, após isso, executar um aterro com material competente para estabilizar as cabeceiras do canal;

- Impedir o lançamento das águas pluviais e superficiais captadas nos arredores do açude pelos dois bueiros observados, evitando o refluxo e/ou afogamentos destes. Junto a isso, executar a transferência do lançamento para jusante da Avenida Laudelino de Lima Rolim;
- Verificar a possibilidade da mudança do eixo de montante do canal em execução, transferindo para a via de servidão existente, transversal à Rua Sebastião Rodrigues da Silva. Tal modificação visa facilitar a manutenção das tubulações que lançam água no canal e do próprio canal;
- Recomenda-se que a prefeitura realize manutenção periódica nos dispositivos de drenagem, a fim de evitar o assoreamento e/ou entupimento dos mesmos. Junto a isso, recomenda-se a realização de campanhas de conscientização da população quanto ao lançamento de lixo e entulho no canal e no seu redor.

Ressalta-se que o planejamento e estudo da drenagem deve ser entendido como parte de um abrangente processo de planejamento urbano e, portanto, coordenado com os demais planos, principalmente os de saneamento básico (água e esgoto), uso do solo e transportes. Em um planejamento que consiste de ações de melhoria e controle dos sistemas de drenagem urbana deve estar prevista uma combinação adequada de recursos humanos e materiais e um balanceamento harmonioso entre ações estruturais e não estruturais. As ações estruturais compreendem as obras de engenharia, enquanto que as ações não estruturais são ações que disciplinam a ocupação territorial, o comportamento de consumo das pessoas e as atividades econômicas (Canholi, 2005).

3.2. Palestra e Curso de Treinamento e Capacitação

A formação e a capacitação da população, estudantes e das equipes municipais inserem-se na estratégia de formação de equipes locais, para que possam dar continuidade aos trabalhos de gestão de riscos no próprio município. Com este intuito foi ministrada palestra para alunos da FATEC, do curso de Silvicultura, e da ETEC Dr. Celso Charuri, dos cursos de Edificações e Turismo Receptivo, além de professores das duas escolas, contando com a participação de aproximadamente 200 pessoas. O tema apresentado na palestra foi “Desastres Naturais no Brasil”.

Além disso, foi ministrado o curso “Gestão, Mapeamento e Emergências em Riscos Naturais”, O programa do curso constou dos temas Gestão de Riscos e Desastres, Mapa de Ameaças Múltiplas e Atendimentos Emergenciais para os técnicos municipais da prefeitura de Capão Bonito, objetivando a transmissão de conceitos e metodologia, dando condições para que as equipes locais possam compreender o trabalho realizado, garantindo independência a essa equipe. O conteúdo deste curso foi baseado em material desenvolvido pelo IPT, segundo a experiência de seus profissionais em trabalhos pretéritos realizados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos realizados devem, na medida do possível, ser amplamente apresentados às comunidades sujeitas aos perigos mapeados, aos agentes públicos e à sociedade civil, pois constituem subsídio para as políticas municipais de desenvolvimento urbano e ambiental, de provisão habitacional e de inclusão social, bem como para o estabelecimento de ações de gerenciamento de riscos que envolvam as diferentes equipes municipais.

Todas as diretrizes para redução e/ou erradicação dos riscos apresentadas devem ser encaradas como sugestões para a municipalidade e a esta cabe, em última análise, a responsabilidade pela escolha e execução das medidas que julgar mais factíveis.

Este artigo foi originalmente publicado no 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, promovido pela Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (ABGE) a quem agradecemos a gentileza da autorização para esta republicação.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11682. **Estabilidade de Encostas**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 33p.

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchente**. São Paulo, Oficina de Textos, 2005.

MINISTÉRIO DAS CIDADES; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Org.: Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo, Agostinho Tadashi Ogura. Brasília: Min. das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

PERROTTA, M. M. et al. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:750.000**. São Paulo: CPRM, 2005. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil).

PINTO, C. S., GOBARA W., PERES, J. E. E. & NADER, J. J. (1993). **Propriedades dos solos residuais, Mesa Redonda - Solos do Interior de São Paulo**, ABMS e Depto. de Geotecnia da USP-SC, São Carlos, p. 95 a 142.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPÃO BONITO. **Relatório técnico Hidrológico e Hidráulico para o Desassoreamento do Córrego Localizado na Nova Capão Bonito**. Secretária Municipal de Planejamento, 2013.

SCHÄFFER, W. B., ROSA, M. R., DE AQUINO, L. C. S., MEDEIROS, J. D. **Área de Preservação Permanente e Unidades de Conservação x Áreas de Riscos – O que uma coisa tem haver com a outra?. Relatório de Inspeção da Área Atingida pela Tragédia da Região Serrana do Rio de Janeiro.** Ministério do Meio Ambiente, Brasília: MMD 2011, 96p.: il. color; 29 cm + mapas (Série Biodiversidade, 41).

ABSTRACT: This article aims to present the results of work conducted by the Institute for Technological Research - IPT on the mapping and indication of structural and non-structural measures in the areas of geological risk in neighborhoods Nova Capão Bonito, São Judas Tadeu, Vila Aparecida and Vila Jardim São Francisco in the municipality of Capão Bonito, Brazil. In these areas some houses are located in unfavorable reliefs to the occupation and presents a history of accidents related for mass movement processes and floods. As a result this work tries indicate for the municipality the policies of urban and environmental development, of housing provision and social inclusion, as well as to establish risk management actions involving the different local teams in the municipality.

KEYWORDS: Risk Mapping, Risk Management, Capão Bonito

CAPÍTULO XI

MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO A DESLIZAMENTOS E INUNDAÇÕES E DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPs) EM NÚCLEOS E LOTEAMENTOS IRREGULARES NO MUNICÍPIO DE SÃO ROQUE, SP

**Priscila Ikematsu
Eduardo Soares de Macedo
Alessandra Cristina Corsi
André Luiz Ferreira
Fabrício Araújo Mirandola
Priscilla Moreira Argentin**

**MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO A DESLIZAMENTOS E INUNDAÇÕES E DE ÁREAS
DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPs) EM NÚCLEOS E LOTEAMENTOS
IRREGULARES NO MUNICÍPIO DE SÃO ROQUE, SP**

Priscila Ikematsu

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)
São Paulo, SP

Eduardo Soares de Macedo

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)
São Paulo, SP

Alessandra Cristina Corsi

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)
São Paulo, SP

André Luiz Ferreira

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)
São Paulo, SP

Fabrcício Araújo Mirandola

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)
São Paulo, SP

Priscilla Moreira Argentin

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)
São Paulo, SP

RESUMO: O presente trabalho faz parte de um programa desenvolvido na Prefeitura Municipal da Estância Turística de São Roque que visa à regularização fundiária de núcleos de ocupação precária e loteamentos irregulares. Para auxiliar a ação municipal, a Prefeitura contratou o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) para executar o mapeamento de áreas de risco a movimentos de massa e inundações e a delimitação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) em 22 áreas prioritárias. O mapeamento das áreas de risco foi realizado segundo metodologia desenvolvida pelo Ministério das Cidades e o IPT (2007). As APPs foram demarcadas com base em funções matemáticas disponíveis em softwares de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e nos critérios definidos na Lei Federal nº 12.651/2012 e outras legislações. Foram identificados setores de risco Alto (R3) para deslizamentos em cinco áreas prioritárias e um setor de risco Alto (R3) para inundações em uma área. Em relação às APPs várias particularidades foram identificadas, desde APP em área urbana consolidada, onde há forte alteração do meio natural e também das funções ambientais estabelecidas pela legislação, até formas dispersas e pouco densas de uso e ocupação do solo (chácaras, sítios de recreio ou ranchos), sobretudo nas áreas de transição rural-urbanas. O tratamento a ser dado em ambos os casos (risco e APP) depende de uma avaliação de caráter público e social, considerando aspectos técnicos, econômicos e, também, a questão legal.

PALAVRAS-CHAVE: Área de risco, área de preservação permanente, gestão municipal, São Roque, regularização fundiária.

1. INTRODUÇÃO

A Estância Turística de São Roque está localizada no centro sul do Estado de São Paulo e dista cerca de 51 km da capital do estado. O município é servido por duas rodovias principais: Raposo Tavares (SP-270) e Castello Branco (SP-280) e por dois ramais da antiga Estrada de Ferro Sorocabana, que dão acesso à capital e ao Porto de Santos. Está inserido na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - Tietê/Sorocaba (UGRHI 10). Seus municípios limítrofes são Araçariguama, Itapevi, Vargem Grande Paulista, Ibiúna, Mairinque e Itu. Segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o ano de 2014, o município tinha uma população aproximada de 85 mil habitantes.

A região caracteriza-se pela presença de granitos do Conjunto São Roque, rochas metavulcanossedimentares do Grupo São Roque e do Grupo Serra do Itaberaba, e sedimentos quaternários. Possui relevo acidentado, com altitudes que variam de 600 m a 1.200 m, associadas ao forte controle litológico e estrutural, sendo caracterizado pelos corpos granitoides, que sustentam as serranias, e os metassedimentos, as zonas mais baixas (HASUI,1975).

Ao mesmo tempo em que as suas características naturais indicam certa restrição ao crescimento urbano, a influência de vetores de crescimento associada à sua localização contígua à Região Metropolitana de São Paulo e de Sorocaba revelam o aumento de ocupações em áreas não aptas à urbanização, do ponto de vista geotécnico e legal. Nesse contexto de crescimento, a questão da regularização fundiária de ocupações em área legalmente protegida e áreas de risco ganha relevância no Município.

Por esse motivo, a Prefeitura Municipal vem desenvolvendo ações voltadas à regularização fundiária dos núcleos de ocupação precária e loteamentos irregulares, onde a identificação de setores de risco e de Áreas de Preservação Permanente (APPs) é fundamental.

Considerando essa problemática e visando auxiliar a ação municipal, a Prefeitura contratou o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), por meio do PATEM, Programa da Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação para executar o mapeamento de áreas de risco a processos do meio físico (movimentos de massa e inundações), bem como a delimitação das APPs a partir da base cartográfica gerada, na escala 1:10.000, em vinte e duas áreas prioritárias selecionadas para o desenvolvimento do estudo.

2. MÉTODOS, CRITÉRIOS E PROCEDIMENTOS

As 22 áreas prioritizadas para mapeamento de risco a deslizamentos e inundações, e para delimitação das APPs estão apresentadas na **Figura 1**. A seleção foi feita por meio de análise conjunta entre a equipe técnica do IPT e da Prefeitura Municipal de São Roque, considerando a situação fundiária; o histórico de ocorrências de processos de deslizamentos e inundações; a incidência de

ocupação não consolidada cuja infraestrutura é precária, sem equacionamento de processos do meio físico perante as intervenções feitas pela ocupação; a inserção em programa de regularização fundiária; e a localização em área sujeita à expansão urbana desordenada.

Grande parte dessas áreas localiza-se no perímetro urbano municipal e muitas delas estão sendo ocupadas por novas edificações, avançando em direção às áreas protegidas, como as APPs; bem como às áreas passíveis de serem atingidas por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso (áreas de risco). Em ambos os casos, os efeitos da ocupação antrópica são notórios, pois resultam em perdas ambientais, econômicas e sociais.

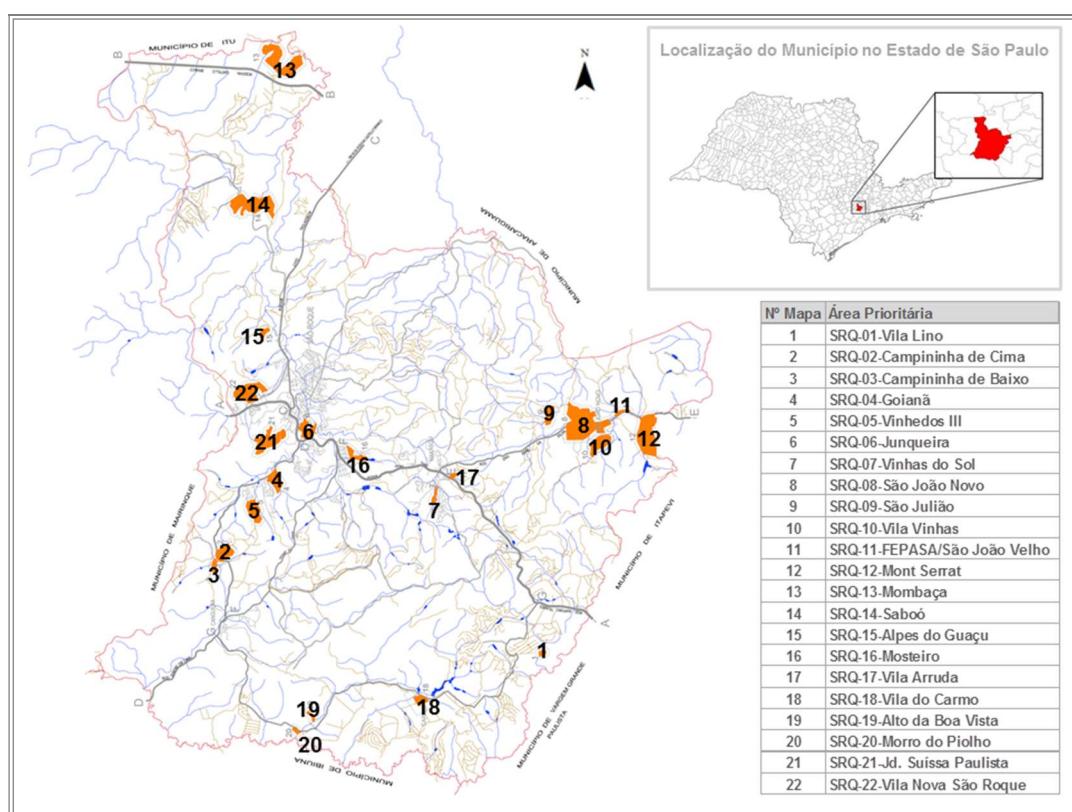


Figura 1. Localização das vinte e duas áreas prioritárias mapeadas no município de São Roque.

2.1 MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO A DESLIZAMENTOS E INUNDAÇÕES

Essa etapa do trabalho contemplou as áreas suscetíveis aos processos de movimentos de massa (deslizamentos e solapamento de margens de córregos) e inundações que atingem preferencialmente moradias localizadas em relevos desfavoráveis à ocupação, seja em morros de altas declividades ou em fundos de vale e próximas aos cursos d'água, conforme histórico de ocorrência de acidentes registrados e indicados pela equipe da Prefeitura. Em todas as áreas selecionadas para a avaliação do mapeamento de risco foram obtidas fotos oblíquas, por meio de voo de helicóptero a alturas médias entre 100 e 150 m do solo, utilizadas para

a delimitação dos setores de risco identificados durante os trabalhos de campo. Também foram utilizadas fotos aéreas (ortofotos) com o intuito de espacializar a distribuição das áreas.

Foram analisadas as situações potenciais de deslizamentos e solapamento de margens de córregos e inundação, sendo adotados os seguintes procedimentos: (a) Vistorias em cada área, por meio de investigações geológico-geotécnicas de superfície; (b) Registro de campo das características de cada setor mapeado e dos resultados das investigações geológico-geotécnicas; (c) Delimitação dos setores de risco, representando-os nas cópias das fotografias de helicóptero, ortofotos ou fotos de campo; (d) Para os setores identificados, foi avaliado e definido o grau de risco de ocorrência de processo de instabilização (deslizamento de encostas, quedas de blocos, solapamento de margens de córregos e inundação), válido por um período de 1 (um) ano, segundo critérios definidos pela metodologia de mapeamento de áreas de risco (Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007); e (e) estimativa das consequências potenciais do processo de instabilização, por meio da avaliação das possíveis formas de desenvolvimento do processo destrutivo atuante e do número aproximado de moradias ameaçadas, em cada setor de risco.

Nos trabalhos de campo foi utilizado um *check-list* com diversos condicionantes geológicos e geotécnicos importantes para a caracterização dos processos de instabilização de encostas em áreas urbanas, tais como: tipologia e geometria da encosta, tipos de materiais mobilizados, tipologia de movimentos de massa ocorrentes ou esperados, tipo de talude, e condição de escoamento e infiltração de águas superficiais e servidas. Foram considerados também aspectos específicos, tais como o padrão construtivo das habitações, a posição das mesmas em relação ao raio de alcance dos processos ocorrentes ou esperados, o estágio da ocupação atual, incluindo aspectos gerais sobre infraestrutura urbana implantada. Os setores de risco foram delimitados em campo sobre as imagens das fotos dos sobrevoos de helicóptero e classificadas segundo os graus de risco em: risco baixo (R1), risco médio (R2), risco alto (R3) e risco muito alto (R4). Os critérios de julgamento da probabilidade de ocorrência dos processos de instabilização do tipo deslizamentos em encostas ocupadas, bem como os parâmetros analisados para o desenvolvimento dos trabalhos, são apresentados no Quadro 1.

Grau de probabilidade	Descrição
R1 Baixo	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de BAIXA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. NÃO HÁ INDÍCIOS de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens. É a condição menos crítica. Mantidas as condições existentes, NÃO SE ESPERA a ocorrência de eventos destrutivos no período de 1 ano.
R2 Médio	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de MÉDIA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa-se a presença de

	ALGUMA(S) EVIDÊNCIA(S) de instabilidade, porém incipiente(s). Mantidas as condições existentes, É REDUZIDA a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.
R3 Alto	Os condicionantes geológico-geotécnicos e o nível de intervenção no setor são de ALTA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa-se a presença de SIGNIFICATIVA(S) EVIDÊNCIA(S) de instabilidade. Mantidas as condições existentes, é PERFEITAMENTE POSSÍVEL a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.
R4 Muito Alto	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de MUITO ALTA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. As evidências de instabilidade SÃO EXPRESSIVAS E ESTÃO PRESENTES EM GRANDE NÚMERO E/OU MAGNITUDE. É a condição mais crítica. Mantidas as condições existentes, é MUITO PROVÁVEL a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.

Quadro 1. Critérios utilizados para determinação dos graus de probabilidade de ocorrência de processos de instabilização do tipo escorregamentos em encostas ocupadas e solapamento de margens de córregos. (Fonte: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007).

Para a caracterização dos processos de inundação em campo diversos condicionantes geológicos, geotécnicos e hidrológicos são considerados, a saber: tipologia do canal, largura máxima, altura máxima da margem do canal, distância das moradias, assoreamento do canal, solapamentos de margem, intervenções, obstruções, dados históricos de evento de inundação (raio de alcance máximo, altura máxima de inundação, quantidade de chuva registrada). Os critérios observados em campo para a realização do mapeamento de áreas de inundação são os seguintes: análise dos cenários de risco, probabilidades de ocorrência e tempo de recorrência e gravidade do processo sobre os elementos sob risco. A matriz de risco obtida a partir do cruzamento entre a Probabilidade de Ocorrência (com tempo de recorrência) e a Gravidade do processo sobre os elementos sob risco está apresentada no Quadro 2.

PROBABILIDADE	GRAVIDADE			
	Negligenciável	Média	Alta	Desastre
Baixa	Baixo	Baixo	Médio	Muito Alto
Média	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Alta	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
Muito Alta	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto

Quadro 2. Matriz de risco segundo arranjo entre probabilidade de ocorrência do processo e sua gravidade.

2.2 DELIMITAÇÃO DE ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)

A delimitação das APPs nas áreas prioritárias foi realizada com base em

funções matemáticas disponíveis em softwares de Sistema de Informação Geográfica (SIG), tendo em vista a dificuldade de delimitação em campo de áreas com grandes extensões. A utilização dessas ferramentas é a melhor alternativa quando se trabalha com um número grande de áreas, apresentando maior agilidade e padronização nas delimitações, auxiliando, dessa forma, a gestão territorial. A análise da base cartográfica e trabalhos de campo para reconhecimento das áreas prioritárias no município de São Roque indicaram que não há ocorrência, na escala de trabalho, das seguintes categorias de APP estabelecidas pelo Código Florestal: lagos e lagoas naturais, de reservatório artificial, de altitude, além de outras que não ocorrem no contexto geomorfológico e ecológico do município em estudo (restinga, manguezal e bordas de tabuleiros ou chapadas).

Para as demais categorias, foram utilizados os critérios definidos no Artigo 4º da Lei Federal nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012), sintetizados no **Quadro 3**. A base cartográfica utilizada foi a do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC), na escala 1:10.000 (IGC, 1979), adquirida inicialmente no formato raster e convertida posteriormente para o formato vetorial (*shapefile*). Os resultados foram verificados por meio de trabalhos de campo de reconhecimento visual da área e coleta de pontos com o GPS. Deve-se salientar que a delimitação das APP foi executada na escala 1:10.000 e, portanto, análises que demandam maior precisão cartográfica devem ser pautadas em estudos específicos de detalhamento.

Categoria a ser protegida	Critério para Delimitação da APP	Extensão da APP	Método
Rio e Curso d'Água	Largura do rio < 10 m	30 m	Ferramenta <i>Buffer</i> do ArcGIS 10.2 (ESRI, 2013)
	Largura do rio de 10 a 50 m	50 m	
	Largura do rio de 50 m a 200 m	100 m	
	Largura do rio de 200 m a 600 m	200 m	
	Largura do rio > 600 m	500 m	
Nascente/ olho d'Água	Classificação como nascente ou olho d'água perene	Raio de 50 m ao redor da Nascente	Definição do ponto de origem de cada drenagem e Ferramenta <i>Buffer</i> do ArcGIS 10.2 (ESRI, 2013)
Encostas	Áreas com declividade > 45° na linha de maior declive.-		Função Topo to Raster / Slope, no ArcGIS 10.2 (ESRI, 2013)
Topo de Morro	Áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação nos morros (feições geomorfológicas		Método proposto por Cortizo (2007), Oliveira e Fernandes Filho (2013) e

	com altura mínima de 100 m e inclinação média maior que 25°).-	Peluzio et al. (2010).
--	--	------------------------

Quadro 3. Critérios para a delimitação das APP. Fonte: BRASIL (2012).

Para auxiliar na análise de cada caso, foram sistematizadas informações junto à Prefeitura Municipal e nos trabalhos de campo, apresentados no **Quadro 4**, que apresenta o motivo da escolha de cada item.

Item	Justificativa	Fonte	Observação
Ano de implantação	Avaliar a preexistência e temporalidade em relação às normas estabelecidas.	Prefeitura da Estância Turística de São Roque.	O ano de implantação foi determinado por meio da observação, pelos técnicos da Prefeitura, da data de aprovação ou de entrada de projeto de parcelamento.
Situação Fundiária	Avaliar questões relativas à regularização fundiária.	Prefeitura da Estância Turística de São Roque.	A situação fundiária dos núcleos de ocupação foi classificada como: aprovado, regularizado, em processo de regularização, parcelamento irregular do solo ou invasão.
Infraestrutura urbana	Avaliar enquadramento em área urbana consolidada.	Prefeitura da Estância Turística de São Roque.	Alguns núcleos de ocupação possuem apenas cobertura parcial de água e esgoto.
Macrozoneamento do Plano Diretor Municipal	Verificar inserção no perímetro urbano e diretrizes municipais.	Lei complementar nº 39/06 (PMSR, 2006).	Fazem parte do perímetro urbano a Macrozona de consolidação urbana e subdivisões e a Macrozona de Urbanização Específica e subdivisões.
Interesse Social	Verificar enquadramento em casos de interesse social para regularização fundiária prevista em Lei.	Lei complementar Nº 39/06 (PMSR, 2006) e Plano Local de Habitação de Interesse Social PLHIS (PMSR, 2011).	No PLHIS (PMSR, 2011) as ocupações são classificadas como Loteamentos de Interesse Social ou Núcleos de Ocupação Precária. No Plano Diretor instituído pela Lei complementar Nº 39/06, (PMSR, 2006) os casos de regularização fundiária são enquadrados como Área Especial de Interesse Social (AEIS).
Unidade de Conservação	Verificar existência de situação de interesse ecológico.	Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Itupara-ranga (SMA, 2010).	Ocorre em São Roque apenas a Unidade de Conservação de Uso Sustentável Área de Proteção Ambiental (APA) de Itupararanga,
Uso do solo predominante	Verificar alterações causadas pela influência antrópica, que interferem nas funções ambientais da APP definidas	Análise de ortofotos e trabalhos de campo.	O uso do solo predominante foi classificado em: Área urbana consolidada: densamente ocupada, dotada de infraestrutura básica atividades de comércio e serviços. Área urbana em consolidação: em processo de ocupação, com vazios

	na Lei Federal nº 12.651/12 (BRASIL, 2012).		urbanos, infraestrutura básica e equipamentos urbanos parcialmente instalados ou ausentes; Loteamento de chácaras: chácaras (lazer de uso residencial) e sítios com produção agrícola de pequeno porte. Área de transição: onde coexistem características e usos urbanos e rurais.
Situação do curso d'água (natural ou com intervenção)	Avaliar a interferência na função ambiental da APP.	Base cartográfica do IGC (1979) e trabalhos de campo.	O curso d'água foi classificado nas seguintes situações Curso d'água natural: todos os corpos hídricos (rio, riacho, ribeirão ou córrego) que não sofreram intervenção antrópica. Curso d'água com intervenção: aqueles que foram submetidos à alteração, parcial ou total, do seu percurso natural para fins diversos (desvio para galerias fechadas, canalização, retificação, entre outros).
Risco (Alto/Muito Alto)	Avaliar questões relativas à regularização fundiária.	Mapeamento do IPT.	Foram consideradas apenas as áreas classificadas como RISCO ALTO – R3 ou RISCO MUITO ALTO – R4.

Quadro 4. Itens analisados em cada área prioritária

3. RESULTADO DOS TRABALHOS

Este item apresenta os resultados dos mapeamentos realizados nas 22 prioritárias. Como exemplo, utilizou-se a área SRQ-04 – Goianã, apresentada na Figura 2.



Figura 2. Exemplo do mapeamento e análise realizada, na SRQ-01- Goianã.

3.1 SETORES DE RISCO

Os resultados entregues à Prefeitura incluíram apenas as áreas com graus de probabilidade Alto (R3) já que áreas com R4 (Muito Alto) não foram encontradas, tendo em vista o objetivo do levantamento com referência à regularização fundiária. Considerou-se assim, que a regularização fundiária pode ser feita sem necessidade de intervenções nas áreas quando os graus de probabilidade forem R1 (Baixo) e R2 (Médio). Como para graus mais altos (no caso R3) existe a necessidade de intervenção estrutural, essas áreas foram indicadas à Prefeitura. Apenas as áreas SRQ-04 – Goianã, SRQ-05–Vinhedos III, SRQ-06–Junqueira, SRQ-07–Vinhas do Sol, SRQ-16–Mosteiro, apresentaram setores de risco Alto (R3) para deslizamentos e a área SRQ-18–Vila do Carmo, um setor de risco Alto (R3) para inundações. Todas as outras áreas não apresentaram setores de risco Alto (R3) ou Muito Alto (R4).

Na SRQ-04 – Goianã, foi observado um setor classificado como de RISCO ALTO – R3 para o processo de deslizamento, sendo um setor de encosta, geomorfologicamente caracterizado como um anfiteatro de drenagem, onde foram observadas 5 moradias de alvenaria, localizadas na base do talude, com distância entre 1 m e 2 m da base, na meia encosta e no topo do talude, com distância entre 0 m e 2 m do topo. Há taludes naturais, com altura máxima de 18 m e 60° de inclinação média e também taludes de corte com 2 m a 5 m de altura máxima e 90° de inclinação, com moradias entre 0 m a 2 m de distância da base do talude e entre 0 m e 1 m de distância do topo do talude. Ocorrem depósitos de encosta composto de aterro, lixo e entulho sobre encosta natural e no topo dos taludes de corte; trincas nas moradias, trincas no terreno, degraus de abatimento, árvores, postes e muros inclinados e cicatrizes de deslizamento. Ressalta-se que umas das moradias identificadas na foto oblíqua de helicóptero tirada no dia 30 de outubro de 2014 apresentava-se demolida quando da realização da vistoria no dia 08 de janeiro de 2015, devido à ocorrência de um deslizamento que atingiu a mesma. Há presença de blocos rochosos (matacões), decimétricos a métricos, bem como concentração de água de chuva e lançamento de águas servidas em superfície. O sistema de drenagem superficial é inexistente e foi verificada a presença de árvores, vegetação rasteira e bananeiras.

Na SRQ-05–Vinhedos III foi observado um setor classificado como de RISCO ALTO – R3 para o processo de deslizamento. É um setor de encosta, com inclinação média entre 30 e 50°, sendo que as moradias encontram-se no topo de um talude natural, o qual apresenta um pequeno curso d'água em sua base. Neste são observadas 14 moradias, em sua maioria de madeira, localizadas no topo do talude, com distância entre 1 e 3m do topo, e poucas se encontram na meia encosta. O acesso ao setor se dá por vias e vielas não pavimentadas. Há taludes naturais, com altura máxima de 10m e 50° de inclinação média. Ocorrem depósitos de encosta compostos de aterro, lixo e entulho sobre encosta natural; trincas no terreno e cicatrizes de deslizamento e também foi identificada concentração de água de chuva e lançamento de águas servidas em superfície. Há presença de

árvores, vegetação rasteira e bananeiras e o sistema de drenagem superficial é inexistente.

Na SRQ-06–Junqueira, foi observado um setor classificado como de RISCO ALTO – R3 para o processo de deslizamento. Trata-se de um setor de encosta, com inclinação média entre 15 e 45°, com moradias instaladas em um talude natural retilíneo de grande altura e extensão, dos quais aproximadamente 12 são moradias de alvenaria, de médio a bom padrão construtivo, localizadas na base do talude natural, com distância entre 0 e 1m da base, e na meia encosta. Aproximadamente no meio da encosta natural foi executado um grande corte para a construção de rua e o trecho a jusante desta, em direção à base do talude natural, apresenta histórico de ocorrência de deslizamentos. Ocorrem também taludes de corte a montante da Rua Barão do Rio Branco, com 2 a 6m de altura máxima e 70 a 90° de inclinação, com moradias entre 0 a 2m de distância da base do talude e entre 0 e 3 m de distância do topo do talude; depósitos de encosta (aterro, lixo e entulho) sobre encosta natural, trincas no terreno, degraus de abatimento, árvores, postes e muros inclinados e cicatrizes de deslizamento. Ressalta-se que o setor apresenta um histórico de deslizamento e queda de blocos, o qual gerou uma vítima fatal. Há presença de blocos rochosos, decimétricos a métricos. Há concentração de água de chuva e lançamento de águas servidas em superfície, árvores, vegetação rasteira e bananeiras. O sistema de drenagem superficial é satisfatório, mas em pontos específicos apresenta-se incompleto ou danificado.

Na área SRQ-07 – Vinhas do Sol foram identificados dois setores classificados como de RISCO ALTO – R3 para o processo de deslizamento, os quais apresentam características, parâmetros e condicionantes homogêneos. São setores de encosta, com inclinação média entre 20 e 50°, com moradias instaladas na base e no topo de taludes de corte, em uma grande encosta natural retilínea de grande extensão, sendo 5 moradias de alvenaria (algumas com risco apenas em determinados cômodos) localizadas na base de taludes de corte com 2 a 5 m de altura máxima e 90° de inclinação, com distância entre 0 e 2 m da base, e no topo dos taludes de corte, com distância entre 0 e 3 m do topo. Ocorrem cicatrizes de deslizamento e há concentração de água de chuva e lançamento de águas servidas em superfície, há presença de árvores, vegetação rasteira e bananeiras, e trechos restritos de solo exposto.

Na área SRQ-16 – Mosteiro foi identificado um setor classificado como de RISCO ALTO – R3 para o processo de deslizamento. Trata-se de um setor de encosta, com inclinação média entre 10 e 45°, caracterizado como um pequeno anfiteatro de drenagem, com 4 moradias de alvenaria, algumas delas apresentando problemas apenas nos quintais dos fundos, localizadas na base do talude natural, com distância entre 2 e 5m da base. O acesso ao setor se dá por vias pavimentadas e não pavimentadas. Há talude natural, com altura máxima de 25m e 60° de inclinação média. Ocorrem também taludes de corte com 5 a 7m de altura máxima e 90° de inclinação, com moradias entre 0 a 4m de distância da base do talude e entre 2 e 3m de distância do topo do talude, trincas nas moradias, trincas no terreno e cicatrizes de deslizamento, há concentração de água

e o sistema de drenagem superficial é precário a inexistente.

Na área SRQ-18 – Vila Carmo foi identificado um setor classificado como de RISCO ALTO – R3 para o processo de inundação. Este é um setor de planície de inundação, com inclinação muito pequena. Neste são observadas 11 moradias de alvenaria, localizadas entre 1 e 6 m do topo do talude marginal, as quais são atingidas quando da ocorrência de inundação, segundo relato de moradores. O acesso ao setor se dá por vias pavimentadas e vielas e vias não pavimentadas. O curso d'água apresenta uma largura média de 1m e seu talude marginal não ultrapassa 0,5m de altura. Verificou-se que a inundação pode atingir até 1,5 metros acima da lâmina d'água normal do córrego, segundo análise dos restos vegetais e lixo que se prenderam em uma cerca de arame farpado localizada próxima ao curso d'água.

Ressalta-se que a remoção de moradias não é uma medida estrutural imperativa para os setores classificados com qualquer grau de risco, mesmo para aqueles mapeados com risco Alto (R3) ou Muito Alto (R4), apesar deste procedimento ser adotado de forma errônea por algumas administrações municipais no Brasil. A remoção é uma das medidas que podem ser implementadas na ação de redução do grau de risco, porém, é sempre necessária a realização da análise da relação Custo X Benefício, verificando as diferenças entre o custo para implementação de medidas estruturais para redução do risco e o número de moradias atendidas, ou para realização da remoção e consequente relocação da população. Quanto à realização de remoções, além dos custos relacionados diretamente às ações de engenharia (demolição e construção de novas unidades habitacionais), deve-se considerar a existência do custo social, que normalmente é negligenciado, mas que pode apresentar “valores” superiores à implementação de medidas estruturais, por vezes extrapolando a questão monetária.

3.2 OCUPAÇÃO EM APP E REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA

Destacam-se nesse trabalho os casos especiais que devem ser observados no processo de regularização fundiária em APP, tais como: localização em área urbana ou rural e temporalidade; grau de modificação do ambiente e enquadramento em interesse social. Após os processamentos realizados, apenas as APPs de curso d'água foram identificadas, pois não foram encontrados topos de morros de acordo com os critérios do atual código florestal e as APP de encosta não foram significativas para a escala de apresentação.

3.2.1. LOCALIZAÇÃO EM ÁREA URBANA OU RURAL E TEMPORALIDADE

Para análise de ocupação em APP, deve ser observada a localização no limite legalmente instituído pelo poder público municipal (inserção em perímetro

urbano), mas também as características do uso do solo predominante. A simples localização em perímetro urbano não significa que não pode ocorrer uso rural e as diretrizes para esses dois casos são diferenciadas na legislação. A Instrução Normativa nº 02, de 05 de maio de 2014, do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2014) define que imóvel rural é “todo prédio rústico de área contínua, qualquer que seja sua localização, que se destine ou possa se destinar à exploração agrícola, pecuária, extrativa vegetal, florestal ou agroindustrial”. Por outro lado, o Art. 47 da Lei Federal nº 11.977, de 07 de julho de 2009 (BRASIL, 2009), define uma área urbana consolidada como a “parcela da área urbana com densidade demográfica superior a 50 habitantes/ha e malha viária implantada e que tenha, no mínimo, dois dos seguintes equipamentos de infraestrutura urbana implantados: drenagem de águas pluviais urbanas; esgotamento sanitário; abastecimento de água potável; distribuição de energia elétrica; ou limpeza urbana, coleta e manejo de resíduos sólidos”.

As áreas SRQ-14 – Saboó e da SRQ-19 – Alto da Boa Vista são as únicas localizadas legalmente em zona rural. No entanto, em outras áreas se verifica a predominância de loteamentos de chácaras (áreas SRQ-05 – Vinhedos III e SRQ-13 – Mombaça) ou são áreas de transição urbano-rural (áreas SRQ-02 – Campininha de Cima, SRQ-03 – Campininha de Baixo, SRQ-09 – São Julião, SRQ-18 – Vila do Carmo, SRQ 21 – Jd. Suíssa Paulista). Ocupações rurais possuem a data de 22 de julho de 2008 como referência para a permanência das atividades agrossilvopastoris, de ecoturismo e de turismo rural e estão condicionadas à sua inserção no Cadastro Ambiental Rural (CAR) e posterior Programa de Regularização Ambiental (PRA). A permanência de residências e infraestrutura associada às atividades agrossilvopastoris, de ecoturismo e de turismo rural só é permitida se forem adotadas técnicas de conservação do solo e da água que visem à mitigação dos eventuais impactos ambientais.

As áreas SRQ-06 – Junqueira, SRQ-08 – São João Novo, SRQ-16 – Mosteiro, SRQ-18 – Vila do Carmo e SRQ-22 – Vila Nova São Roque se inserem em área urbana consolidada e, com exceção da SRQ-14 – Saboó e da SRQ-19 – Alto da Boa Vista, todas as áreas prioritárias se incluem no perímetro urbano municipal, que engloba a Macrozona de consolidação urbana e subdivisões e a Macrozona de Urbanização Específica e subdivisões. Nas áreas urbanas consolidadas não há uma data de referência para a permanência de ocupação em APP, de modo que o único critério que pode ser utilizado para a continuidade de ocupação em tais lugares é a comprovação de que ela ocorreu antes da definição legal da faixa de APP (preexistência).

Nessas situações, é essencial que seja realizada uma pesquisa mais precisa sobre as datas de instalação das ocupações em APP atualmente constatadas, que pode ser realizada por meio de levantamento do registro do imóvel ou da análise de imagens aéreas antigas. Neste trabalho foram adotadas as regras mais recentes, seguindo metodologia anteriormente explicitada. No caso de verificação de preexistência à norma adotada, o regulamento anterior deve ser considerado. Em cursos d’água, por exemplo, as regras variam desde o primeiro Código Florestal,

promulgado em 1965 (BRASIL, 1965). Nos anos de 1986 e 1989 foram propostas mudanças na largura da faixa protegida, conforme Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 04/85, publicada em 20 de janeiro de 1986; e Lei Federal nº 7.803/89.

Em relação às nascentes, o primeiro Código Florestal - Lei 4.771/65 (BRASIL, 1965) determinou que as nascentes fossem áreas protegidas, ou seja, deveriam constituir APP. No entanto, não definiu qual era o método de demarcação. A Resolução CONAMA nº 04/85 inseriu a obrigação de proteger uma faixa mínima de 50 m a partir da margem de qualquer nascente. Com a Lei Federal nº 7.803/89, a proteção das nascentes efêmeras é excluída, mantendo a faixa de 50 m para as perenes e intermitentes. Hoje o Código Florestal (BRASIL, 2012) estabelece a exclusão da faixa restritiva de 50m para nascentes e olhos d'água intermitentes, que antes eram resguardados pelas normas precedentes. Além disso, essa legislação não menciona mais a área referente à bacia hidrográfica contribuinte de cada nascente, restringindo a proteção ao seu entorno imediato. Por isso, a faixa de 50 metros de proteção para nascentes só foi identificada na SRQ-13 - Mombaça, mas deve-se destacar que o método de demarcação adotado neste trabalho considerou apenas o caso de nascente pontual e perene, mas existem outros fatores que devem ser ponderados na avaliação de existência de nascente e que não faziam parte do escopo deste trabalho. Assim, a desocupação nas áreas das nascentes depende de um estudo bastante detalhado para que não incorra em problemas relacionados a essa categoria de restrição.

3.2.2 GRAU DE MODIFICAÇÃO DO MEIO AMBIENTE

Em São Roque, como na maioria dos municípios brasileiros, o uso e ocupação do solo, tanto em áreas rurais quanto urbanas, alterou fortemente a rede de drenagem original, inclusive a que consta na base do IGC (1979) utilizada para este trabalho. Foram constatados casos de retificação, impermeabilização das margens, desvio, soterramento, entre outras intervenções comumente associadas ao crescimento urbano, destacando-se as alterações nas áreas SRQ-06 - Junqueira, SRQ-08 - São João Novo; SRQ 17 - Vila Arruda, SRQ-21 - Jd Suíssa Paulista e SRQ-22 - Vila Nova São Roque. Os rios que atravessam a área urbana recebem carga orgânica (efluentes domésticos e/ou industriais) e água pluvial, cujo volume e impactos é influenciado pela interferência nos cursos d'água e pela impermeabilização realizada pela própria ocupação. Nesses casos, a função ambiental da APP também foi alterada pelas transformações advindas da expansão das cidades e devem ser ponderadas questões atreladas ao custo/benefício (ambientais, sociais e econômicos) para respaldar a ação do poder público em relação ao atendimento das exigências legais. Mas deve-se destacar que ainda restam áreas sem ocupação antrópica, pois a maioria das áreas definidas como prioritárias está submetida ao crescimento de novas ocupações, muitas delas sem infraestrutura adequada. Nesse caso, o município deve exercer o monitoramento e

a fiscalização a fim de evitar que a ocupação urbana avance para áreas legalmente protegidas, bem como para áreas suscetíveis a processos geodinâmicos cuja alteração pode afetar a estabilidade dos terrenos.

3.2.3 OCUPAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL EM APP

O poder público tem como alternativas para solucionar o conflito da ocupação em APP: priorizar a proteção das funções ambientais da área, promovendo reassentamento total ou parcial da população que se instalou sobre APP, com desmonte das construções e retirada de entulhos; ou requerer a regularização fundiária dessas áreas, com base em critérios que permitam a efetivação do direito à moradia com o menor impacto ambiental possível, seguindo as orientações da Lei Federal nº 11.977/09 (BRASIL, 2009), assegurando, ainda, a preservação ou a recuperação de funções ambientais remanescentes. De acordo com o § 1º do Art. 54 da Lei Federal nº 11.977/09, o Município poderá, por decisão motivada, admitir a regularização fundiária de interesse social em APP, ocupadas até 31 de dezembro de 2007 e inseridas em área urbana consolidada, desde que estudo técnico comprove que esta intervenção implica a melhoria das condições ambientais em relação à situação de ocupação irregular anterior. Podem ser tratadas como de interesse social as áreas SRQ-01 - Vila Lino, SRQ-02 - Campininha de Cima, SRQ-03 - Campininha de Baixo, SRQ-04 - Goianã, SRQ-07 - Vinhas do Sol, SRQ-11- FEPASA - São João Velho, SRQ-15 - Alpes do Guaçu, SRQ -17 - Vila Arruda, SRQ-18 - Vila do Carmo, SRQ-20 - Morro do Piolho, SRQ-21 - Jd. Suíssa Paulista e SRQ-22 - Vila Nova São Roque.

4. CONCLUSÕES

A escolha pela realização de remoções ou manutenção de moradias ou outras atividades nas áreas de risco e de preservação permanente, deve considerar a situação fundiária dos imóveis; a existência ou ausência de situação de risco; a suscetibilidade natural dos terrenos; a existência de interesse ecológico relevante; e o enquadramento em casos de interesse social. O tratamento a ser dado em ambos os casos depende de uma avaliação de caráter público e social, considerando aspectos técnicos, econômicos e, também, a questão legal. Por fim, destaca-se que na gestão municipal de áreas de risco e de preservação permanente esses trabalhos não são exclusivos de uma única área, mas deve ser feita de modo matricial, transversal e multidisciplinar na estrutura da Prefeitura.

Este artigo foi originalmente publicado no 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, promovido pela Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (ABGE) a quem agradecemos a gentileza da autorização para esta republicação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Prefeitura Municipal da Estância Turística de São Roque. Além disso, destaca-se que este artigo foi originalmente publicado no 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, promovido pela Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (ABGE) a quem também agradecemos a gentileza da autorização para esta republicação.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Institui o novo Código Florestal. Revogada pela Lei nº 12.651, de 2012. Brasília, 15 de setembro de 1965.

BRASIL. Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009. Dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida - PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas. **Diário Oficial da União**, Brasília, 8 jul. 2009.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 mai. 2012.

CORTIZO, S. **Topo de morro na Resolução CONAMA nº 303**. (2007). Disponível em: <http://www.dcs.ufla.br/site/_adm/upload/file/slides/matdispo/geraldo_cesar/to_po_de_morro.pdf>. Acesso em Dez. 2015.

ESRI. **ArcMap/ArcGIS™ 10.2**. Copyright © 1999-2010 ESRI Inc. California: ESRI, 2013.

HASUI, Y. **Geologia da Folha São Roque**. São Paulo: Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (Boletim, 6), 1975. p. 157-183.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO DE SÃO PAULO - IGC. **Carta Planialtimétrica (Canguera, Caeté, Córrego São João, Mailasqui, Sabiá e São Roque)**. São Paulo: IGC, 1979. Escala 1:10.000.

MINISTÉRIO DAS CIDADES, INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Organizadores: Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo, Agostinho Tadashi Ogura. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Instrução Normativa nº 2, de 5 de maio de 2014. Dispõe sobre os procedimentos para a integração, execução e

compatibilização do Sistema de Cadastro Ambiental Rural - SICAR e define os procedimentos gerais do Cadastro Ambiental Rural - CAR. **Diário Oficial da União - DOU** de 06/05/2014 (nº 84, Seção 1, pág. 59)

OLIVEIRA, G.C; FERNANDES FILHO, E.I. Metodologia para delimitação de APPs em topos de morros segundo o novo Código Florestal brasileiro utilizando sistemas de informação geográfica. **Anais... XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

PELUZIO, T. M. O.; SANTOS, A. R.; FIEDLER, N. C. (Organizadores). **Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente no ArcGIS 9.3**. Alegre: CAUFES, 2010. 58p.

Disponível em:

<http://www.mundogeomatica.com.br/livros/livro_mapeamento_apps_arcgis93/livro_mapeamento_apps_arcgis93.pdf>. Acesso 12 jan. 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE SÃO ROQUE – PMSR. **Lei Complementar nº 39/2006**. Institui o Plano Diretor do Município da Estância Turística de São Roque e dá outras providencias. São Roque, 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE SÃO ROQUE – PMSR. **Plano Local de Habitação de Interesse Social (PLHIS) São Roque - Etapa III**. São Roque, 2011.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE – SMA. **Plano de Manejo da APA Itupararanga**. São Paulo: SMA, 2010.

ABSTRACT: This work is part of a program developed in the City of São Roque that aims to regularize the land use of precarious housing and irregular allotments. To assist the municipal action, the São Roque city council appointed the Institute for Technological Research of State of São Paulo (IPT) to perform the risk mapping and APPs (Permanent Preservation Areas) delimitation in twenty-two priority areas. The risk mapping was carried out according to the methodology developed by the Ministry of Cities and the IPT (2007). The APPs were delimited based on mathematical functions available in the geographic information system (GIS) and using criteria of the Federal Law 12,651/2012. High risk sectors (R3) for landslides were identified in five priority areas and a high risk sector (R3) for floods in one area. Different aspects of APPs were identified: APPs in consolidated urban area, where the alteration of the natural environment and its functions (established by legislation) are strong; and also APP with low density of land use (farms, recreational sites or ranches), especially in rural-urban transition areas. The treatment to be given in both cases (risk and APP) depends of a public and social character assessment, considering technical, economic and also the legal issues.

KEYWORDS: Risk áreas, area of permanent protection, city management, São Roque, urban land regularization.

CAPÍTULO XII

MAPEAMENTO DO RISCO GEOLÓGICO E HIDROLÓGICO DO MUNICÍPIO DE CASTELO - ES- BRASIL

**Leonardo Andrade de Souza
Marco Aurélio Costa Caiado
Gilvimar Vieira Perdigão
Sílvia C. Alves
Larissa Tostes Leite Belo
Raphael Henrique O. Pimenta**

MAPEAMENTO DO RISCO GEOLÓGICO E HIDROLÓGICO DO MUNICÍPIO DE CASTELO - ES- BRASIL

Leonardo Andrade de Souza

Zemlya Consultoria e Serviços
Belo Horizonte - MG

Marco Aurélio Costa Caiado

Instituto Federal do Espírito Santo – IFES
Vitória - ES

Gilvimar Vieira Perdigão

Zemlya Consultoria e Serviços
Belo Horizonte – MG

Silvia C. Alves

Zemlya Consultoria e Serviços
Belo Horizonte – MG

Larissa Tostes Leite Belo

Zemlya Consultoria e Serviços
Belo Horizonte - MG

Raphael Henrique O. Pimenta

Zemlya Consultoria e Serviços
Belo Horizonte - MG

RESUMO: O mapeamento do risco geológico e hidrológico de Castelo - ES é parte integrante do Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR) e do Planos Diretor de Águas Pluviais e Fluviais (PDAPF), ambos executados neste município e outros 16 municípios prioritários do Estado do Espírito Santo, tendo como objetivos principais a ampliação do conhecimento sobre os processos geodinâmicos ocorrentes, riscos e ações de gerenciamento efetivas para enfrentamento dos eventos adversos. Neste caso específico, dentre as temáticas tratadas neste mapeamento foram abordados neste trabalho os estudos relacionados ao mapeamento propriamente dito do risco geológico e hidrológico do município de Castelo, com os resultados das etapas de mapeamento do risco, embora também tenham sido realizadas propostas de intervenções estruturais e não estruturais para a eliminação e/ou redução das áreas de risco alto e muito alto identificadas na escala de detalhe. O município tem sua sede a 141.0 quilômetros da capital do estado, possui uma população de 34.747 habitantes e uma área de 664.226 km². O PMRR e o PDAPF são ferramentas importantes para orientar a implementação de uma política pública de gestão para a redução de riscos e desastres, seja no âmbito do município de Castelo – ES, seja nos âmbitos Estadual e Federal.

PALAVRAS-CHAVE: Redução de Risco, Política Pública, Castelo - ES.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Com o objetivo de atender às expectativas da sociedade capixaba para a formulação de estratégias, diretrizes e procedimentos que efetivamente consigam ampliar o conhecimento sobre os processos geodinâmicos, riscos e desastres, com proposição de ações estruturais e não estruturais para reduzir os riscos e minimizar os impactos relacionados aos desastres naturais, o Governo do Estado do Espírito Santo contratou a elaboração de estudos envolvendo Planos Municipais de Redução de Risco Geológico (PMRR), Planos Diretores de Águas Pluviais e Pluviais (PDAPF), Programas de Gestão de Risco e Projetos Executivos de Engenharia para os 17 municípios mais afetados nos últimos 20 anos pelas chuvas, segundo o registro de dados da Defesa Civil Estadual.

Este trabalho detalha, especificamente, as atividades desenvolvidas no município de Castelo - ES em relação ao mapeamento do risco geológico e hidrológico, sendo, portanto, mais uma ferramenta para orientar a implementação de uma política pública para a redução de riscos e desastres no Espírito Santo, como pautado pela Lei 12.608/2012 e pelo Programa Capixaba de Mudanças Climáticas, de forma a apontar os caminhos para o desenvolvimento de uma cultura de redução dos riscos no Estado e a construção de uma sociedade mais resiliente, em convivência mais harmoniosa com o ambiente.

2. LOCALIZAÇÃO

O município de Castelo possui uma população de 34.747 habitantes e uma área de 664.226 km². Sua sede está a 141.0 quilômetros da capital do estado. O município limita-se ao Norte com os municípios de Muniz Freire, Conceição do Castelo, Venda Nova do Imigrante e Domingos Martins, a leste com o município de Vargem Alta, a oeste com o município de Alegre e ao Sul com o município de Cachoeiro de Itapemirim, conforme ilustrado na Figura 13.

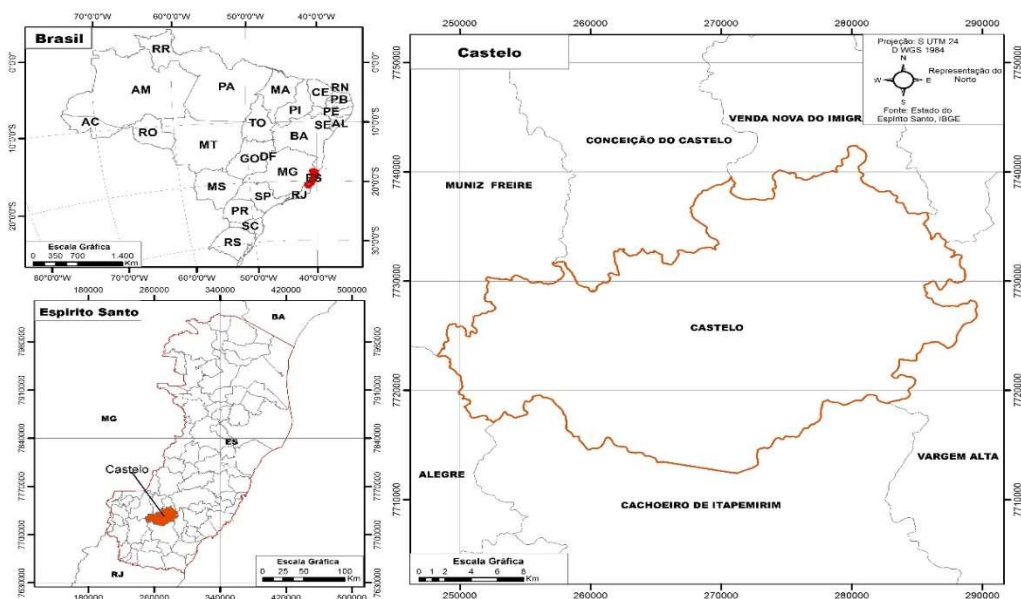


Figura 13 – Localização do município de Castelo no contexto do Espírito Santo.

3. ASPECTOS GERAIS DO MUNICÍPIO DE CASTELO

O Estado do Espírito Santo **situa-se** na Província Estrutural Mantiqueira, a sudeste do Cráton São Francisco (Almeida 1976, 1977). A província Mantiqueira representa um sistema orogênico Neoproterozóico com direção preferencial NE-SW. Em decorrência do fato de a partir da divisa do Rio de Janeiro com o Espírito Santo ocorrer uma mudança de direção de NE-SW para N-S, alguns autores têm incluído este trecho na faixa Araçuaí (Alkmim & Mashark, 1998), sendo esta uma das feições estruturais mais importantes da Faixa Ribeira. As seguintes unidades geológicas compõem o mapa geológico do município, conforme ilustrado na Figura 2:

- γ a 4lct: Granitóide tipo I, calcialcalino de alto K (Castelo).
- NP3a γ1lag: Granitóides foliados e ortognaisses tipo I, calcialcalino de alto e médio-K (Tonalito Alto Guandu).
- NP3 a γ 1llm: Granitóides foliados e ortognaisses tipo I, calcialcalino de alto e médio-K (Granodiorito Limoeiro).
- 2a y 5lsa: Granitóide tipo I, calcialcalino de alto K (Santa Angélica).
- NP3a γ 1lmf: Granitóides foliados e ortognaisses tipo I, calcialcalino de alto e médio-K (Granodiorito Muniz Freire).
- NP3a γ 2S ag: Granitóides foliados peraluminosos, tipo S (Angelim).
- NPps - paragnaisse, kinzigito, grauvaca, xisto, quartzito (q), rocha calcissilicática, metacalcário, mármore, anfíbolito. Localmente migmatizado. Fácies anfíbolito a granulito.

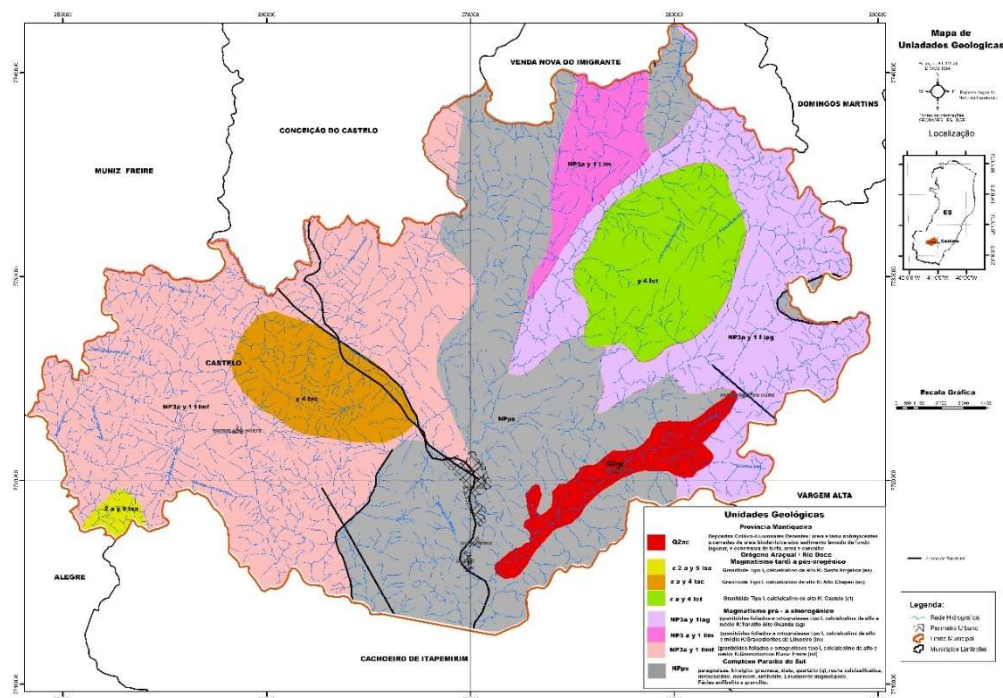


Figura 2 – Mapa geológico do município de Castelo.

Os procedimentos adotados para a identificação dos domínios geomorfológicos do território referente ao município de Castelo foram propostos neste trabalho considerando as classes de relevo a seguir (Tabela 1). Em seguida, é apresentado na Figura 3 o mapeamento geomorfológico do município de Alegre conforme metodologia proposta por Souza, 2015.

Tabela 8- Classes de Sistemas de Relevo usadas como referência.

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	AMPLITUDE (m)	DECLIVIDADE (%)
Suave a Plano	< 100 m	< 5%
Rampa	<100m	5 a 10%
Colina	<100m	10 a 20%
Morrote	<100m	> 20%
Morros com Vertentes Suaves	100 a 300 m	5 a 20%
Morro	100 a 300 m	> 20%
Suave a Plano de Alta Altitude	100 a 300 m	< 5%
Suave a Plano de Alta Altitude	>300m	<20%
Montanhoso	>300m	>20%

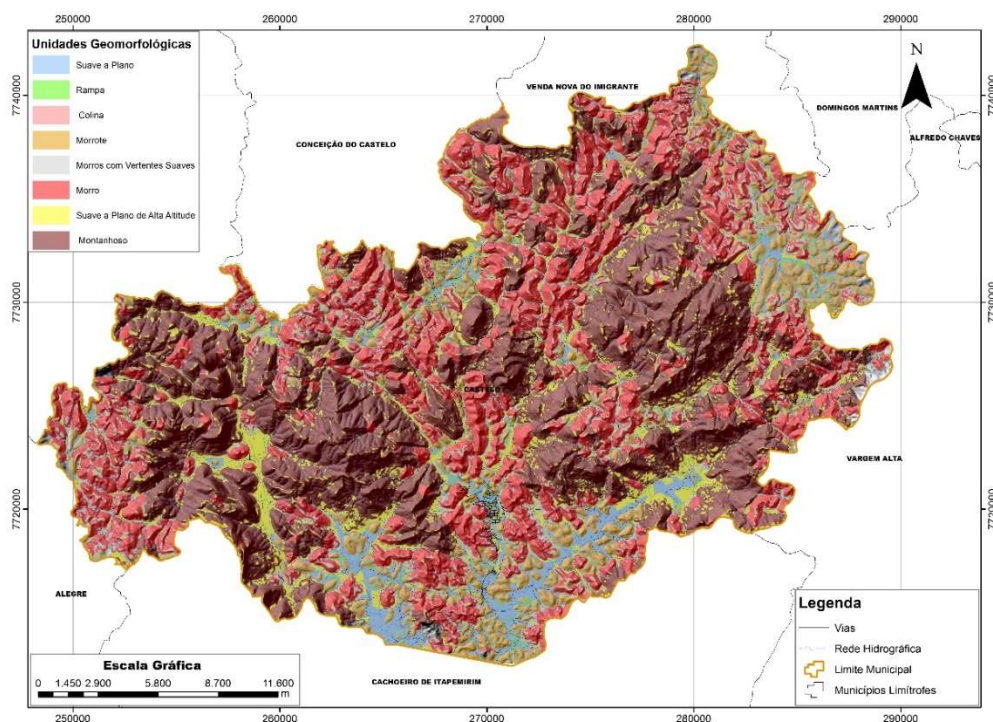


Figura 3 – Mapa geomorfológico do município de Castelo.

5. METODOLOGIA E ETAPAS DO MAPEAMENTO DE RISCO GEOLÓGICO E HIDROLÓGICO

Buscando o desenvolvimento de um trabalho onde é de suma importância que as informações sejam apropriadas pelos técnicos municipais e pela sociedade civil, identificou-se inicialmente a ausência de uma lei específica que instituísse a estrutura administrativa da Prefeitura Municipal. Entretanto, foi constatado que atualmente constituem a estrutura organizacional basicamente treze Secretarias, sendo que algumas delas foram incorporadas no desenvolvimento das atividades deste trabalho por atuarem mais diretamente na gestão da política urbana e habitacional, sendo elas: Secretaria Municipal de Obras, a Secretaria Municipal de Serviços Urbanos, a Secretaria Municipal de Assistência Social e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente.

Para a elaboração deste estudo foi adotada a seguinte metodologia de trabalho e as respectivas etapas foram desenvolvidas:

Etapa 1: Consolidação do Plano de Trabalho

1 - Definição e homogeneização das bases conceituais principais. Alguns aspectos conceituais foram abordados durante o desenvolvimento dos trabalhos e para torná-los de fácil compreensão e objetivando definir bases conceituais que subsidiassem a confecção do mapeamento do risco geológico nos municípios

elaborou-se uma relação de terminologias, e suas respectivas definições, acerca da temática risco natural, sintetizadas de diversos autores (Cerri & Amaral, 1998; Nogueira, 2002; FIDEM, 2003; Leite, 2005; UNISDR, 2009).

2 - Avaliação preliminar das informações, mapas, imagens de satélite, fotos do município, documentos gerados pela Defesa Civil Estadual e informações do mapeamento emergencial elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM.

3 - Realização de visita técnica ao município com o propósito de reconhecimento inicial do meio físico, processos geodinâmicos ocorrentes, histórico de eventos e impacto dos mesmos, bem como informações mínimas para a realização de estudos preliminares.

4 - Adaptação da metodologia do trabalho a partir da metodologia proposta pelo Ministério das Cidades e definição dos detalhes sobre a condução do mapeamento e acompanhamento do mesmo pelos técnicos municipais.

Etapa 2 - Preparação e Montagem das Bases Cartográficas

Durante a elaboração do Plano de Trabalho Consolidado foram iniciados os trabalhos referentes à preparação e montagem da base cartográfica. Os materiais cartográficos obtidos para o município de Castelo foi:

a. Levantamento Aerofotogramétrico, com ortomosaico na escala 1:15.000, disponível no formato raster extensão.ecw;

b. Elementos planialtimétricos do mapeamento sistemático do IBGE:

- Setores censitários 2010, disponibilizado em formato vetorial na extensão.shp, estrutura conforme padrão do IBGE;

- Mancha urbana, entre outros atributos, além de base de dados alfanumérica (geodatabase), abrangendo todos os municípios, disponível em formato vetorial na extensão.shp.

c. OTTOBACIAS, que são bacias hidrográficas de abrangência estadual, ottocodificadas até nível 7, georreferenciada com atributos, em geodatabase, disponível em formato vetorial na extensão shp;

d. Imagens de Satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*), ano 2009 e 2010, com resolução espacial de 10 m, e classificação de diversas categorias do uso e ocupação do solo, cobrindo todo o município;

e. Informações levantadas junto a Companhia Espírito Santense de Saneamento-CESAN;

f. Estudos topográficos com a geração de seções transversais ao longo dos canais, cadastro das redes pluviais, da macrodrenagem natural e construída;

g. Geração do mapa pedológico e uso do solo na escala de detalhe;

h. Plano Diretor Municipal.

Como o material fornecido foi desenvolvido em diversas escalas e sistemas de projeção, estes foram projetados para Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum (SIRGAS 2000, zona 24 S), de modo a equalizar o sistema de projeção a ser utilizado. Como se trata de material digital e georreferenciado, a

escala dos mapas se ajusta entre si no sistema de informação geográfica. Foram geradas pranchas no formato A3 articuladas para o recobrimento de todo o território municipal, sendo os setores de risco delimitados diretamente sobre estas durante as atividades de campo.

Etapa 3: Elaboração do Mapeamento do Risco Geológico e Hidrológico

A seguinte sequência de trabalho foi executada no desenvolvimento desta etapa:

1 - Definição dos critérios para elaboração do mapeamento de riscos de acordo com a publicação “mapeamento de riscos em encostas e margens de rios” (BRASIL, 2007).

2 - Identificação e análise do risco geológico dentro do município de Castelo. Os objetivos específicos desta atividade foram: (1) identificar evidências, (2) analisar os condicionantes geológico-geotécnicos e ocupacionais que as determinam e (3) avaliar a probabilidade de ocorrência de processos associados a deslizamentos de encostas e solapamentos de margens de córregos que poderiam afetar a segurança de moradias em assentamentos precários indicados pela Prefeitura do Município, (4) delimitar os setores da encosta que pudessem ser afetados por cada um dos processos destrutivos potenciais identificados na base cartográfica, (5) estimar o número de moradias de cada setor de risco. Nesta fase foram levantadas preliminarmente, as áreas com risco de inundação, quantificando as moradias expostas.

Os trabalhos de campo constituíram-se basicamente em investigações geológico-geotécnicas de superfície buscando identificar condicionantes dos processos de instabilização, existência de agentes potencializadores e evidências de instabilidade ou indícios do desenvolvimento de processos destrutivos.

3 – O mapeamento das áreas de inundação foi baseado nos seguintes princípios:

- Bacias hidrográficas como unidades de planejamento, o que permite que o excesso de escoamento superficial seja controlado na fonte, evitando a transferência para jusante do aumento do escoamento e da poluição urbana;

- Diagnóstico executado na escala de detalhe (1:5.000 ou maior) em compatibilidade com a definição efetiva da aptidão a urbanização através de uma abordagem interdisciplinar, bem como a futura solução dos problemas de inundação integradas à paisagem e aos mecanismos de conservação do meio ambiente;

- Identificar a distribuição da água pluvial no tempo e no espaço, englobando as áreas já ocupadas e com histórico de cheias, bem como as áreas definidas para a expansão urbana dos municípios, de forma a permitir análises correlacionando a tendência de ocupação urbana para um horizonte mínimo de planejamento de 20 anos, compatibilizando esse desenvolvimento e a infraestrutura para evitar prejuízos sociais, econômicos e ambientais; e

- Incorporação dos estudos na cultura da administração municipal, principalmente nos setores diretamente responsáveis pelo planejamento urbano e serviços de águas pluviais.

6. RESULTADOS DO MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO

O diagnóstico de risco geológico do município de Castelo foi realizado na sede e nos distritos, em áreas correspondentes a assentamentos precários, loteamentos e bairros regulares, onde julgou-se haver situações de risco geológico. Foram delimitados e caracterizados 12 setores de risco sendo os 12 setores classificados como de risco geológico alto, distribuídos ao longo das áreas mapeadas (Figura 4).

Foram identificados 140 domicílios em situações de risco geológico alto apontados no diagnóstico, o que corresponde às situações prioritárias para intervenção, conforme sintetizado na tabela 2.

Tabela 9- Síntese dos setores de risco identificados no PMRR.

Setor nº	Grau	Nº de moradias ameaçadas	Processo Geodinâmico
Setor 01	Alto (R3)	5	Deslizamento de Solo
Setor 02	Alto (R3)	23	Deslizamento de Solo, Rolamento de Bloco
Setor 03	Alto (R3)	16	Deslizamento de Solo, Rolamento de Bloco
Setor 04	Alto (R3)	24	Solapamento
Setor 05	Alto (R3)	3	Solapamento / Deslizamento de Solo
Setor 06	Alto (R3)	2	Solapamento
Setor 07	Alto (R3)	1	Solapamento
Setor 08	Alto (R3)	17	Solapamento
Setor 09	Alto (R3)	15	Solapamento
Setor 10	Alto (R3)	11	Solapamento
Setor 11	Alto (R3)	16	Solapamento
Setor 12	Alto (R3)	7	Solapamento
Setor 13	Alto (R3)	5	Deslizamento de Solo

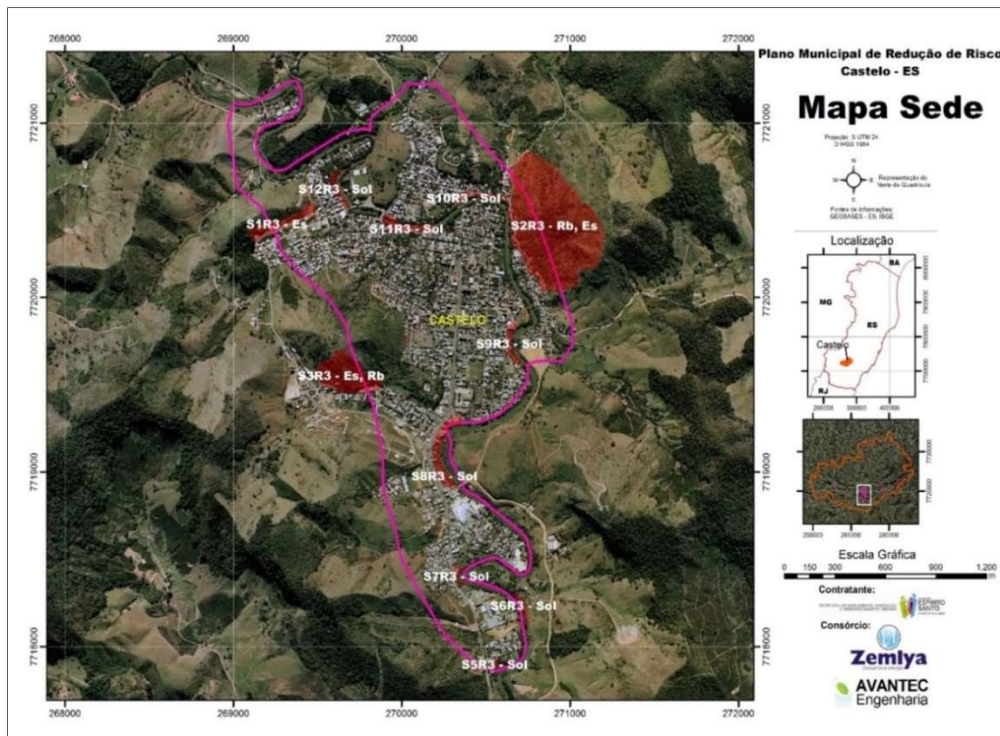


Figura 4 – Setores de risco identificados na sede do município de Castelo - ES.

Situações de risco alto ocorrem em todo o município, destacando-se os bairros Niterói, Santo Agostinho, Vila Barbosa, Volta Redonda e Nossa Senhora Aparecida, bem como aqueles que concentram maior número de moradias expostas.

A atividade de elaboração do plano de intervenções estruturais para redução de risco apresentou como produto, além das descrições das intervenções nas fichas de campo, a composição dos custos e a priorização das obras formatadas por setor, além da síntese dos resultados para o município. O custo total estimado tomando-se como base a planilha SINAPI/2014 foi da ordem de R\$ 6.963.065,09.

As ações não estruturais propostas buscaram a formulação de uma política municipal de gerenciamento de riscos e a identificação de fontes de recursos e programas para implementação do plano de risco geológico do município de Castelo-ES. Entre as diversas proposições ressalta-se a caracterização do contexto institucional Municipal relacionado à gestão do risco, a avaliação da estrutura institucional do município na área urbana e habitacional, a avaliação das ações governamentais do município na área urbana e habitacional, a avaliação das posturas legais mais impactantes e gargalos institucionais, a avaliação da legislação e programas nas esferas Municipal, Estadual e Federal, o levantamento de possíveis fontes de recursos nas esferas Municipal, Estadual e Federal e, principalmente, ações relacionadas à reestruturação e fortalecimento do sistema municipal de defesa civil.

7. ELABORAÇÃO DO MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE INUNDAÇÃO

O mapeamento das áreas de inundação do Município de Castelo incluiu inicialmente:

- Definição das áreas de intervenção e das causas das inundações que acontecem no município, abrangendo: áreas suscetíveis, contornos e cotas das linhas de inundação com recorrências calculadas entre 2 e 100 anos, trechos críticos, singularidades do sistema, eventos pluviométricos críticos e danos causados pelas inundações;

- Análise da legislação de uso e ocupação do solo em vigor, como também do sistema atual de gestão da drenagem, identificando as posturas legais mais impactantes e os “gargalos” institucionais; e

- O impacto da urbanização sobre o sistema de drenagem existente.

Num segundo momento, além dos cenários atuais de inundação foram traçados cenários futuros utilizando modelos de simulação como ferramentas para a previsão tomando-se como base a expansão urbana em curso, e considerando a não implantação das propostas indicadas no Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais elaborados.

A elaboração do Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais do município de Castelo teve como foco as bacias hidrográficas que abrigam o principal aglomerado populacional do município, o seu distrito Sede, e que, segundo a defesa civil municipal, tem apresentado problemas de inundação mais frequentes, sendo estas as bacias dos Rios Castelo e Caxixe. A Figura 5 retrata as bacias hidrográficas supracitadas e a relação destas com a área urbana do município.

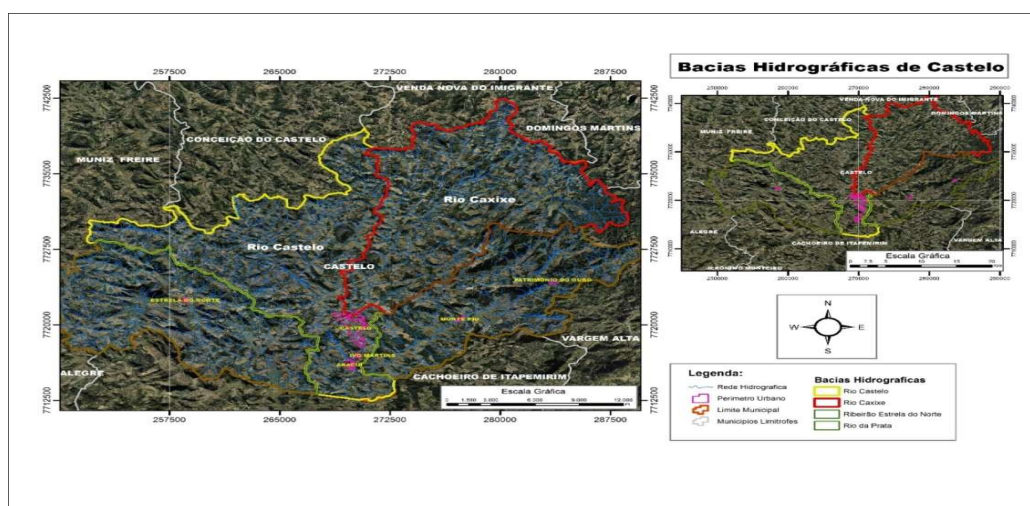


Figura 5 - Bacias hidrográficas do município de Castelo relacionadas ao estudo.

Nesta etapa do trabalho, voltado ao cenário de risco hidrológico, bem como à minimização das consequências dos desastres relacionados a este tipo de risco, foi destacado como objetivo geral fornecer subsídios técnicos e institucionais ao município de Castelo que permitissem reduzir os impactos das inundações na cidade e criar as condições para uma gestão sustentável da drenagem urbana.

Para tanto, foram necessárias as seguintes ações:

1 - Apresentar soluções para o controle dos principais problemas relacionados a cheias no município de Castelo, tendo como foco a bacia dos Rios Castelo e Caxixe;

2 - Mudar o modo com que os problemas relacionados a cheias são encarados no município, por meio da implementação de práticas estruturais e não estruturais que ajudarão a reduzir os prejuízos, diminuir os custos de controle e evitar o aumento dos problemas no futuro, podendo ser replicado em outros municípios do estado ou do país;

3 - Discutir as soluções com o poder público e com a comunidade; e

4 - Treinar agentes locais para o enfrentamento dos problemas inerentes à diminuição dos riscos de inundação nas áreas de intervenção.

O objetivo do mapeamento foi fornecer subsídios técnicos que possam contribuir efetivamente para uma expansão urbana adequada no território municipal, bem como a redução dos impactos das inundações na cidade criando as condições para uma gestão sustentável da drenagem urbana.

O resultado da cartografia da suscetibilidade a processos de inundação tomando-se como base modelagens e recorrências de 2 a 100 anos pode ser visualizada a seguir, nas Figura 6 e 7.

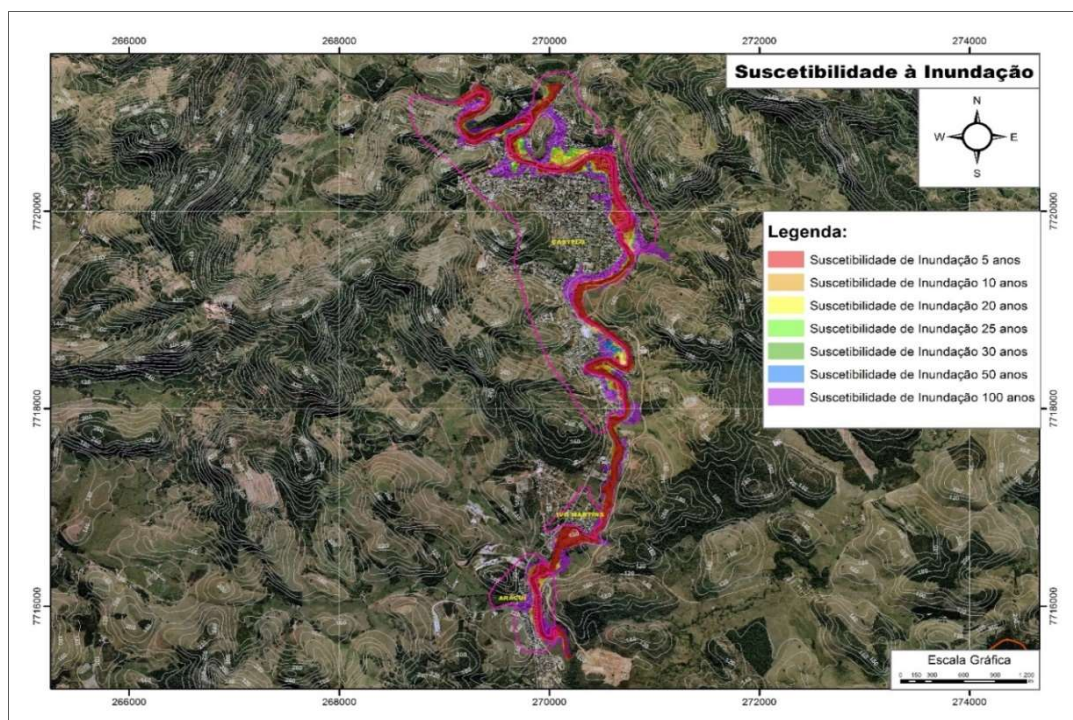


Figura 6 – Carta de suscetibilidade à inundação do Município de Castelo – ES.

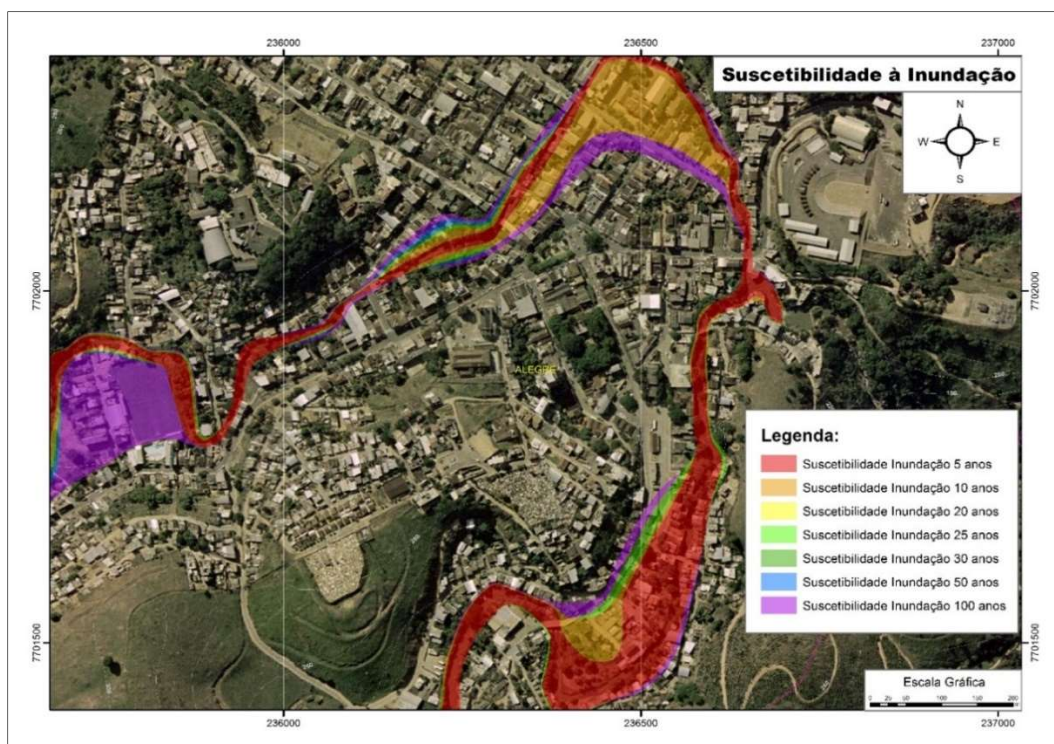


Figura 7 – Ampliação de parte da Carta de suscetibilidade à inundação do Município de Castelo – ES, para melhor visualização das classes.

Entre as principais causas dos problemas relacionados à drenagem urbana no município, tem-se o subdimensionamento das estruturas de drenagem como pontes e galerias, a falta de manutenção das mesmas, que resulta na redução de suas capacidades de transporte, além da não exigência de estudo dos impactos dos novos empreendimentos na drenagem urbana.

Dentre as inundações, destacam-se as ocorridas em janeiro de 2009 quando enxurradas atingiram o município, causando estragos nos bairros ao longo do rio Castelo e Caxixe, em trecho urbano. De acordo com os dados da Defesa Civil do município e verificados junto aos da Agência Nacional de Águas (ANA), no dia 23/01/2009, a vazão do rio Castelo foi de 298,14 m³/s. Essa vazão tem um tempo de recorrência de 62 anos no regime hidrológico do rio Castelo.

8. CONCLUSÕES

A realização das atividades de identificação e mapeamento dos setores de risco resultou nos seguintes produtos:

- Atualização e qualificação do conhecimento já disponível sobre os riscos associados a deslizamentos e inundações não só para as áreas de assentamento precário do município, mas também para a cidade formal, por meio de setorização, estimativa de moradias afetadas e estabelecimento de graus e tipologias de suscetibilidade e risco;
- Mapa dos setores de risco geológico muito alto, alto e médio do território

municipal relacionados aos processos de deslizamento e solapamento, principalmente, e secundariamente, erosão;

- Mapa das áreas de suscetibilidade a processos de inundação do município de Castelo baseado em modelagens hidrológicas com resultados apontando períodos de recorrências de 2 a 100 anos;

- Ficha de campo para cada setor de risco identificado, contendo não só as características da área, mas também as proposições de intervenção estruturais e não estruturais para a eliminação/redução do risco e/ou convivência segura com o quadro diagnosticado seja em relação aos riscos geológicos, seja em relação aos riscos hidrológicos.

Apesar da relação direta entre condicionantes físicos (relevo e geologia), a deflagração de processos geodinâmicos de movimentos de massa se dá no município principalmente pela forma de ocupação. Já os problemas relacionados às áreas de inundação, como na maioria dos municípios brasileiros, a ocupação da planície aluvionar e o adensamento e verticalização sobre a mesma só tem aumentado o número de vítimas associadas a ocorrência de inundações e enxurradas no município. Entretanto, o Plano de Intervenções Estruturais para o Município de Castelo, que corresponde a uma das etapas do Plano Municipal de Redução de Risco - PMRR, e do Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais, dos quais estes mapeamentos fazem parte, demonstraram a viabilidade de melhoria das condições de convivência com o risco na cidade a curto e médio prazo e apontou as necessidades de intervenções imediatas para eliminação das situações classificadas como de risco alto e muito alto para os movimentos de massa, e suscetibilidade/perigo alta em relação as áreas de inundação com recorrência entre 2 a 10 anos.

REFERÊNCIAS

ALKMIN, F.F & MARSCHAK, S. 1998. Transamazonian orogeny in the Southern São Francisco Craton region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. **Prec. Res.**, 90: 29-58.

ALMEIDA, F.F.M. Estruturas do Pré-Cambriano inferior brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, 1976, Ouro Preto. **Resumos dos trabalhos...**Belo Horizonte: SBG-Núcleo Minas Gerais, 1976. P. 201-202.

ALMEIDA, F.F.M. O Cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo: SBG, v. 7, n. 4, p. 349-364, 1977.

BRASIL, Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. 2007. **Mapeamento de Risco em Encostas e Margens de Rios** / Celso Santos Carvalho. Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, Organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. 176 P..

BRASIL. **Lei nº 12.608**, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nos 12.340, de 1o de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm . Acesso em: 24.junho.2017.

CAMPOS NETO M.C. & FIGUEIREDO M.C.H. 1990. Evolução geológica dos terrenos Costeiro, Paraíba do Sul e Juiz de Fora (RJ-MG-ES). In: SBG, Congr. Bras. Geol., 36, **Anais**, 6:2631-2648.

CERRI, L. E. S. & AMARAL, C. P. Riscos Geológicos. In: ABGE. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Oficina de Textos, 1998. p 301-310.

FIDEM - FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO MUNICIPAL DE PERNANBUCO. **Manual de Ocupação dos Morros da Região Metropolitana de Recife**. Recife. 2003. 384p.

LEITE, C. V. P.; BATISTA, P. C.; VIANA, C. S. A gestão do risco geológico em Belo Horizonte. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 11, 2005, Florianópolis: ABGE, 2.005. (**Anais eletrônico - CD-ROOM**).

NOGUEIRA, F. R. **Gerenciamento de riscos ambientais associados a deslizamentos: contribuição às políticas públicas municipais para áreas de ocupação subnormal**. 2002. 266 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

SOUZA, L. A. 2015. **Cartografia Geoambiental e Cartografia Geotécnica Progressiva em Diferentes Escalas: Aplicação na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Carmo, Municípios de Ouro Preto e Mariana, Minas Gerais**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, Escola de Minas, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia. 461 p.

TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M.; DUARTE, B. P.; NOGUEIRA, J. R.; VALLADARES, C.; ALMEIDA, J.; SILVA, L. G.; DE MEDEIROS, S. R.; DE ALMEIDA, C. G.; MIRANDA, A.; RAGATKY, C. D.; MENDES, J.; LUDKA, I.). **Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: Estado da Arte e Conexões Com a Faixa Araçuaí**. Rio de Janeiro. **GEONOMOS** 15(1): 67 - 79, 2007.

UNISDR. **Global assessment report on disaster risk reduction**. ISBN/ISSN: 9789211320282, 207p. 2009.

WIEDEMANN, C.M; BAYER, P.; HORN, H.; LAMMERER B.; LUDKA, IP.; SCHMIDT-THOMÉ, R. & WEBER-DEFENBACH, K. 1986. Maciços Intrusivos do Espírito Santo e seu contexto regional. **Rev. Bras. Geo.**, 16 (1): 24-37.

CAPÍTULO XIII

MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DE ÁREAS DENSAMENTE URBANIZADAS

Alberto Franco Lacerda

MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DE ÁREAS DENSAMENTE URBANIZADAS

Alberto Franco Lacerda

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

Salvador – Bahia

RESUMO: Este artigo apresenta o homem como um agente modificador do espaço nos diversos trabalhos realizados na área da geomorfologia urbana. Considera a geomorfologia urbana uma subdivisão da geomorfologia, e destaca a ação dos processos sobre um ambiente artificial. Salaria que o mapeamento geomorfológico de uma metrópole não retratará a morfologia original, anterior à ocupação antrópica, mas apenas parte dela; e que o espaço urbano em si mesmo possui uma dinâmica própria, pois a cidade como um organismo independente e singular, se recria com o passar do tempo. O homem tem a capacidade de modificar o espaço em uma escala temporal muito pequena, e o mapeamento de tais alterações deve ocorrer em uma escala espacial própria. Um mapeamento generalizado, ao se utilizar os primeiros táxons geomorfológicos, não permite uma descrição coerente com uma área densamente urbanizada, mas sim mapeamentos do 6º táxon, ou em escala maiores do que 1:25.000, tendo como justificativa a escala e intensidade tanto das intervenções antrópicas quanto dos fenômenos próprios das cidades.

PALAVRAS-CHAVE: Geomorfologia urbana, Urbanização, Tecnógeno.

1. INTRODUÇÃO

Os diversos trabalhos realizados na área da geomorfologia urbana mostram o homem como um agente modificador do espaço e, por meio deste, há o estabelecimento de uma nova dinâmica dos processos que é estabelecida durante e pós-urbanização.

Milton Santos inicia o seu livro *A Natureza do Espaço* (2006) dizendo que “*é por demais sabido que a principal forma de relação entre o homem e a natureza, ou melhor, entre o homem e o meio, é dada pela técnica*”. Essa técnica empregada na modificação do espaço natural em áreas urbanizadas vai garantir que esse novo espaço atenda as distintas necessidades que uma cidade ou metrópole lhe impõe.

Essas necessidades podem ser apresentadas de diversas formas como ruas e avenidas mais largas, capazes de comportar um maior número de veículos; aterros para expansão de vias e serviços como aeroportos e estações de trens; obras de terraplanagem para construção de loteamentos; canalizações de drenagens para regularização de pavimentos; abertura de túneis; aterros sanitários; e demais obras de geotecnia que objetivam garantir um bom fluxo do funcionamento urbano.

Uma vez que o espaço está modificado, este ganha uma dinâmica própria e

velocidades de processos próprios. As diversas obras de engenharia e todos os procedimentos geotécnicos necessários à nova conformação da paisagem alteram significativamente o espaço natural conforme visto na figura 01.

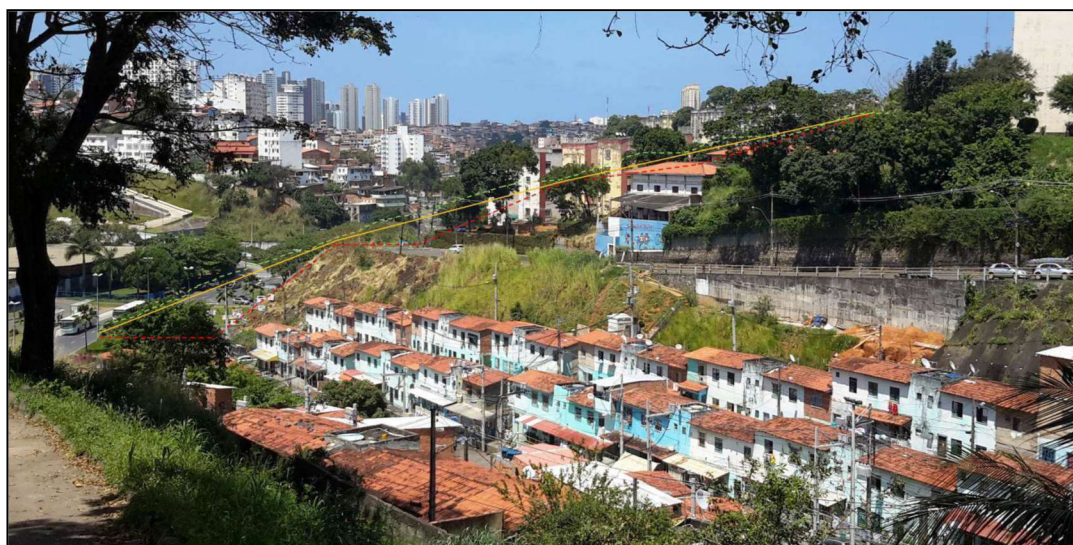


Figura 01 - Exemplo de modificação do espaço. Salvador - Bahia

Assim, da mesma maneira que o relevo natural possui a sua ciência de estudo, que é a geomorfologia, o ambiente urbanizado é estudado de forma apropriada por uma subdivisão da primeira, a geomorfologia urbana, ou antropogeomorfologia, como proposta por NIR (1983) uma vez que o homem torna-se, em uma grande escala, o mais intenso agente geomorfológico.

Jorge (2011) considera a geomorfologia urbana uma subdivisão da geomorfologia, e destaca a ação dos processos sobre um ambiente artificial. As diversas obras de engenharia e todos os procedimentos geotécnicos necessários à nova conformação da paisagem alteram significativamente o espaço natural.

A cidade, dinâmica e independente, é um espaço produzido, e, portanto, totalmente distinto do espaço original, com uma evolução própria e singular.

Lacerda (2005) afirma que os assoreamentos, os cortes de taludes, os aterros e movimentos de massa induzidos, a mineração em áreas urbanas e periurbanas, as inundações e alagamentos fazem parte dos problemas urbanos e, economicamente, do objeto de estudo da geomorfologia urbana.

Essas modificações, as quais surgem com aparecimento e o crescimento das cidades, modifica a dinâmica dos processos de construção do relevo a de seu modelado. Os processos de agradação e denudação, responsáveis pela construção da paisagem, por vezes, são intensificados, modificados e/ou extintos pela alteração da superfície. Rodrigues (2005) menciona o desenvolvimento de diversos estudos voltados ao reconhecimento de mudanças de taxas de processos em ambientes urbanizados.

As mudanças que vêm ocorrendo de forma acelerada nesse meio construído pelo homem têm relação com o crescimento humano e desordenado, muito comum nas grandes e médias cidades, pois seu desenvolvimento, muitas vezes, não

obedece aos condicionamentos biofísicos do lugar original de implantação. (Jorge, 2011)

Como ressaltado por Filho (2011), o processo de ocupação antrópica altera a configuração geomorfológica – com a inserção de novos volumes (casas e caminhos); também altera a drenagem e redesenha as bacias hidrográficas além de outras modificações paisagísticas notáveis como ilustrado na figura 02.



Figura 02 - Exemplo de modificação do espaço. Salvador - Bahia

Desta maneira, devido a esses novos volumes, pode-se determinar que o mapeamento geomorfológico de uma metrópole não retratará a morfologia original, anterior à ocupação antrópica, mas apenas parte dela. Pois, uma vez que o terreno já não é o mesmo, os processos intempéricos que antes modelavam o ambiente natural, já não o fazem da mesma maneira no ambiente urbanizado.

Processos como escoamento superficial, infiltração, absorção e troca de energia são distintos no ambiente urbano quando comparados ao espaço natural. A pavimentação de ruas e a construção de redes de drenagem pluvial fazem com que a infiltração seja menor do que em um ambiente natural, além do escoamento superficial ser também alterado obtendo vazões mais rápidas.

O espaço urbano em si mesmo possui uma dinâmica própria, pois a cidade como um organismo independente e singular, se recria com o passar do tempo; crescendo e se desenvolvendo, algumas vezes horizontalmente, outras, verticalmente.

2. AS MODIFICAÇÕES DIRETAS E INDIRETAS

Utilizando parâmetros geomorfológicos para um melhor entendimento do comportamento do espaço em que estamos, percebe-se que em áreas naturais há a ocorrência de movimentos de massa, dos mais diversos tipos como deslizamentos rasos, rotacionais, inundações e queda de blocos, pois, no processo de formação do relevo, certas áreas se encontram naturalmente instáveis e passíveis de transformação num curto intervalo de tempo.

A ocupação antrópica, sem um mapeamento geomorfológico devido, ou não respeitando os condicionamentos biofísicos do lugar original (Jorge, 2011), se estabelece, em muitas das vezes, nessas áreas modificadas pela própria dinâmica natural.

A partir da ocupação humana, na maioria das vezes de forma desordenada, nessas áreas naturalmente instáveis, surgem os problemas de risco. O lançamento de águas servidas, aterros, abertura de talude e retirada de material sem um estudo geotécnico devido catalisam processos de instabilidade, pondo em risco a vida de diversas famílias.

A canalização de um rio, ou córrego, para a construção de avenidas, como é o caso da Avenida dos Andradas, Rua São Paulo e Rua Piauí, transversal a Avenida Carandaí, na cidade de Belo Horizonte, modifica tão drasticamente a paisagem natural que não se pode dizer que a planície de inundação, outrora presente, ainda permaneça no local conforme apresentado nas figuras 03, 04 e 05.



Figura 03 - Exemplo de modificação em Belo Horizonte - MG

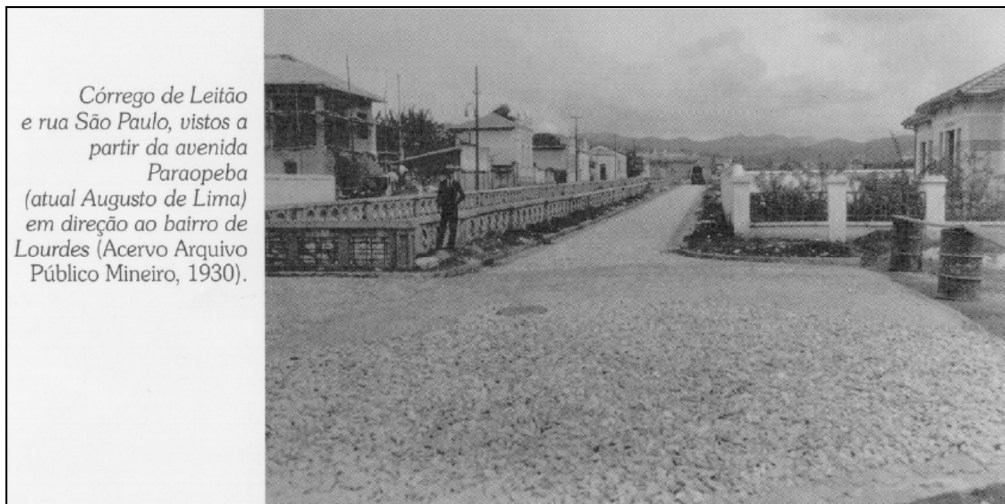


Figura 04 - Exemplo de modificação em Belo Horizonte - MG

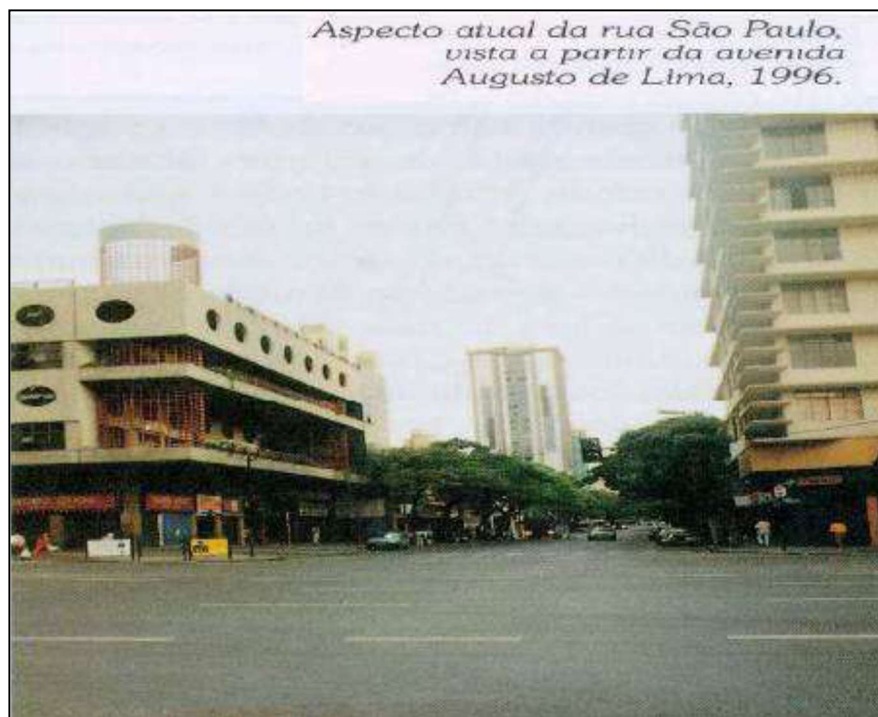


Figura 05 - Exemplo de modificação em Belo Horizonte - MG

Um mapeamento em retro análise só é possível caso haja documentação como ortofotos ou imagens orbitais apropriadas de séries históricas. Os produtos de uma retro análise são de grande valia para estudos de fenômenos temporais e cíclicos. Contudo, estes não podem ser tomados de maneira isolada, uma vez que não retratam a configuração atual do espaço.

Um exemplo são os depósitos e aterros tecnogênicos que possuem a característica de não sofrerem inundações. Contudo, podem vir a apresentar problemas de alagamento devido a ineficiência dos sistemas de drenagem pluvial.

O desmonte do morro do Castelo para dar origem ao aterro do Aeroporto Santos Dumont e o bairro da Urca, na cidade do Rio de Janeiro (Abreu, 1987) como

ilustrado nas figuras 06 e 07; ou a região portuária de Salvador são exemplos de como o homem, como agente geomorfológico, é capaz de modificar o espaço em uma escala temporal muito pequena.

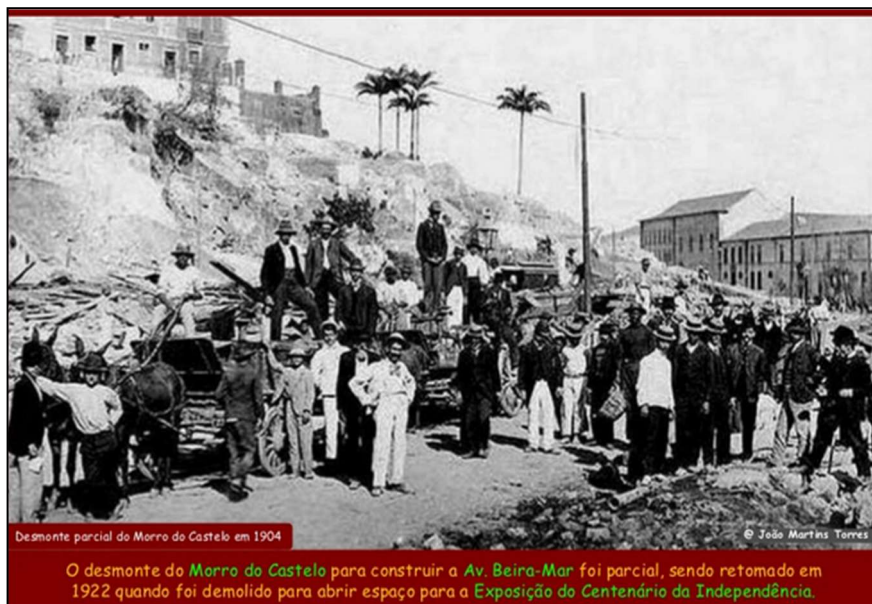


Figura 06 – Evolução da mancha urbana do Rio de Janeiro (Fonte: [http://pt.slideshare.net/ Luiz Carlos Dias](http://pt.slideshare.net/LuizCarlosDias))

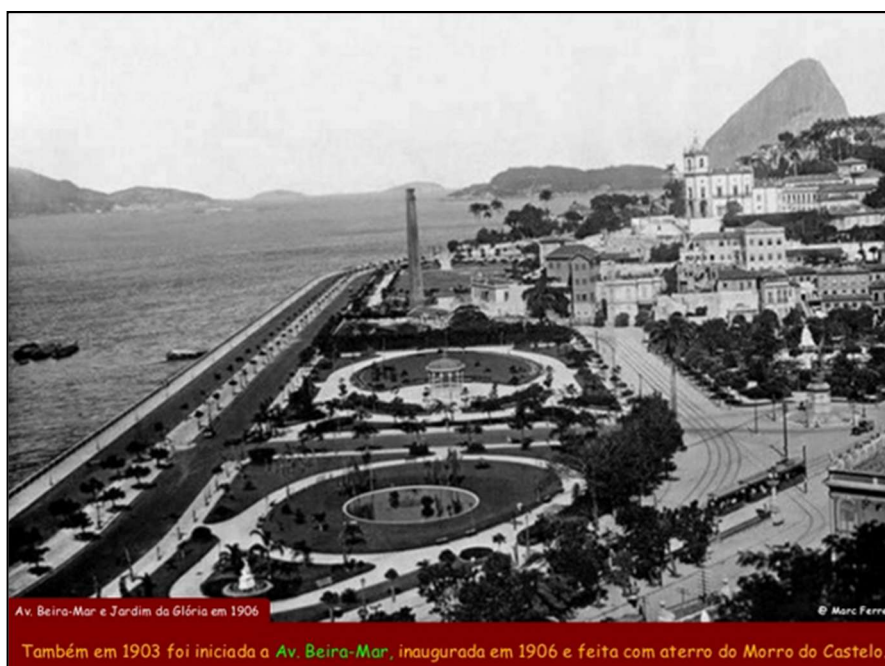


Figura 07 – Evolução da mancha urbana do Rio de Janeiro (Fonte: [http://pt.slideshare.net/ Luiz Carlos Dias](http://pt.slideshare.net/LuizCarlosDias))

A figura 08 ilustra a evolução da mancha urbana na cidade do Rio de Janeiro desde o ano de 1565 até os anos 2000.

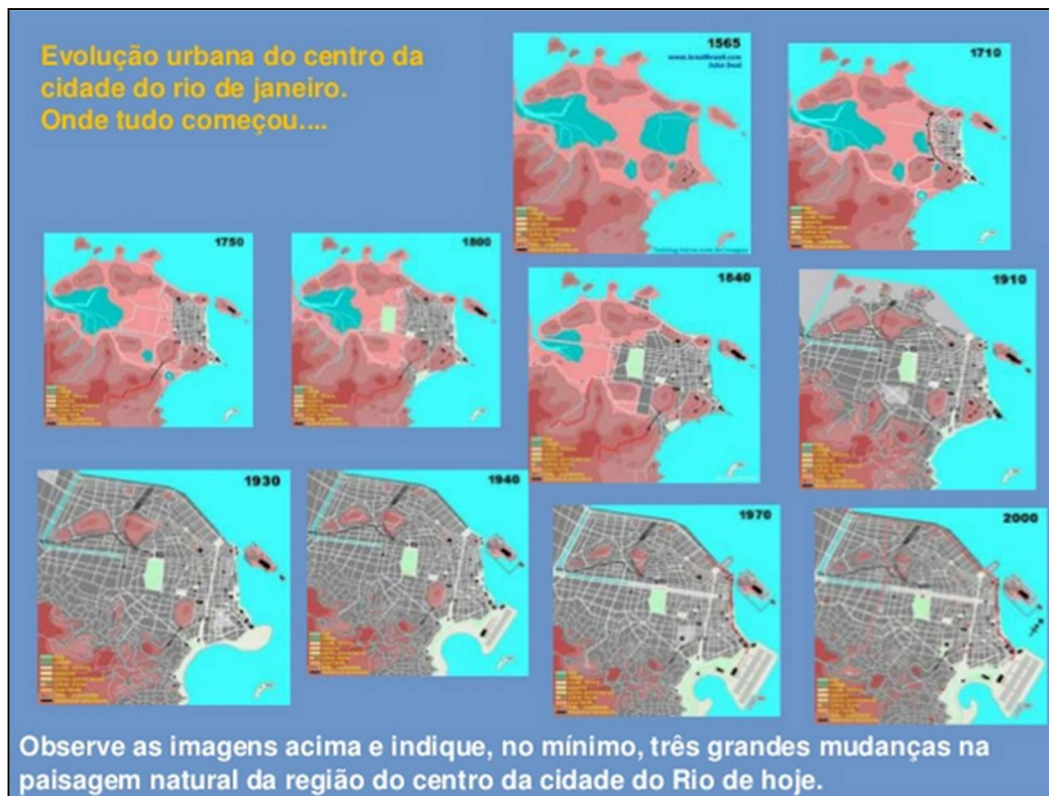


Figura 08 – Evolução da mancha urbana do Rio de Janeiro (Fonte: [http://pt.slideshare.net/Cristina Ramos](http://pt.slideshare.net/CristinaRamos))

Os estudos de impactos da atividade humana sobre a superfície da Terra, sobre as formas de relevo e sobre a intervenção humana nas mesmas (Filho, 2011) devem ser realizados em uma escala que seja possível mapear tais intervenções.

3. A ESCALA DE TRABALHO

O mapeamento geomorfológico das áreas urbanas deve cobrir, por completo, o seu objeto de estudo. Isso significa afirmar que este deve apresentar uma escala própria de trabalho para que os fenômenos presentes nesse ambiente possam ser analisados, mensurados, monitorados e cartografados adequadamente.

Os rios canalizados de metrópoles como Belo Horizonte, São Paulo, Rio de Janeiro e Salvador não mais indicam a localização e extensão de suas respectivas planícies de inundação, uma vez que estas já foram aterradas, no momento da canalização do rio, pelo processo das obras de geotecnia.

Muitos dos rios, e conseqüentemente, suas planícies de inundação, estão hoje debaixo de ruas e avenidas, como é o caso dos rios e córregos de Belo Horizonte conforme figura 09. A dinâmica geomorfológica de inundação de planícies, em muitos dos casos, deixam de existir, não havendo mais o extravasamento natural do rio.



Figura 09 – Croqui da parte central de Belo Horizonte – Fonte Dep. de Engenharia Hidráulica – UFMG

Muitas das colinas são rebaixadas devido ao processo de terraplenagem para a inserção de prédios em locais cada vez mais distantes dos centros. A expansão horizontal da cidade e a mineração periurbana fazem com que as unidades de relevo sejam alteradas de forma bastante significativa.

Para as metrópoles que possuem uma taxa de ocupação territorial quase equivalente ao seu limite municipal, como por exemplo, Salvador; recomenda-se o mapeamento em grande escala, maiores do que 1:25.000. Uma vez que o relevo está modificado, não apresentando mais as formas originais e com o desenvolvimento dos processos característicos dessa nova condição, a melhor forma de mapear seria em escala de detalhe.

A generalização, própria dos primeiros táxons geomorfológicos, não permite uma descrição coerente com uma área densamente urbanizada, sendo necessária uma compartimentação, ou setorização, no processo de elaboração de mapas e cartas; para que possa ser analisado como se realizam os processos morfológicos e como estes foram modificados pela ocupação.

No caso de áreas densamente povoadas o mapeamento mais adequado para as áreas densamente urbanizadas seria do 6º táxon e, possivelmente, até do 5º táxon. Uma vez que estes vão apresentar as resultantes da intervenção antrópica no ambiente, como: (CASSETI, 2005) cortes de taludes, escavações, terraplanagem, depósitos tecnogênicos como aterros, assoreamentos, “bota-foras” e etc.

A figura 10 ilustra a evolução da mancha urbana em parte da cidade de Belo Horizonte ao comparar imagens de 1951 com imagens de 2010.

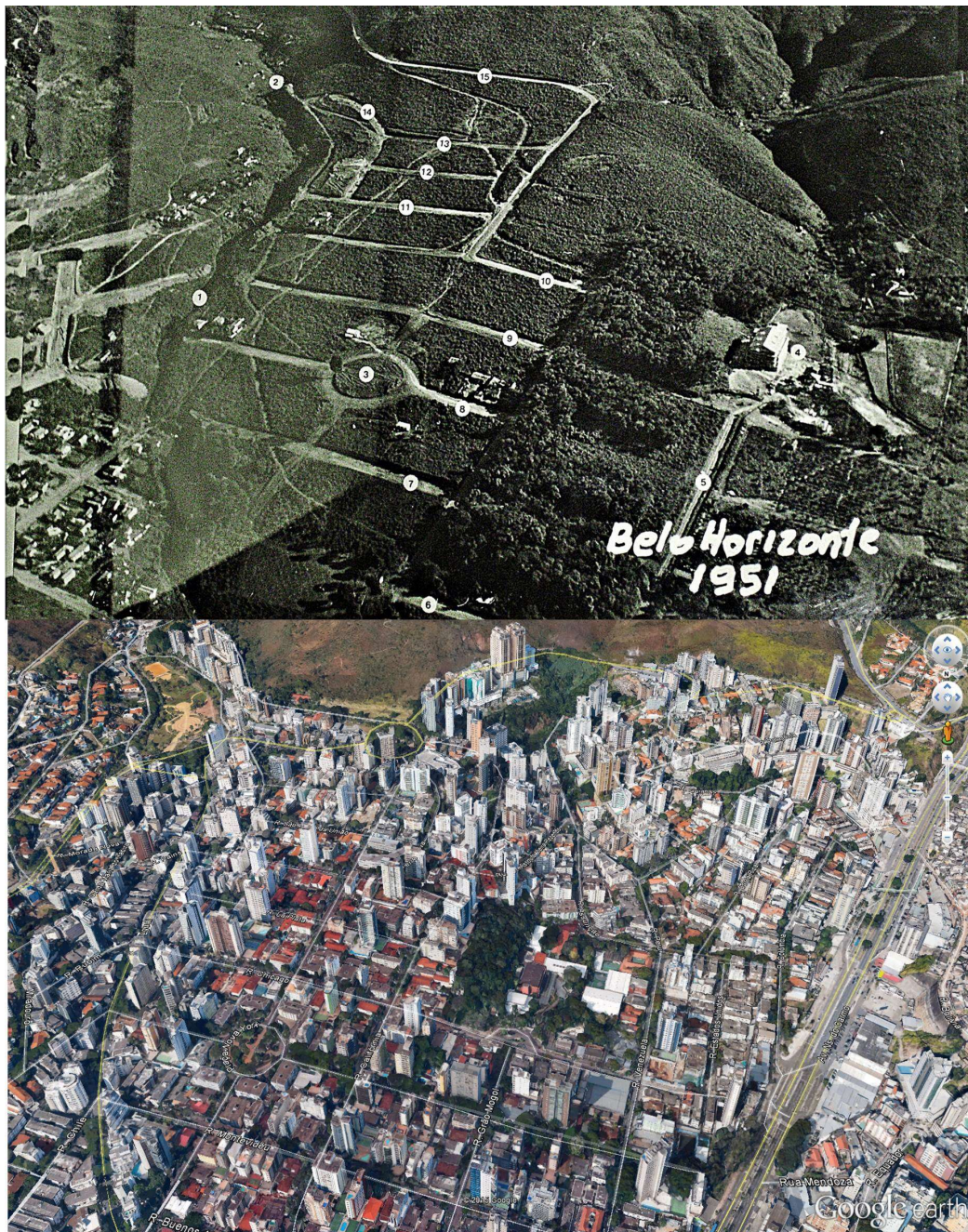


Figura 10 – Evolução da mancha urbana de Belo Horizonte – bairro Sion

Ross (1992), observa que as representações do 5º táxon, como formas de vertentes, são possíveis em escalas maiores, como 1:25.000. Contudo, muitas formas de vertentes são modificadas devido a material inconsolidado lançado pelos moradores de baixa renda. Isso requer um mapeamento em escalas maiores para que possam ser efetuadas intervenções em caso de risco.

O mapeamento de detalhe da geomorfologia aplicada deve ser direcionado para as diversas cartas geotécnicas, suas escalas e aplicações a exemplo das cartas de suscetibilidade, vulnerabilidade, aptidão à urbanização, zoneamento urbano e risco.

4. CONCLUSÃO

Este artigo veio apresentar algumas considerações importantes do estudo geomorfológico próprio para áreas densamente urbanizadas, assim como a forma de seu mapeamento. Argumentou-se que as formas de intervenção do homem no espaço natural são significativas a ponto de proporcionar a esta nova área uma singularidade em sua característica e dinamismo.

As retro-análises devem ser executadas quando o estudo permitir uma comparação/avaliação temporal, e não de forma pontual, pois a modificação que é própria de áreas urbanas não trás, em si, correspondência com o relevo original pretérito. Isso pode levar a tomadas de decisões errôneas, uma vez que a identificação de unidades de relevo em áreas densamente antropizadas pode ser, em muito, equivocada para uma determinada escala de mapeamento, uma vez que a morfologia está completamente alterada.

Salientou-se a importância de mapeamentos em grandes escalas, maiores do que 1:25.000, tendo como justificativa a escala e intensidade tanto das intervenções antrópicas quanto dos fenômenos próprios das cidades. O mapeamento de áreas de risco, por serem naturalmente um mapeamento de detalhe, mostra-se mais apropriado para o estudo das cidades, pois consegue representar melhor as consequências das intervenções humanas como cortes de talude e aterros.

Por fim, pode-se concluir que o mais aplicado às áreas densamente urbanizadas seja o mapeamento das áreas de risco para grandes metrópoles. Para as áreas periurbanas, com ocupação rarefeita, ou de futura expansão da metrópole, recomenda-se as cartas geotécnicas de aptidão urbana. Por fim, a classificação das áreas densamente antropizadas devem ser avaliadas como novas unidades de relevo de origem antropogênica.

A definição, identificação e mapeamento das diversas antropofomas de relevo urbanas revestem-se de grande relevância frente ao planejamento urbano e avaliação de áreas de risco nas grandes metrópoles brasileiras.

AGRADECIMENTOS

O autor agrade aos colegas de trabalho Maria Angélica Barreto Ramos e Marcelo Eduardo Dantas pela disponibilidade, atenção, pelos conselhos, materiais de apoio, orientações e indicação da direção correta.

REFERÊNCIAS

ABREU, M. A. **A evolução urbana do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: IPLANRIO, Jorge Zahar Editor, 1987. 147 p.

CASSETI, V **Geomorfologia**. [S.l.]: 2005. Disponível em:
<http://www.funape.org.br/geomorfologia/> - Acesso em 20/03/2015

FILHO, R. D. dos S.; **Antropogeomorfologia Urbana**. In: Guerra, A. J. T. Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2011.

JORGE, M. do C. O.; **Geomorfologia Urbana: Conceitos, metodologias e Teorias**. In: Guerra, A. J. T. Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2011.

LACERDA, H. **Notas de geomorfologia**. In: Encontro Nacional de Geografia - EREGEO, 9, Porto Nacional (TO). Anais...Porto Nacional, EREGEO,2005.

NIR, D. Man, **A Geomorphological Agent: an introduction to anthropic geomorphology**. Jerusalém, Ketem Pub. House, 1983.

RODRIGUES, C. **Revista do Departamento de Geografia - Morfologia Original e Morfologia Antropogênica na Definição de Unidades espaciais de Planejamento Urbano: Exemplo na Metrópole Paulista** 17. 2005 p.101 - 111

ROSS, J.L.S. **O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo**. Revista do Departamento de Geografia, FFLCH-USP, n. 6. São Paulo, 1992.

SANTOS, M; **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção** - 4. ed. 2. reimpr. - São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

ABSTRACT: This paper presents the man as a modifier of space in several works in the area of urban geomorphology. This study, like many authors, considers the urban geomorphology a subdivision of geomorphology, and highlights the action of processes on an artificial environment. This paper points out that the geomorphological mapping of a metropolis not portray the original morphology, prior to human occupation, but only part of it; and that the urban space itself has its own dynamic, because the city as an independent and singular body is recreated over time. Man has the ability to modify the space in a very short time scale, and the mapping of such changes should occur in its own scale. A generalized mapping, using the first taxa geomorphological, does not allow a coherent description of a densely urbanized area, but mappings of the 6° taxon, or in larger scale than 1: 25,000, having to justify the scale and intensity of both human interventions as the very phenomena of cities.

KEYWORDS: Urban geomorphology, Urbanization, Tecnogen

CAPÍTULO XIV

MONITORAMENTO GEORREFERENCIADO DE DESLOCAMENTOS HORIZONTAIS E VERTICAIS DE MUROS DE CONTENÇÃO EM GABIÃO

**Nilton de Souza Campelo
Mário Jorge Gonçalves Santoro Filho
Otávio César de Paiva Valadares
Michael Douglas da Costa Paes
Aroldo Figueiredo Aragão**

MONITORAMENTO GEORREFERENCIADO DE DESLOCAMENTOS HORIZONTAIS E VERTICAIS DE MUROS DE CONTENÇÃO EM GABIÃO

Nilton de Souza Campelo

Universidade Federal do Amazonas, Departamento de Engenharia Civil
Manaus – AM

Mário Jorge Gonçalves Santoro Filho

A.M. Soluções Empresariais
Manaus – AM

Otávio César de Paiva Valadares

Superintendência da Zona Franca de Manaus, Departamento de Engenharia
Manaus – AM

Michael Douglas da Costa Paes

Missão Evangélica CAIUA
Lábrea – AM

Aroldo Figueiredo Aragão

Ecology Suporte Ambiental e Engenharia
Manaus – AM

RESUMO: Muros de contenção (números 1 a 5) de maciço de solo, em gabião, foram construídos na área externa de um centro de compras, na cidade de Manaus, AM. Quando alcançaram uma certa altura, começaram a apresentar deformações horizontais (“embarrigamentos”) excessivas, causando a paralisação da construção. Estudos posteriores revelaram que as seções geométricas originais não atendiam às exigências de estabilidade geotécnica interna, externa e global. Assim, procedeu-se ao estudo de algumas alternativas, para se contornar o problema. A alternativa mais rápida e econômica demonstrou ser a escavação do aterro compactado, por trás dos muros, nas áreas de deformação excessiva do muro, ampliação da seção transversal do referido muro e posterior reaterro e compactação do solo de jazida. As novas seções transversais dos muros impuseram estabilidade teórica e construtiva aos mesmos, sendo comprovado pelo monitoramento posterior dos deslocamentos horizontais e verticais, pelo período de sete meses. Verificou-se que os maiores deslocamentos horizontais da face externa do paramento foram de 40 mm, no muro 4, e de 20,5 mm e 19,7 mm, no muro 2, todavia, os deslocamentos ocorridos nos muros eram aceitáveis, até a data final de monitoramento.

PALAVRAS-CHAVE: Muro de contenção, Gabião, Deslocamento horizontal, Monitoramento.

1. INTRODUÇÃO

Na cidade de Manaus, AM, fora construído um centro de compras cuja infraestrutura externa previa a instalação de maciços de solo contidos por muros

de gabião, com altura e comprimento variáveis. Durante a fase construtiva, constatou-se que houve algumas regiões, ao longo dos muros, que apresentaram deformações excessivas, ocasionando o “embarrigamento” da face externa do gabião, mormente naquelas áreas mais próximas às bases das contenções, onde, decerto, os empuxos ativos do solo eram maiores. Esses muros foram denominados de 1, 2, 3, 4 e 5, com comprimentos de 73,40 m, 10,17 m, 14,05 m, 13,07 m e 15,33 m, e possuindo alturas livres, acima do nível do terreno inferior, de 7,80 m, 9,50 m, 11,25, 13,00 m e 13,00 m, respectivamente. A Figura 1 apresenta a localização, em planta, dos referidos muros.

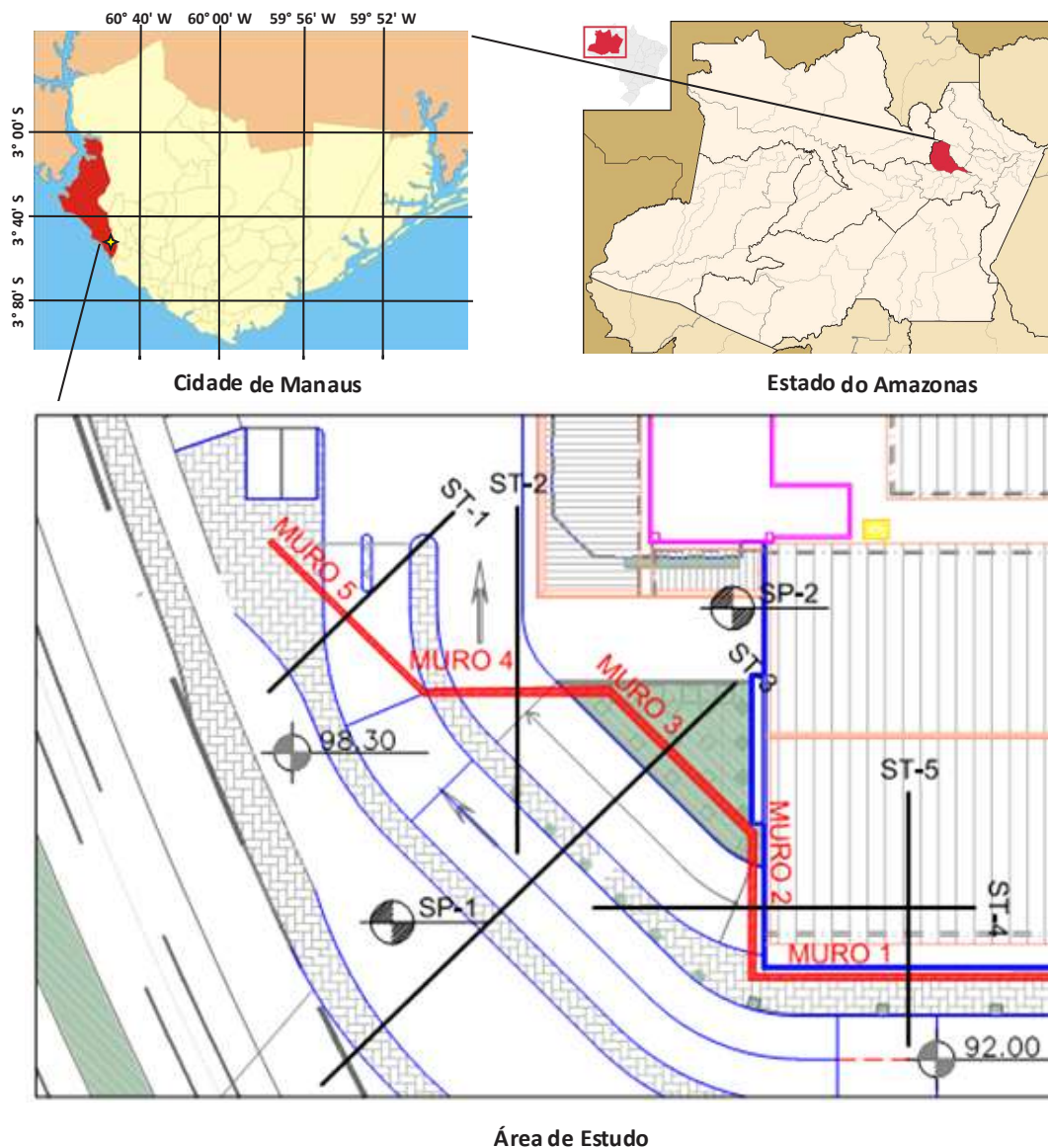


Figura 1. Localização, em planta, dos muros 1 a 5.

Devido ao “embarrigamento” da face externa dos gabiões, foram analisadas cinco seções transversais geométricas (ST-1 a ST-5), uma para cada muro, aliadas a várias sondagens de simples reconhecimento, no total de 30, com determinação dos índices de resistência à penetração (N_{SPT}). Tanto a indicação das seções de

estudo, quanto as sondagens, encontram-se representadas na Figura 1. A Figura 2 indica a comparação entre a seção típica do muro no projeto original e a do estudo final, para a altura livre de 13 m. Os vários estágios da construção do muro em gabião, desde a escavação de solo natural - para embutimento do gabião-caixa a um metro e dois metros de profundidade -, passando pelos serviços de montagem das gaiolas, com a colocação das pedras, a compactação do aterro, a colocação do material de filtro (geotêxtil) e o alteamento do muro, em seu nível final, podem ser melhor consultados em Campelo et al. (2015).

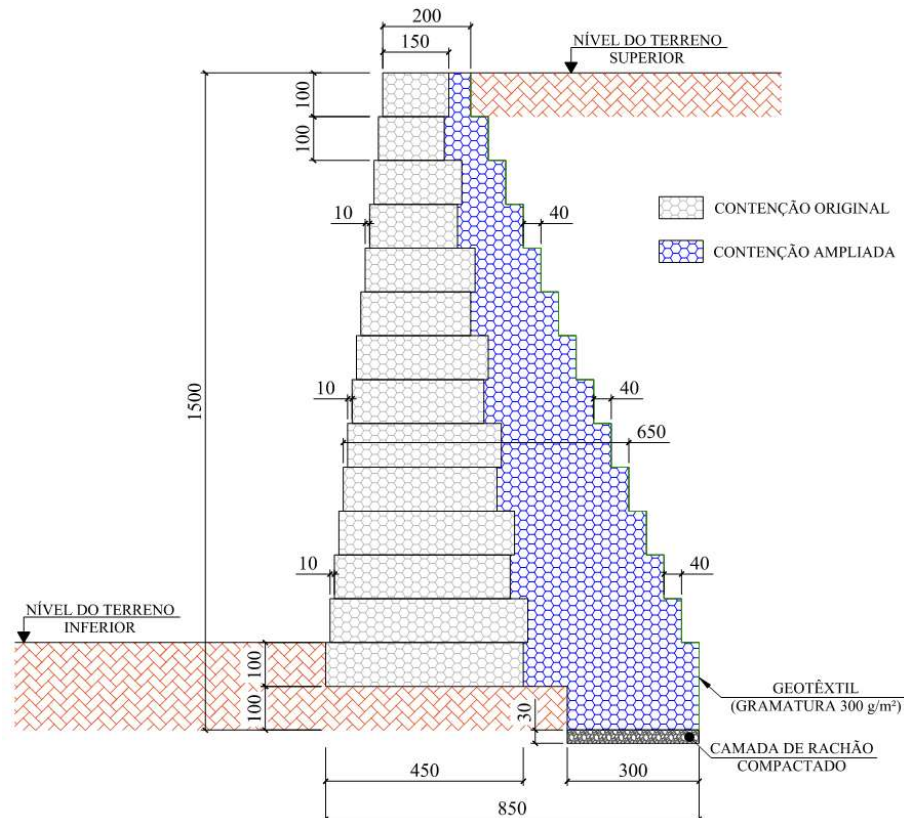


Figura 2. Seção transversal final do muro de contenção em gabião, em relação à original.

Em relação à análise dos muros de gabião em si, empregou-se o programa computacional GGU-GABION, da CivilServe da Alemanha (GGU Z.V., 2015), que permite a determinação dos recalques, capacidade de carga, coeficientes de segurança contra deslizamento e tombamento, entre outros parâmetros de cálculo. Pelos resultados obtidos, concluiu-se que as seções geométricas originais dos muros mostraram-se instáveis; então, analisaram-se também três outras alternativas, que são o reforço do muro existente, por um sistema estrutural de grelhas atirantadas, assim como uma redefinição da geometria dos muros originais, por meio do uso do sistema “Terramesh”, ou apenas pelo aumento da seção transversal dos mesmos. Devido ao cronograma da obra e aos insumos importados, para as duas primeiras soluções, decidiu-se, então, pela adoção da última alternativa.

2. CONDIÇÕES GEOLÓGICO-TÉCNICAS DO LOCAL

A cidade de Manaus, localizada na margem esquerda do rio Negro, região do depocentro da Bacia Sedimentar do Amazonas (Cunha et al., 1994), encontra-se erigida sobre sedimentos da Formação Alter do Chão (Caputo et al., 1972). Esses sedimentos são constituídos predominantemente de argilitos, siltitos e arenitos avermelhados, depositados em ambiente continental fluvial e lacustrino, associado com a instalação de um sistema fluvial arenoso de alta energia, ocorrido no Neocretáceo (Daemon, Contreiras, 1971, Daemon, 1975). A Formação Alter do Chão é composta por arenitos silicificados avermelhados e arenitos inconsolidados com granulação fina a média, intercalados com níveis argilosos, mormente, caulíníticos. Apresenta estruturas sedimentares, tais como estratificações tabular, cruzada e plano-paralela, e ainda mostram ocorrências de fragmentos vegetais e de atividade biológica.

Tais características denotam que a citada unidade é representativa de uma deposição em ambiente flúvio-lacustre. A espessura desse pacote sedimentar na cidade de Manaus, conforme informações oriundas de perfurações para água subterrânea, é cerca de 200 metros, podendo alcançar 1.250 metros ao longo da bacia. A unidade informal denominada de “Arenito Manaus” é uma fácies sedimentar dessa unidade estratigráfica, sendo muito explorada na região, como principal fornecedora de matéria-prima para agregados na construção civil. A Formação Alter do Chão é coberta por solo argilo-arenoso amarelado, por vezes avermelhado, com espessura da ordem de poucos metros (8 m a 10 m), e por uma crosta laterítica, geralmente, ferruginosa.

3. HISTÓRICO DAS CONDIÇÕES ANALISADAS

Nas simulações da estabilidade interna e externa da contenção original em gabião, foram consideradas diferentes condições de estudo, a saber: i) alteamento do muro em gabião, com respectivo incremento na sua seção transversal, de acordo com o projeto original; ii) se a condição anterior não satisfazia aos critérios de estabilidade, proceder-se-ia, então, ao estudo de reforço do muro de gabião, por meio do emprego de estruturas em grelhas (nas faces externas dos muros) e tirantes, em quatro ou cinco níveis de atirantamento; iii) como uma segunda alternativa, fora também estudado o caso de ampliação da seção transversal do muro existente, ao longo de sua altura, com o emprego de geogrelha (“Terramesh”); iii) a terceira alternativa estudada fora incrementar a seção transversal original do muro, aumentando-se, portanto, seu peso próprio e, destarte, combatendo, mais eficientemente, os esforços solicitantes.

Além das análises do alteamento e conseqüente aumento da seção transversal do muro, estudou-se também a adição de sobrecarga de 20 kPa na superfície do terreno (NT), induzida por tráfego de veículos. O maciço de solo fora

dividido em duas camadas, sendo a primeira constituída por aterro argilo-arenoso compactado, com a espessura correspondente à da altura efetiva ou líquida do muro, sobrejacente à camada de terreno natural. Após a adequação de várias seções transversais da contenção em gabião, que pudesse suportar os esforços solicitantes do empuxo ativo de solo e sobrecargas no nível do terreno superior, analisou-se, então, a estabilidade global do conjunto maciço de solo/contenção em gabião, a fim de verificar se haveria potencialidade de ruptura do maciço de solo e do muro. Essas análises encontram-se pormenorizadas em Campelo et al. (2015).

4. MONITORAMENTO DOS DESLOCAMENTOS DO PARAMENTO DO MURO

4.1. Histórico

Em junho de 2012, fora emitido um Relatório Técnico sobre a estabilidade de contenção dos muros em gabião, uma vez que o projeto original de execução da contenção - sob responsabilidade técnica de uma certa empresa - não contemplava uma perfeita estabilidade da mesma, a julgar pelas deformações excessivas verticais e horizontais que estavam ocorrendo à época, impondo à contenção um aspecto de “embarrigamento”, e fortemente documentado no mencionado relatório.

Assim, aquele relatório técnico apontava três alternativas, que eram a execução de reforço por tirante – solução esta dispendiosa e demorada – e a reconstrução do muro em gabião, em “Terramesh”, ou, simplesmente, na adequação de nova geometria de seção transversal do muro em gabião. Essa última solução acabou sendo adotada, a critério da construtora, haja vista não depender de importação de materiais de outras praças – a exemplo das primeira e segunda -, além de sua boa produtividade, reduzindo prazos de cronograma, ao contrário das duas primeiras alternativas.

Entrementes, nos idos do fim do ano de 2012 e início de 2013, algumas ocorrências externas, tais quais, intensas incidências pluviométricas, que causaram uma sobrelevada quantidade de armazenamento de águas pluviais, mormente em terreno lindeiro, conduziram a um fluxo superficial que, não encontrando ainda o terreno impermeabilizado, infiltrou no maciço de solo, e, devido ao fato de que gabiões são estruturas autopermeáveis, a água de saída encontrava-se com grande pressão, “empurrando” (empuxo da água no paramento da contenção), então, os muros. O resultado, destarte, fora o deslocamento das faces externas dos paramentos dos muros para a frente, variando entre 5 cm e 20 cm, conforme relato de engenheiros da construtora, que procederam, por meio de técnica expedita, sem precisão milimétrica, às medidas dos deslocamentos, em diversos pontos dos paramentos, ao longo de sua extensão, até a provável estabilização dos mesmos.

Por esse motivo, um segundo relatório técnico fora emitido, em março de 2013, abordando a estabilidade do conjunto formado pelo maciço de solo e a sua

contenção, comentando acerca do reflexo da infiltração d'água no subsolo, no equilíbrio do maciço. Nessa oportunidade, deve-se ressaltar que o muro 1 não teve sua geometria alterada no projeto de revisão, uma vez que, à época - antes da enxurrada deletéria que provocou deslocamentos indelévels nos muros - não apresentava deslocamentos apreciáveis a olho nu. Assim, o mesmo permaneceu com a sua geometria definida pelo projeto original, sob responsabilidade técnica de outra empresa.

Nesse aspecto, o presente trabalho descreve todas as leituras de monitoramento levadas a cabo desde o dia 2/8/2013 (1ª leitura) a 10/3/2014 (10ª leitura), perfazendo sete meses de monitoramento das leituras dos deslocamentos verticais e horizontais das faces externas dos muros em gabião.

4.2. Instalação dos Instrumentos

A Figura 3 mostra a vista frontal da instalação dos pinos de recalque, ao longo da extensão dos vários segmentos retilíneos dos muros de contenção. Observe-se as condições dos paramentos externos dos muros, durante a instalação dos instrumentos, no fim do mês de julho, na Figura 4. A Figura 4a apresenta a instalação de pinos de recalque no muro 4, enquanto na Figura 4b pode-se notar a luminosidade dos adesivos com 1 cm de diâmetro, colocados na superfície dos pinos de recalque, para leituras dos deslocamentos em três dimensões (longitude, latitude e elevação, acima do nível do mar), no muro 5.

Verifica-se o elevado embarrigamento de algumas regiões dos muros, com vários centímetros de defasagem, entre a base e a crista dos muros, vistos em planta, antes da efetuação das leituras de deslocamentos. Destarte, já houve uma grande movimentação lateral do muro, para a frente, desde sua execução. O intuito desse monitoramento era averiguar se os deslocamentos cessaram ou caminhavam em valores aceitáveis, atendendo aos requisitos de estabilidade global da contenção. Uma vez lidas as coordenadas nas três dimensões, medidas por meio de uma estação total geodésica, os deslocamentos horizontais e verticais foram calculados como a diferença entre as coordenadas nas 2ª, 3ª, 4ª, n-ésima leitura, etc., e a 1ª leitura.

5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DAS LEITURAS DO MONITORAMENTO

Por brevidade, será aqui apresentada apenas a diferença entre a última leitura e a primeira. A Tabela 1 sumariza as leituras levadas a cabo, para cada pino de recalque, durante os sete meses de monitoramento. A partir dessa tabela, foram elaborados os gráficos dos isovalores dos deslocamentos horizontais dos paramentos externos dos muros e o da modelagem 3D da superfície, em relação aos mesmos deslocamentos, indicados nas Figuras 5 e 6.

De uma maneira geral, quando parte do paramento externo do muro avança

para a frente, outra parte tende a recuar, ou seja, adentra o maciço – o que provoca o deslocamento horizontal negativo -, uma vez que o muro em gabião é uma estrutura sabidamente flexível.

A estabilidade fica comprometida quando há o avanço excessivo do muro para a frente, além de um certo valor admissível, pois o deslocamento relativo das gaiolas pode fazer com que haja o deslizamento e/ou tombamento do muro, induzindo à ruptura catastrófica.

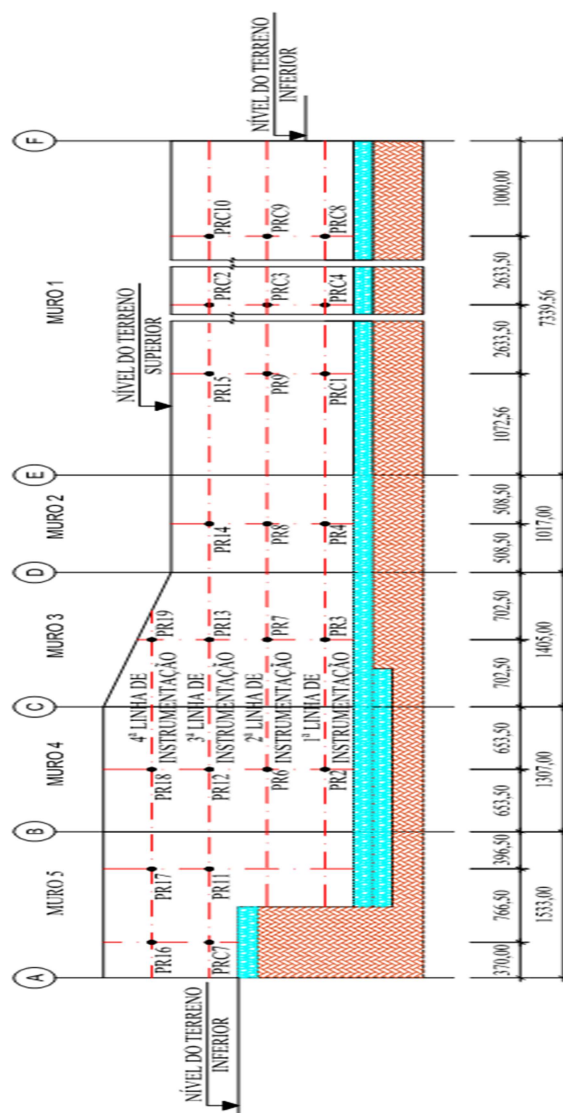


Figura 3. Vista frontal da instalação dos pinos de recalque, ao longo da extensão dos muros.

Tabela 1. Maiores deslocamentos horizontais da face externa do paramento.

Pinos	Muro	X(m)	Y(m)	Z(mm)
PRC-1		63,35	5,1	-1,2
PRC-2		89,68	11,1	-5,9
PRC-3		89,68	8,1	-3,0
PRC-4		89,68	5,1	-0,6
PRC-8	1	116,02	5,1	-1,6

PRC-9		116,02	8,1	-1,6
PRC-10		116,02	11,1	-1,2
PR-9		63,35	8,1	14,1
PR-15		63,35	11,1	13,3
PR-4		47,54	5,1	20,5
PR-8	2	47,54	8,1	19,7
PR-14		47,54	11,1	2,7
PR-3		35,43	5,1	5,2
PR-7	3	35,43	8,1	1,5
PR-13		35,43	11,1	2,0
PR-19		35,43	14,1	1,5
PR-2		21,87	5,1	0,3
PR-6	4	21,87	8,1	0,2
PR-12		21,87	11,1	1,2
PR-18		21,87	14,1	40,0
PRC-7		3,7	11,1	-1,1
PR-11	5	11,37	11,1	4,8
PR-16		3,7	14,1	6,5
PR-17		11,37	14,1	7,0

Em muros a flexão - e, portanto, rígidos, com comportamento de “bloco monolítico” - é mais fácil estabelecer ou fixar limites admissíveis de distorção angular - relação entre o recalque diferencial da base da fundação e a altura do muro -, entretantes, em contenções em gabião, o problema é mais complexo, devido ao fato de que, sendo formado por gaiolas costuradas, permite a movimentação bloco a bloco, *i.e.*, individualmente - e não monoliticamente -, possuindo primordialmente comportamento flexível.

Assim, enquanto em muros rígidos os limites admissíveis de distorção angular podem ser facilmente fixados, o mesmo não ocorre em muros flexíveis. Como agravante, nesses últimos fica difícil se conhecer, com precisão, a face do paramento externo, por causa da acomodação natural das gaiolas à deformação do terreno, dificultando a determinação da distorção angular do paramento do muro.

Devido ao fato de que os deslocamentos verticais (recalques) dos muros foram extremamente baixos, com valores inferiores a 10 mm, não serão aqui analisados.

Tanto pela observação da Tabela 1, quanto da Figura 5, verifica-se que os maiores deslocamentos horizontais da face externa do paramento, para a frente (positivo), é de 40 mm, no PR-18, no muro 4, de 20,5 mm no PR-4 e de 19,7 mm, no PR-8, estes dois últimos pertencentes ao muro 2.

Em alguns pinos de recalque, houve medições de leituras negativas, ou seja, como se a face do muro se deslocasse para trás. Essas medições negativas foram de pequena monta e ocorreram basicamente no muro 1.

Observou-se também que os maiores deslocamentos ocorreram nas terceira

e quarta linhas de instrumentação, e não na primeira linha - onde ocorrem os maiores empuxos ativos contra a face do muro -, corroborando com o fato de que os deslocamentos horizontais não foram decorrentes de insuficiência geométrica, posteriormente à fase de adequação da nova seção transversal dos muros, conforme mencionado nos tópicos anteriores, mas, sobretudo, oriundos da ação da água pluvial durante enxurrada que induziu ao deslocamento das gaiolas, podendo ter deixado algum “vazio” entre o maciço de solo e as mesmas, e, dessa forma, a possível fragilidade das ligações entre os blocos, dando continuidade no deslocamento do paramento do muro, com o passar do tempo.

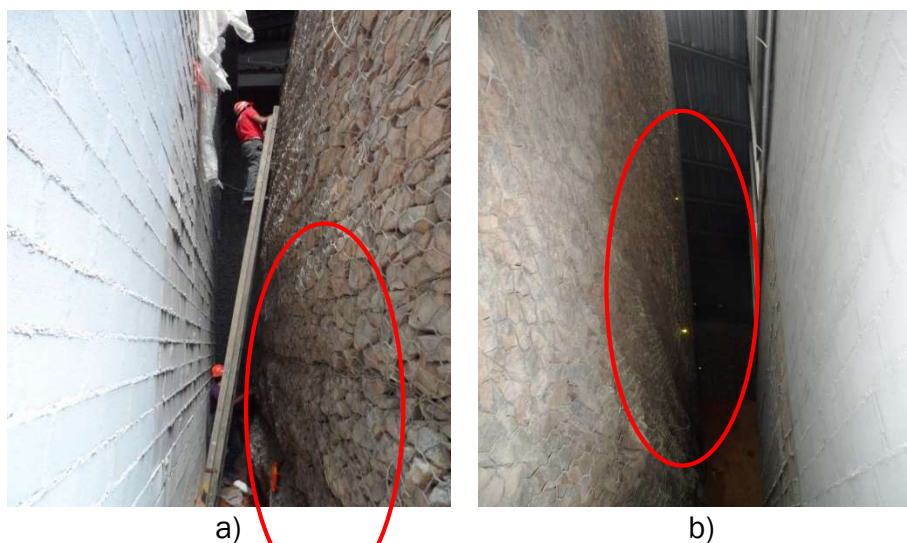


Figura 4. a) Instalação de pinos de recalque no muro 4. Notar o “embarrigamento” na região inferior do muro, antes do início do monitoramento; b) adesivos com 1 cm de diâmetro, colocados na superfície dos pinos de recalque, para leituras dos deslocamentos em três dimensões (longitude, latitude e elevação, acima do nível do mar), no muro 5.

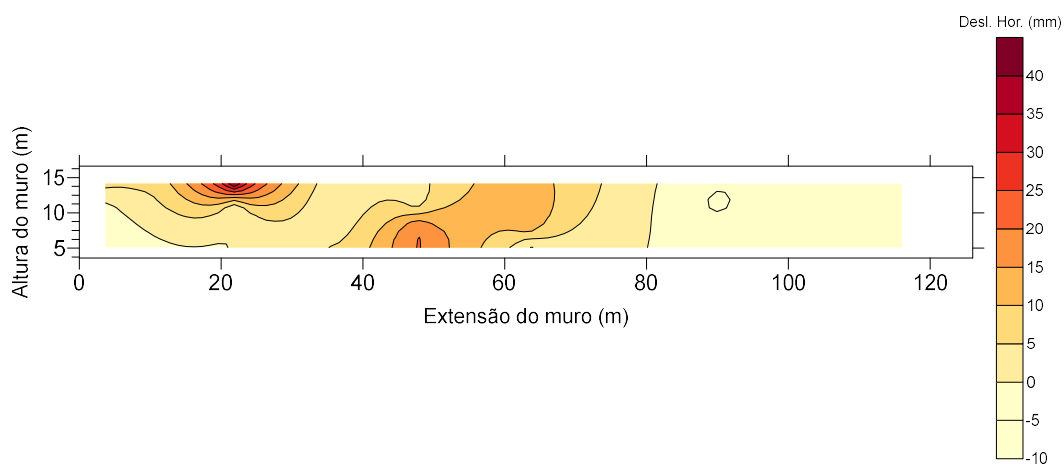


Figura 5. Isovalores de deslocamentos horizontais das faces externas dos muros 1 a 5.

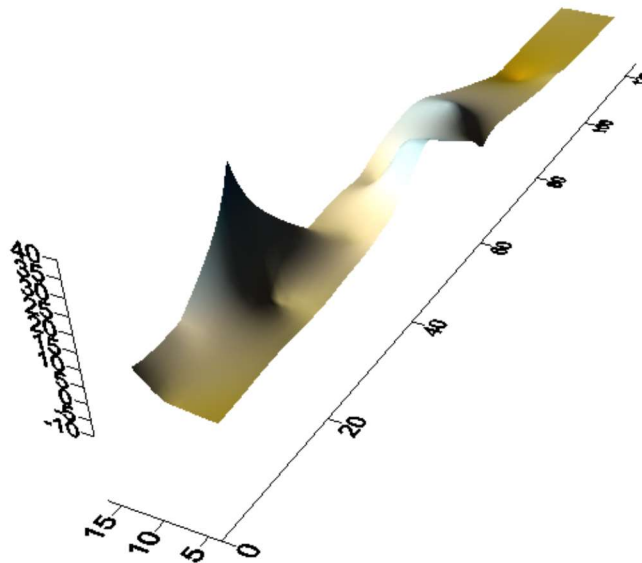


Figura 6. Modelagem 3D dos deslocamentos horizontais da face externa dos muros 1 a 5.

Segundo Lin et al. (2010), a razão entre os deslocamentos pode ser enunciada através das equações 1 e 2, para estruturas flexíveis em gabião. Desse modo, os deslocamentos devem respeitar os valores máximos estabelecidos na Tabela 2, tendo como parâmetro as fórmulas 1 e 2.

$$\left(\frac{\delta}{H}\right) = (0,002 \times H^{1,2}) \times \left(\frac{h}{H}\right) \quad (1)$$

$$\left(\frac{S}{H}\right) = (0,008 \times H^{0,75}) \times \left(\frac{h}{H}\right) \quad (2)$$

Onde:

δ - Deslocamento frontal máximo (mm);

H - Altura total do muro (m);

h - Altura do bloco de gabião (m);

S - Deslocamento de recalque máximo (mm);

Tabela 2. Relação entre a altura e deslocamentos máximos admissíveis (aceitáveis), de acordo com Lin et al. (2010).

Altura (m)	Deslocamento Máximo (mm)	
	Vertical (Recalque)	Horizontal (Frontal)
7,0	34,43	20,66
9,5	43,29	29,81
13,0	54,77	43,43

De acordo com os valores máximos definidos na Tabela 1, foi possível verificar que os mesmos são inferiores aos definidos na Tabela 2. Com isso, pode-se afirmar que os deslocamentos ocorridos nos muros eram aceitáveis, até as medições do último monitoramento.

6. CONCLUSÕES

Em relação ao exposto nas seções anteriores, é pertinente comentar acerca de algumas conclusões sobre o trabalho realizado. Assim, pode-se afirmar que algumas regiões dos paramentos dos muros 1 a 5 encontraram-se com grandes deformações, mormente horizontais (“embarrigamentos”), que apareceram após a percolação de águas pluviais, provindas de terreno vizinho, carreando material na superfície e possivelmente no interior do maciço, e o empuxo da água fora de tal magnitude que empurrou, para a frente, o muro em questão, e de acordo com engenheiros da obra, em cerca de 10 cm a 20 cm.

As estruturas de arrimo em gabião são reconhecidamente flexíveis, acomodando-se, portanto, às deformações do terreno de fundação e do maciço de solo lateral. Assim, mesmo com os deslocamentos horizontais acentuados, pode haver a estabilização dos mesmos, daí a necessidade de se ter monitorado o muro por um período de sete meses. No entanto, a não estabilização pode comprometer a estabilidade global do sistema maciço de solo-muro em gabião, possibilitando causar uma ruptura catastrófica do sistema, com terríveis consequências. Os maiores deslocamentos verticais foram de 20,5 mm, 19,7 mm e 40 mm, em algumas regiões dos muros. Quanto aos deslocamentos verticais (recalques), os valores máximos foram inferiores a 10 mm, não sendo, portanto, motivos de preocupação com a estabilidade dos muros

Pode-se verificar que os deslocamentos máximos horizontais e verticais estavam ainda na faixa admissível, até o final do monitoramento, contudo, o ideal seria a continuidade do monitoramento, por tempo não inferior a um ano.

AGRADECIMENTOS

Os autores desejam expressar seus agradecimentos à empresa ECOLOGY SUPORTE AMBIENTAL, pela cessão dos dados aqui apresentados e analisados.

REFERÊNCIAS

CAMPELO, N.S., SANTORO FILHO, M.J.G., PAES, M.D.C., VALADARES, O.C.P., ARAGÃO, A.F. **Análise de estabilidade de muros de contenção em gabião**. In: Seminário de Engenharia de Fundações, 8 – SEFE 8, 2015, São Paulo. Anais... São Paulo, ABMS, 23 a 25 de junho de 2015. 1 CD-ROM.

CAPUTO, M.V., RODRIGUES, R., VASCONCELOS, D.N.N. **Nomenclatura estratigráfica da Bacia do Rio Amazonas**. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 26, 1972, Belém. Anais... São Paulo, SBG, 3:35-46.

CUNHA, P. R. C.; GONZAGA, F. G.; COUTINHO, L. F. C. E FEIJÓ, F. J. **Bacia do**

Amazonas. Boletim de Geociências, Rio de Janeiro, PETROBRÁS, vol. 8, n. 1, p. 47-55, 1994.

DAEMON, R.F. **Contribuição à datação da Formação Alter do Chão, Bacia do Amazonas.** Revista Brasileira de Geociências, SBG, Rio de Janeiro, vol. 5, n. 2, p. 78-84, 1975.

DAEMON, R. F. E CONTREIRAS, C. J. A. **Zoneamento palinológico da Bacia do Amazonas.** In: Congresso Brasileiro de Geologia, 25, 1971, São Paulo. Anais... São Paulo, SBG, p. 79-91.

GGU Z.V. **GGU-Gabion.** GGU Zentrale Verwaltung mbH, Braunschweig, CivilServe, Deutschland, v. 2015.

LIN, D.G.; HUANG, B.S., LIN, S.H. **Deformation analyses of gabion structures.** In: INTERPRAEVENT, 15, Taichung, Taiwan, 2010, p. 512-526.

ABSTRACT: Gabion retaining walls (numbers 1 to 5) were built in the outer area of a shopping center in the city of Manaus, Amazon State. When they reached a certain height, began to have horizontal deformation excessive ("sagging"), causing the stoppage of construction. Further studies revealed that the original geometric sections did not agree with the requirements of internal, external and global geotechnical stability. Hence it was proceeded to study some alternatives, to work around the problem. The fastest and most economical alternative proved to be the excavation of the compacted fill in the areas of excessive deformation of the wall, wall cross section increase and subsequent backfill and compaction of the soil. The new cross sections of the walls imposed theoretical and constructive stability to them, being proven by subsequent monitoring of the horizontal and vertical displacements, for a period of seven months. It has been found that the largest horizontal displacement of the external face of the wall were 40 mm in the number 4 wall, and 20.5 mm and 19.7 mm in number 2 wall, however, and these displacements were acceptable to the end of monitoring date.

KEYWORDS: Retaining wall, Gabion, Horizontal displacement; Monitoring.

CAPÍTULO XV

ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, COMPRESSIBILIDADE E RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE TRÊS MISTURAS DE SOLOS PARA BARRAGENS DE TERRA EM SANTA CATARINA

**Nilo Rodrigues Júnior
Vitor Santini Müller
Matheus Klein Flach
Murilo da Silva Espíndola
Daniel Galvão Veronez Parizoto
Gabriela Bessa
Juan Antonio Altamirano Flores**

ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, COMPRESSIBILIDADE E RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE TRÊS MISTURAS DE SOLOS PARA BARRAGENS DE TERRA EM SANTA CATARINA

Nilo Rodrigues Júnior

Universidade Federal de Santa Catarina, Geologia

Florianópolis – Santa Catarina

Vitor Santini Müller

Universidade Federal de Santa Catarina, Geologia

Florianópolis – Santa Catarina

Matheus Klein Flach

Universidade Federal de Santa Catarina, Geologia

Florianópolis – Santa Catarina

Murilo da Silva Espíndola

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Geociências

Florianópolis – Santa Catarina

Daniel Galvão Veronez Parizoto

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Geociências

Florianópolis – Santa Catarina

Gabriela Bessa

Universidade Federal de Santa Catarina, Geologia

Florianópolis – Santa Catarina

Juan Antonio Altamirano Flores

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Geociências

Florianópolis – Santa Catarina

RESUMO: Barragens são obras de infraestrutura que possuem como principal função a contenção do fluxo de um curso d'água, cujo projeto e processo de construção decorrem em reconhecimento geotécnico das características físicas e mecânicas dos materiais que compõem o corpo do aterro, por exemplo. O presente trabalho trata da caracterização de solos das potenciais jazidas de empréstimo selecionadas para os projetos das barragens dos rios Taió, Perimbó e Ribeirão Braço do Trombudo, no estado de Santa Catarina. Foram analisados 23 (vinte e três) pontos de estudo, divididos em três conjuntos de amostras. Os ensaios físicos de caracterização e comportamento mecânico foram realizados no Laboratório de Mecânica dos Solos da Universidade Federal de Santa Catarina. Foi verificada a predominância de materiais silte argilo-arenosos, com baixos coeficientes de permeabilidade, valores de ângulos de atrito interno efetivos próximos de 30°, e, sobretudo, comportamentos não dispersivos, o que é essencial, em virtude da condição de inundação à qual serão submetidos.

PALAVRAS-CHAVE: Barragens de terra; caracterização física e mecânica.

1. INTRODUÇÃO

Barragens são construções que possuem como principal função a contenção do fluxo de um curso d'água, cujos volumes armazenados possuem distintas finalidades, dentre as quais hidrelétricas, piscicultura, controle de cheias, consumo humano até irrigação. Os projetos de barragens são complexos e demandam, antes de tudo, estudos que possibilitem o entendimento do comportamento mecânico dos maciços que compõem o corpo dos aterros, bem como a interação destes com os materiais de fundação, condições de submersão, condutividade hidráulica, compressibilidade e resistência em situações desfavoráveis.

Ao tratar de solos para barragens de terra, Cruz (1996) cita que entre 1960 e 1990 evoluiu-se para usar qualquer material de empréstimo proveniente de um perfil de intemperismo, com limitações apenas a solos com excesso de mica, desde que se faça uma seleção adequada dos materiais de construção, e que a sua procedência para cada trecho da Barragem seja bem definida. Esta atitude permite economias significativas de custo e viabiliza a construção de grandes barragens.

Barragens de terra possuem taludes de inclinação acentuada tanto a montante, quanto a jusante, sendo assim, requerem grandes volumes de materiais em relação ao local de sua construção, onde o reconhecimento geotécnico das características físicas do solo irão determinar o sucesso da obra conforme os parâmetros estipulados nos ensaios de caracterização destes materiais.

1.1. Objetivo

Este trabalho teve como finalidade a caracterização física, de compressibilidade, condutividade hidráulica e resistência ao cisalhamento dos solos das 23 (vinte e três) jazidas selecionadas para as obras das barragens nos rios Taió, Perimbó e Ribeirão Braço do Trombudo, em Santa Catarina. Os impactos sociais decorrentes da implantação destes empreendimentos não são objeto de discussão do presente trabalho.

1.2. Objetivos Específicos

Dentre os objetivos específicos deste trabalho, tem-se:

- Verificação do teor de umidade individual de cada jazida estudada;
- Caracterização física clássica das misturas dos solos;
- Determinação dos parâmetros de compressibilidade em ensaios unidimensionais;
- Constatação dos parâmetros de resistência em ensaios de cisalhamento direto, na condição inundada.

2. METODOLOGIA

As amostras estudadas foram provenientes das misturas dos solos das diferentes jazidas na área de implantação das barragens dos rios Taió, Perimbó e Ribeirão Braço do Trombudo. Foram analisados 23 (vinte e três) pontos de estudo, sendo que a mistura dos solos resultaram em três amostras distintas: Barragem rio Taió: mistura de 5 jazidas; Barragem rio Perimbó: mistura de 8 jazidas; Barragem rio Ribeirão Braço do Trombudo: 10 jazidas.

Os ensaios físicos de caracterização física, de compressibilidade, condutividade hidráulica e resistência ao cisalhamento direto das 3 (três) amostras de solos foram realizados no Laboratório de Mecânica dos Solos da Universidade Federal de Santa Catarina, conforme as normas nacionais da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), vigentes para cada tipo de ensaio, sendo que na ausência de normas nacionais foram utilizados procedimentos descritos na literatura, ou a normatização internacional da *American Society for Testing and Materials* (ASTM): Determinação do teor de umidade natural (ASTM D4959); Determinação da massa específica dos sólidos (NBR6508); Análise granulométrica com sedimentação (NBR7181); Determinação do limite de liquidez (NBR6459); Determinação do limite de plasticidade (NBR7180); Ensaio de compactação (NBR7182); Avaliação da dispersibilidade de solos argilosos (NBR13601); Ensaio de adensamento unidimensional (NBR12007); Ensaio de resistência ao cisalhamento direto (ASTM D3080); Coeficiente de permeabilidade em solos argilosos à carga variável (NBR 14545); Preparação de corpos de prova compactados para ensaios de cisalhamento direto (Espíndola *et al.*, 2010).

3. RESULTADOS

Os resultados são apresentados neste trabalho em termos de propriedades físicas, dados de compactação, compressibilidade, condutividade hidráulica e resistência ao cisalhamento.

3.1 Ensaios de caracterização física

Tendo em vista que o procedimento de obtenção dos parâmetros de umidade dos solos são simples e demandam pouco esforço laboratorial, foram determinados os teores naturais para cada jazida estudada, dividindo-as posteriormente em função do conjuntos de amostragens. A Tabela 1 apresenta os valores obtidos.

Tabela 1. Resultados dos ensaios de teor de umidade natural das amostras.

Jazida	Taió w%	Perimbó w%	Ribeirão Braço do Trombudo w%
1	49.93	49.45	34.58
2	31.96	29.18	38.51
3	45.55	32.19	40.93
4	31.07	28.48	36.10
5	49.23	29.43	20.67
6	-	25.51	29.35
7	-	34.25	33.48
8	-	30.70	41.71
9	-	-	19.88
10	-	-	32.19
Teor de umidade médio [%]	41.60	32.40	32.74

É possível observar no decorrer da apresentação dos resultados deste trabalho, que o teor de umidade natural médio de 41.6% refere-se ao conjunto de amostragem com maior teor de finos, e conseqüentemente com maior superfície específica. Como consequência, o reflexo desta superfície específica total se deu também na curva de compactação, pois apresentou o maior teor de umidade ótima.

Com exceção dos teores de umidade, os ensaios posteriores foram realizados para as misturas que resultaram em três amostras de solos de 23 jazidas. A determinação da massa específica dos grãos de solo das amostras foi realizada utilizando-se o princípio de Arquimedes, por meio do qual o volume de água deslocado é igual ao volume de sólidos inseridos em um recipiente padronizado. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define os procedimentos padrões para este ensaio, por meio da NBR6508 (1984) grãos de solos que passam na peneira de 4.8mm. Foram realizados, portanto, dois ensaios para cada mistura, tendo-se obtido um peso específico dos sólidos (γ_s) de 27.6kN/m³ para o conjunto da Barragem do Rio Taió, 27,8kN/m³ para o rio Perimbó e 27,1kN/m³ para o Rio Ribeirão Braço do Trombudo.

O procedimento para análise granulométrica, quando executado em materiais com elevados teores de silte e argila, deve ser procedido também por meio da análise sedimentológica, ou seja, aplicando-se a Lei de Stokes. A NBR7181 (1984) define os procedimentos padrões para execução do ensaio de análise granulométrica de solos. Foi verificado, por meio de procedimento tátil-visual, que os teores de silte e argila contidas na mistura dos solos que formaram as amostras eram suficientemente elevados para justificar a execução de análise sedimentológica (Figura 1).

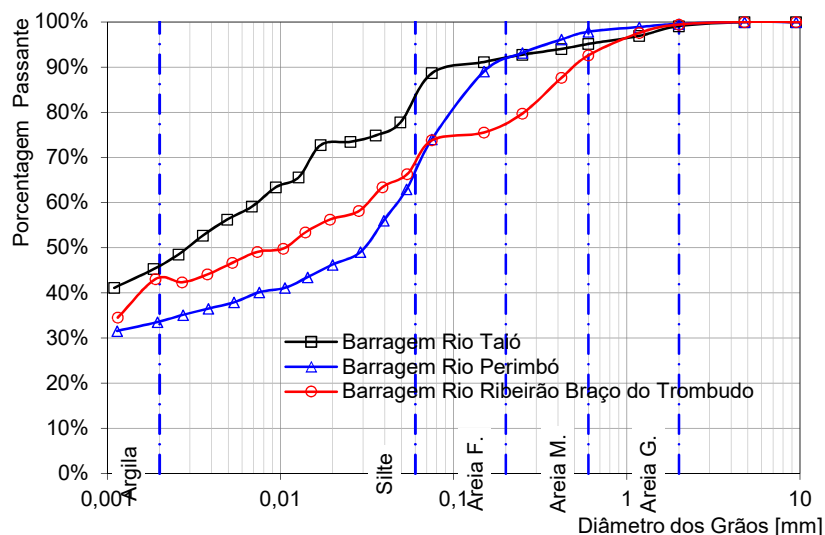


Figura 1. Curva granulométrica obtida das amostras.

O conjunto de solos que formaram a amostra da Barragem do Rio Taió são mais finos que as demais, refletindo em comportamentos coerentes na determinação dos limites de consistência, ou seja, as amostras mais finas foram também aquelas que apresentaram os maiores limites de liquidez. A Figura 2 apresenta um gráfico com correlações distintas comparando os limites de consistência, teores de umidade médios com as porcentagens de argilas e siltes mais argilas. É possível observar que as melhores relações obtidas, tendo o coeficiente de regressão linear como critério de escolha, foram entre os limites de liquidez *versus* porcentagens de argilas, e o teor de umidade médio *versus* porcentagens de siltes mais argilas.

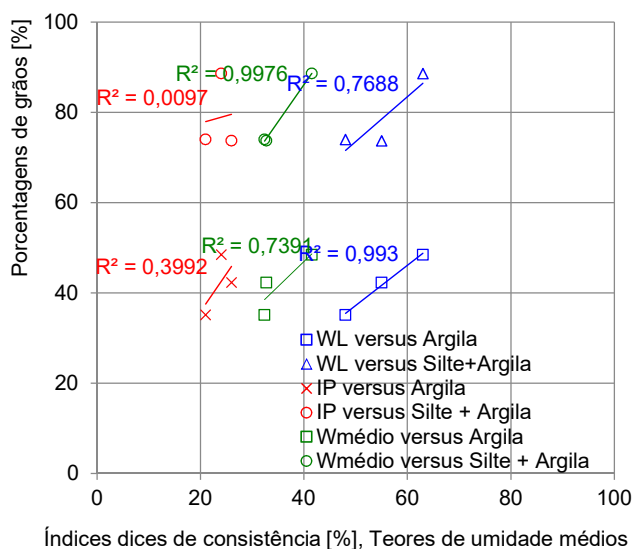


Figura 2. Correlações estabelecidas para os índices de consistência.

No Brasil, os ensaios de Limites de Liquidez (WL) e de Plasticidade (WP) são normatizados por meio da NBR6459 (1984) e NBR 7180 (1984) respectivamente. Os solos que compuseram as amostras estudadas neste trabalho foram submetidos

aos referidos procedimentos no Laboratório de Mecânica dos Solos da Universidade Federal de Santa Catarina, tendo-se obtido os valores apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Resumo dos ensaios realizados para as três amostras de barragens de terra.

Amostra	Taió	Perimbó	Ribeirão Braço do trombudo	
Caracterização Física	W _{nat} médio (%)	41.55	32.40	32.74
	γ _s (kN/m ³)	27.60	27.80	27.10
	Argila (%)	48.52	35.15	42.36
	Silte (%)	40.15	38.92	31.43
	Areia (%)	10.40	25.51	25.62
	Ped. (%)	0.92	0.43	0.58
	w _L (%)	63.0	48.0	55.0
	w _P (%)	39.0	27.0	29.0
	I _P (%)	24.0	21.0	26.0

3.2 Ensaios de Compactação

Os solos que compuseram as amostras foram submetidos ao procedimento de ensaio de compactação, de acordo com a NBR7182 (1986), utilizando-se energia Próctor Normal. A título de estimativa, Higashi (2006) verificou que para os solos residuais de granitoides do município de Tubarão/SC, os valores de teor de umidade ótima das Jazidas oscilaram em torno de 5% abaixo do teor de umidade natural. Desta forma, como o teor de umidade natural médio da amostra de solos da Barragem do rio Taió foi da ordem de 41%, o ensaio de compactação foi realizado com valor presumido de 36% de umidade ótima (Figura 3). O teor de umidade ótimo obtido foi próximo ao presumido, igual a 32.5%, e o Peso Específico Aparente Seco Máximo ($\gamma_{dm\acute{a}x}$) foi calculado em 13.8kN/m³. O teor de umidade natural médio da amostra do rio Perimbó foi da ordem de 32%, com valor presumido de 27% de umidade ótima. O teor de umidade ótimo obtido foi igual a 24.1%, e o Peso Específico Aparente Seco Máximo ($\gamma_{dm\acute{a}x}$) foi calculado em 15.65kN/m³. Para a amostra do rio Ribeirão Braço do Trombudo foi estimado um teor de umidade ótimo de 27%, tendo-se obtido 27.1%, e $\gamma_{dm\acute{a}x}$ de 14.79kN/m³. É possível verificar que o conjunto de solos que compuseram a amostra do rio Ribeirão Braço do Trombudo resultaram em uma umidade ótima muito próxima de 5% abaixo da umidade natural, conforme descreve Higashi (2006). Deve-se destacar ainda que este valor trata-se de uma simples estimativa, a título de contribuição técnica aos ensaios e correlações, uma vez que o teor de umidade natural de um solo é uma variável em constante modificação.

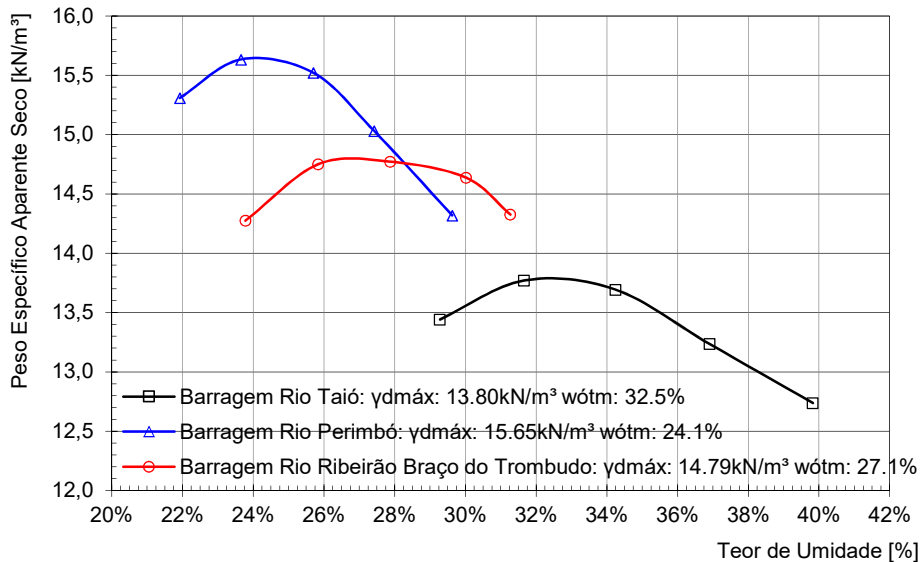


Figura 3. Curva de compactação referente às amostras.

Verifica-se que os solos com mais porcentagens de argila tenderam a apresentar teores de umidade ótima maiores, em virtude de suas superfícies específicas. Esta observação está representada neste trabalho por meio da Figura 4. Os dados da curva de compactação permitiram verificar ainda, quando comparados as curvas granulométricas das três amostras de barragens, que o peso específico aparente seco máximo é inversamente proporcional ao teor de finos da amostra.

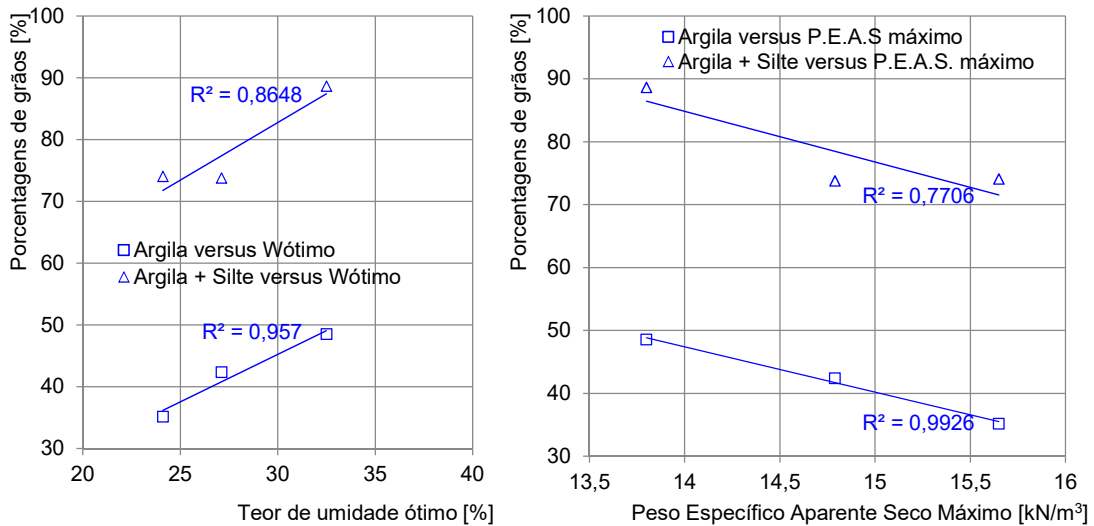


Figura 4. Porcentagens de grãos versus teor de umidade ótimo e P.E.A.S. máximo.

3.3 Dispersibilidade dos Solos

O ensaio de dispersibilidade dos solos argilosos que compuserem as amostras foi realizado de acordo com a NBR13601 (1996), utilizando-se o método

do torrão (*crumb test*). Foram moldados três corpos de prova esféricos com diâmetro de 10mm (para cada amostra), posteriormente imersos em água destilada para avaliação do comportamento. Após uma hora, imersos em água destilada, observou-se a dispersão dos colóides em suspensão para a classificação do comportamento dispersivo de acordo com a normativa. As amostras foram classificadas com Grau1, comportamento não dispersivo, no qual “O torrão de solo pode absorver água, sofrer esboroamento e esparramar-se no fundo do béquer, formando uma pilha achatada, mas não se observa sinal de turvação no líquido, provocado por colóides em suspensão” (ABNT, NBR 13601, 1996).

3.4 Ensaios de Compressão Unidimensional

Conhecidos os dados de umidade ótima e peso específico aparente máximo da mistura de solos que compuseram as amostras, foram moldados corpos de prova de seção circular de 56.98cm² e 2,61cm de altura. Este material foi submetido ao ensaio de compressão unidimensional, conforme NBR12007 (1990), com intuito de se determinar os parâmetros de compressibilidade das amostras (Figura 5). Os parâmetros de compressibilidade foram obtidos utilizando-se os métodos de Taylor e Pacheco e Silva.

As curvas de compressibilidade são apresentadas em função da variação da altura do corpo de prova, de forma que se possa observar o comportamento das três amostras em um mesmo gráfico. Os parâmetros calculados para as amostras são apresentados na Tabela 3.

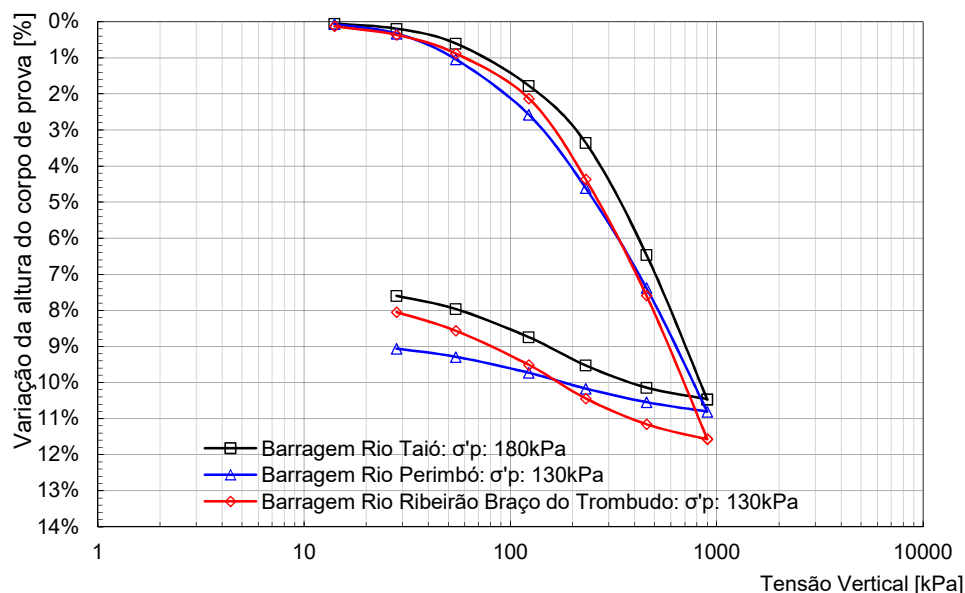


Figura 5. Curva de compressibilidade das amostras.

Tabela 3. Parâmetros do ensaio de compressão unidimensional.

Parâmetro	Rio Taió	Rio Perimbó	Rio Ribeirão Braço do Trombudo
e_o	1.086	0.895	0.906
e_r	0.868	0.690	0.686
σ'_p [kPa]	180	130	130
Cr	0.02	0.03	0.03
Cc	0.25	0.20	0.23
$K_{m\acute{a}x}$ [cm/s]	2.7×10^{-7}	2.2×10^{-7}	2.9×10^{-7}
$K_{m\acute{i}n}$ [cm/s]	3.2×10^{-8}	1.8×10^{-8}	1.0×10^{-8}

Verifica-se que a amostra referente ao rio Taió apresenta maior rigidez na “recompressão”, ao passo que na “reta virgem” este mesmo fenômeno é observado para a amostra do rio Perimbó. Destaca-se também que a amostra do rio Taió possui a maior “pressão de pré-adensamento”, cujo termo não se aplica teoricamente para este caso, pois trata-se de um solo compactado. Ou seja, embora tenha-se aplicado a mesma energia de compactação para as três amostras, o ponto de inflexão da curva de compressibilidade se dá em tensões mais elevadas para o material com teor de finos maior, o que é, de fato, típico de materiais finos, que possuem como característica o armazenamento histórico de tensões anteriores. Ainda que se tenha procedido com tal afirmação, é importante relatar a complexidade teórica e experimental que envolve tal conclusão, e, portanto, o caráter divagante da mesma no presente trabalho.

3.5 Resistência ao Cisalhamento

O ensaio de cisalhamento direto é um dos métodos mais antigos e comuns para determinação dos parâmetros de resistência ao cisalhamento na Mecânica dos Solos. O seu histórico de resultados o torna muito solicitado e confiável perante geotécnicos. O conjunto de solos que compuseram as amostras foram compactados em umidade ótima e peso específico aparente seco máximo, em três moldes cúbicos de seção quadrada de 103.23cm^2 e 2.0cm de altura. Como não existe no Brasil uma normatização oficial para o ensaio de cisalhamento direto, procedeu-se em consonância com a ASTM D3080. Foram aplicadas tensões normais efetivas iniciais de 31.35kPa, 74.12kPa e 113.12kPa, posteriormente submetendo os corpos de prova à ruptura por cisalhamento, inundado, com velocidade constante de 0.307mm/min. A Figura 8 apresenta as envoltórias de ruptura para as três amostras, conforme Mohr-Coulomb, nas quais pode-se identificar valores de ângulo de atrito interno efetivo (ϕ') entre 28.1° e 33.2° , e intercepto coesivo efetivo (c') de 15.0kPa à 20.6kPa.

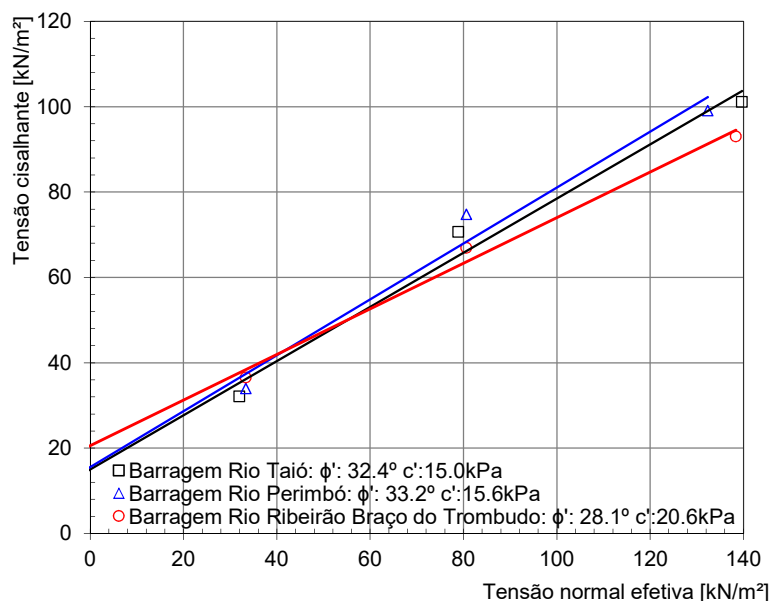


Figura 8 – Envoltória de Mohr-Coulomb das amostras.

Como todo ensaio realizado em laboratório, o ensaio de resistência ao cisalhamento direto tem como finalidade simular situações de campo da forma mais fiel quanto possível for. Não obstante, deficiências envolvendo concentração ou rotação do plano de tensões são conhecidas no meio geotécnico, e levam o calculista a entender que os dados das curvas “Tensão cisalhante” versus “deformação horizontal” e “deformação vertical” versus “deformação horizontal”, são pouco confiáveis para cálculos de parâmetros como Módulos Elásticos, por exemplo. Desta forma, não são apresentados no presente trabalho.

3.6 Coeficientes de Permeabilidade

A água é uma grande variável quando se trata de comportamento mecânico de solos. Em barragens, por exemplo, solos com elevada permeabilidade não são aconselhados para vedação do corpo do aterro, tendo em vista que o volume de água que pode vir à percolar pelos maciços deverá ser elevado, sobretudo para gradientes hidráulicos maiores. Tendo em vista a necessidade de se determinar a condutividade hidráulica do conjunto de solos que compuseram as amostras, foram moldados corpos de prova cilíndricos com 9.95cm de diâmetro e 12.74cm de altura, em umidade ótima e peso específico aparente seco máximo. Após a realização de três leituras consecutivas (em cada amostra), sem tendências crescentes e decrescentes, foram obtidos os dados de condutividade hidráulica para os três conjuntos de amostras estudadas. Os valores obtidos foram: Barragem rio Taió: $K = 6.9 \times 10^{-7} \text{cm/s}$; Barragem rio Perimbó: $K = 7.2 \times 10^{-8} \text{cm/s}$; Barragem rio Ribeirão Braço do Trombudo: $K = 5.9 \times 10^{-8} \text{cm/s}$. Em relação aos valores obtidos indiretamente para o ensaio de compressão unidimensional, constatou-se que os parâmetros de condutividade hidráulica por meio de ensaio convencional obtidos

para as três amostras estudadas enquadraram-se na faixas de valores mínimos e máximos.

4. CONCLUSÕES

As misturas propostas para os projetos das três barragens de terra dos rios Taió, Perimbó e Ribeirão Braço do Trombudo resultaram em solos finos, com predominância de partículas argilosas à siltosas, e presença de partículas arenosas. Curvas granulométricas bem graduadas, tais como se verificou para os materiais estudados, são mais recomendadas para barragens de terra, pois conforme descreve Terzaghi (1960), quanto mais bem graduado for um solo, menores serão as deformações necessárias para se mobilizar tensões nos corpos dos maciços terrosos.

Os teores de umidade naturais médios calculados para cada conjunto de amostragem se mostraram coerentes em relação as porcentagens de finos dos materiais, bem como se verificou também que os teores de umidade ótimos obtidos nas curvas de compactação estiveram diretamente relacionados com a porcentagem de grãos de argilas nas composições granulométricas.

Valores de peso específico de sólidos, tais como os encontrados para os materiais desta pesquisa, são típicos de granitoides da região de Rio do Sul, em Santa Catarina, nas proximidades da área de implantação das barragens estudadas.

As melhores relações obtidas para os as frações de diâmetros de grãos e índices de consistência se deram em correlações entre o limites de liquidez e a porcentagens de argilas, e o teor de umidade médio e porcentagens de siltes e argilas. Ou seja, verifica-se comportamento clássico de solos, em que o limite de liquidez é influenciado pelos teores de argilas nas composições granulométricas, e de forma também que os materiais finos com superfícies específicas maiores desenvolvam maiores tensões capilares, retendo naturalmente mais água nos solos.

É importante destacar que todas as amostras estudadas apresentaram comportamento não dispersivo ao serem submersos em água, o que é essencial para um material que ficará sob tal condição em períodos de cheias.

No que tange a rigidez dos materiais estudados, os ensaios de compressão unidimensional demonstraram que os comportamentos são distintos antes e após o ponto de inflexão na curva de compressibilidade, e também que estão associados à composição granulométrica. Os parâmetros de rigidez das tensões mobilizadas nos ensaios de cisalhamento direto não foram apresentados nesta pesquisa, uma vez que os autores tem acordo dos problemas ocasionados pelas rotações e concentrações de tensões ao longo dos planos cisalhantes. Inclusive, como sugestão para continuidade deste estudo, recomenda-se a execução de ensaios de compressão triaxial, com consolidação do corpo de prova e ruptura em condição não drenada. Sugere-se também avaliar o efeito causado pela variação do nível de

água no reservatório.

As pressões referentes as inflexões das curvas de compressibilidade, conforme método de Pacheco e Silva, equivalem a alturas de aterros da ordem de 7m à 10m. Se os projetos dos corpos destas barragens estiverem prevendo alturas de aterros maiores, a utilização de energias de compactações maiores seria uma alternativa para redução de deformações posteriores nos corpos dos aterros.

Os parâmetros de resistência ao cisalhamento obtidos para as composições granulométricas estudadas, em energias normal, se mostraram satisfatórios. É importante ressaltar que a execução de ensaios triaxiais sob diferentes trajetórias de tensões possibilitaria um entendimento mais preciso do comportamento destes materiais.

Os valores de coeficiente de permeabilidade obtidos indiretamente no ensaio de compressibilidade se mostraram muito próximos aos resultados obtidos no ensaio de permeabilidade com carga variável, padronizado. Isto reforça a eficácia do método, e atribui confiabilidade e credibilidade aos resultados obtidos. É importante destacar ainda que eles valores de mostraram bem reduzidos, menores que 10^{-7} cm/s, o que é essencial para o corpo de aterro de barragens de terra, uma vez que este terá a função de interromper um curso de água natural.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Grãos de solos que passam na peneira 4,8mm – Determinação da massa específica. NBR 6508.** Rio de Janeiro, 1984.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solo – Análise Granulométrica. NBR 7181.** Rio de Janeiro, 1984.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solo – Determinação do Limite de Liquidez. NBR 6459.** Rio de Janeiro, 1984.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR Solo – Determinação do Limite de Plasticidade. 7180.** Rio de Janeiro, 1984.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solo – Ensaio de Compactação. NBR 7182.** Rio de Janeiro, 1986.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13602. Solo Avaliação da dispersibilidade de solos argilosos pelo ensaio sedimentométrico comparativo Ensaio de dispersão SCS.** Rio de Janeiro, 1996. 5 p.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12007. Ensaio de adensamento unidimensional.** Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR-14545 – Solo: determinação de coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável.** ABNT. Rio de Janeiro. p. 12. 2000.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (2000) D4959, 07. Pensilvânia, Estados Unidos da América. *ASTM International.*

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (2004) D3080. Pensilvânia, Estados Unidos da América. *ASTM International.*

CRUZ, P.T. **100 Barragens Brasileiras – Casos Históricos, Materiais de Construção, Projeto.** Oficina de Textos, 517p., 1996.

ESPÍNDOLA, M. S.; GODOI, C. S.; MACCARINI, M.; OLIVEIRA, O. M. **Resistência ao Cisalhamento de Solos Compactados: A Influência da Variação do Peso Específico Aparente Seco.** In. XV Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2010.

HIGASHI, R. R. **Metodologia de uso e ocupação dos solos de cidades costeiras brasileiras através de SIG com base no comportamento geotécnico e ambiental.** Florianópolis: Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

TERZAGHI, K. *Discussion on settlement of Salt Springs and Lower Bear River concrete face dams. Transactions of the American Society of Civil Engineers*, v.125, p.II, pp.139-148, 1960.

CAPÍTULO XVI

INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS GEOTÉCNICAS PARA IMPLANTAÇÃO DA BARRAGEM SÃO BENTO DO UNA - PE

**Hosana Emilia Abrantes Sarmento Leite
Diana Damásio e Castro Lopes
Rafaella Teixeira Miranda
Maiara de Araújo Porto**

INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS GEOTÉCNICAS PARA IMPLANTAÇÃO DA BARRAGEM SÃO BENTO DO UNA - PE

Hosana Emilia Abrantes Sarmento Leite

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba
Monteiro – Paraíba

Diana Damásio e Castro Lopes

UNESCO

Recife – Pernambuco

Rafaella Teixeira Miranda

Techne Engenheiros Consultores Ltda
Recife – Pernambuco

Maiara de Araújo Porto

Techne Engenheiros Consultores Ltda
Recife – Pernambuco

RESUMO: O estudo geológico-geotécnico associado à implementação de uma barragem é complexo e envolve variadas etapas. Numa primeira abordagem classifica-se a região geologicamente, tendo por base estudos e investigações pré-existentes. Posteriormente, com informações adquiridas em visitas técnicas, define-se o plano de sondagens e identificam-se possíveis locais de empréstimo. As prospecções geotécnicas classificam o maciço rochoso sob o ponto de vista geológico-geotécnico, fornecendo informações de extrema importância para suporte da solução tecnológica adotada. São em visitas técnicas, onde se avalia a quantidade de material disponível versus distância ao eixo barrável e se identificam possíveis jazidas de material. Após identificação dos locais de empréstimo, é definido o corpo de ensaios, necessário para avaliação da qualidade do material destinado à aplicação no corpo da barragem e/ou nas suas estruturas complementares. Este artigo tem foco na pesquisa desenvolvida em prol da elaboração do projeto básico da Barragem de São Bento do Una, no Estado de Pernambuco. Após os estudos e ensaios elaborados, concluiu-se que o maciço na zona de implantação da barragem apresenta características compatíveis com a alternativa tecnológica escolhida e, por sua vez, também as jazidas disponíveis apresentam material bastante competente, passível de ser aplicado na barragem.

PALAVRAS-CHAVE: Barragem; eixo barrável; sondagens; ensaios; locais de empréstimo.

1. INTRODUÇÃO

O corrente artigo apresenta os serviços de campo realizados com a finalidade de subsidiar os estudos de elaboração do Relatório para a implantação da barragem São Bento, no município de São Bento do Una, Estado de Pernambuco.

O objetivo principal do estudo foi a caracterização do maciço rochoso ao

longo do eixo barrável selecionado e suas proximidades sob o ponto de vista geológico e geotécnico, bem como as características dos materiais naturais de construção. Neste relato estão analisados e discutidos os resultados do reconhecimento geológico-geotécnico de superfície e subsuperfície, da descrição dos testemunhos de sondagens rotativa e a percussão, os ensaios de perda d'água sob pressão e ensaios de caracterização dos materiais naturais de construção, os quais forneceram subsídios fundamentais para a elaboração do projeto básico da barragem.

2. INVESTIGAÇÕES REALIZADAS

2.1. Caracterização Geológica-Geotécnica

A caracterização geológico-geotécnica, realizada ao longo do eixo barrável, consta de um reconhecimento geológico de superfície e de subsuperfície, com o intuito de descrever sua tipologia, os principais parâmetros geotécnicos do maciço rochoso (grau de alteração, grau de fraturamento e coerência), bem como, sua permeabilidade e as descontinuidades presentes em relação à distribuição espacial.

Num estudo prévio foram definidos dois eixos: SBU 01 e SBU 02, chegando a conclusão que o primeiro seria mais adequado que o segundo. Foi realizada uma programação inicial de 11 (onze) sondagens, para o Eixo SBU 01. Posteriormente, o estudo hidrológico veio a revelar que o eixo SBU 01 não cumpria os requisitos no que concerne à capacidade do reservatório, tendo-se então proposto um novo eixo com uma topografia mais favorável, 50m a jusante, denominado de eixo SBU 03. Foi recomendado um novo plano, composto por 12 (doze) sondagens, como complemento das informações para o novo eixo (Eixo SBU 03). Dado que o terreno apresenta uma geologia similar ao Eixo SBU 01, a informação recolhida referente ao antigo eixo foi aproveitada para o estudo geológico. O eixo escolhido apresenta uma extensão de 1620 metros. Para o eixo SBU 03 foram analisadas duas hipóteses para a locação do eixo vertedouro (Eixo 01 Vertedouro e Eixo 02 Vertedouro).

A caracterização geológico-geotécnica do eixo barrável de São Bento do Una teve por objetivo principal subsidiar o projeto básico. Foram realizados reconhecimentos de campo, investigações diretas por meio de sondagens (rotativa e mista) e ensaios geotécnicos específicos. A metodologia utilizada pode ser resumida nos seguintes procedimentos:

- a) Aquisição e interpretação da base de dados;
- b) Caracterização tátil-visual dos testemunhos das sondagens executadas;
- c) Elaboração de seções geológico-geotécnicas verticais;
- d) Diagnóstico das condições de fundação.

A metodologia da descrição dos testemunhos de sondagens constou,

principalmente, da classificação litológica, do grau de alteração da rocha, do índice de fraturamento, da percentagem de recuperação do testemunho e do RQD. A permeabilidade e a condutividade hidráulica do maciço rochoso, ao longo do eixo barrável e suas proximidades, frente a percolação d'água através dos seus planos de descontinuidades (fraturas, falhas e fissuras), foram calculadas a partir dos ensaios padronizados de perda d'água sob pressão realizados nessa fundação, através dos furos de sondagens rotativas e mistas, conforme orientações do Manual de Sondagens da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE (Delatim, 2013).

Ao todo, a prospecção geotécnica contou com 23 (vinte e três) sondagens, denominadas SMS (no Eixo SBU 01) e SMP (no Eixo SBU 03 e Eixos do vertedouro), indicadas na Figura 1.

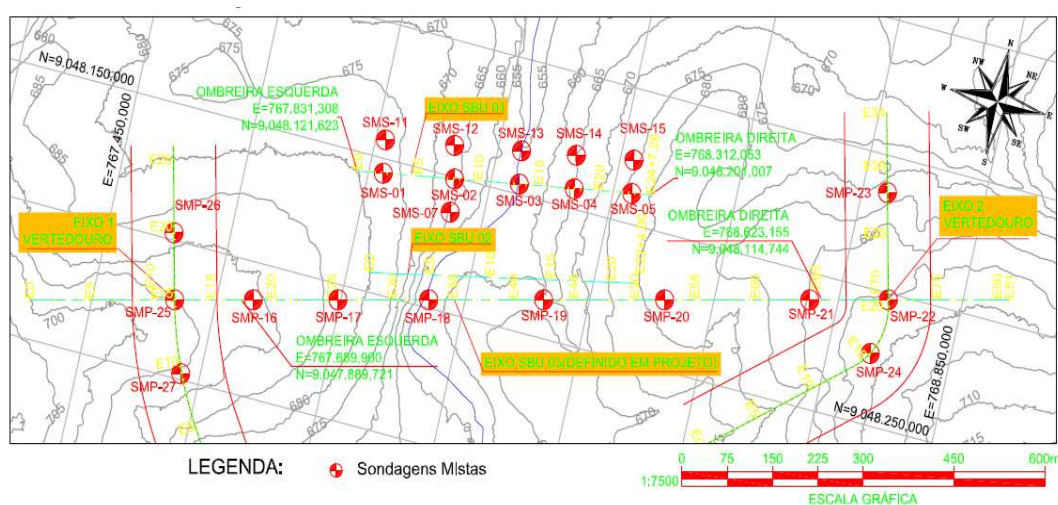


Figura 1. Localização das Sondagens realizadas nos Eixos SBU 01 e SBU 03.

2.2. Pesquisas de Materiais em Áreas de Empréstimo

Considerando que a solução mais viável para a Barragem São Bento do Una seria uma barragem de Terra/Enrocamento, foram estudadas várias jazidas tendo em conta os materiais disponíveis no local. Foram pesquisadas as seguintes ocorrências de materiais, com a qualidade requerida e na quantidade necessária: Solos, para utilização nas obras de terra; Areia, para utilização nos concretos e filtros; e Rocha, para utilização em enrocamentos, transições e agregados graúdos (brita) para filtro e para os concretos.

Para empréstimo de solo, foram estudadas 04 possíveis jazidas: 03, 04, 05A e 05B. As Figuras 2 e 3 ilustram as Jazidas 03 e 5B, respectivamente. A Tabela 1 apresenta o volume disponível e a localização dessas jazidas.

A alternativa estudada para empréstimo de areia foi localizada no rio Una, próximo da barragem (Figura 4). Foram localizadas três pedreiras a montante do eixo barrável, distando aproximadamente 800 m do eixo, denominadas Pedreira 01, 02 e 03 (Figura 5). Além disso, todo o material pétreo proveniente do material

rochoso escavado, será utilizado na construção da barragem.

Tabela 1. Volumes de Solos Disponíveis para Empréstimo.

Local	Área Pesquisada (m ²)	Espessura Média* (m)	Volume Disponível (m ³)	Expurgo (m)	Distância do eixo (m)	Posição
Jazida 03	240.000	0,80	192.000	0,20	600	Montante do eixo barrável, na margem direita do rio Una.
Jazida 04	280.000	0,50	192.000	0,50	1300	
Jazida 05A	80.000	1,00	64.000	0,20	1300	Jusante do eixo barrável, na margem direita do rio Una.
Jazida 05B	90.000	1,00	72.000	0,20	1400	



Figura 2. Empréstimo de solo (Jazida 03).



Figura 3. Empréstimo de solo (Jazida 05B).



Figura 4. Areal Rio Una.



Figura 5. Afloramento rochoso (Pedreira 3).

2.3. Ensaios de Laboratórios

Foram programados e realizados ensaios geotécnicos de laboratório com finalidade de proceder à caracterização dos materiais e obtenção das características de permeabilidade, resistência e deformabilidade dos solos de empréstimo, bem como das jazidas de areia e materiais pétreos. Também foram

realizados ensaios “In situ”. Os ensaios realizados e suas quantidades gerais são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Resumo dos Ensaio Laboratoriais e de Campo Realizados.

Ensaio Solos	Quantidade			
	Jazida 03	Jazida 04	Jazida 05A	Jazida 05B
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO, COMPACTAÇÃO E PERMEABILIDADE				
Umidade	27	18	15	13
Massa Específica Real dos Grãos	27	18	15	13
Densidade Natural	27	18	15	13
Limite de Liquidez	27	19	15	13
Limite de Plasticidade	27	19	15	13
Granulometria por Peneiramento	27	18	15	13
Granulometria por Sedimentação	27	18	15	13
Proctor Normal (Compactação)	27	18	14	13
Permeabilidade	3	2	2	2
ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO DA DISPERSIVIDADE DE SOLOS ARGILOSOS				
Ensaio químico	4	2	2	1
ENSAIOS ESPECIAIS				
Triaxial UU - ensaio não consolidado e não drenado	4	2	2	1
Expansão livre	2	1	1	1
Pressão de expansão	2	1	1	1
Ensaio Areia e Rocha				
	Quantidade			
	Areal	Pedreira		
Granulometria por Peneiramento	3			
Densidade Real	3			
Ensaio Pulverulente	3			
Permeabilidade a carga constante	3			
Análise Petrográfica com ênfase a RAA	1	1		

No empréstimo de solo, em amostras deformadas, foram realizados ensaios de caracterização (Preparação das amostras de solo para segundo a norma NBR 6457/86, Determinação da Massa Específica dos grãos segundo a NBR 6508/84, Ensaio de Granulometria de acordo com a NBR 7181/84, Determinação do Limite de Plasticidade e do Limite de Liquidez recorrendo às normas NBR 7180/84 e NBR 6459/84 respectivamente), além da determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável de acordo com a NBR 14545/00 e ensaio de compactação segundo a NBR 7182/86.

O ensaio de compactação foi realizado para a energia Proctor Normal. A mesma energia foi aplicada para o ensaio de permeabilidade, realizado em permeômetro de carga variável.

Para caracterização do potencial expansivo dos solos de empréstimo foram realizados ensaios de pressão de expansão e expansão livre, segundo a NBR 12007/90. E para obtenção das características de resistência e deformabilidade

dos solos de empréstimo foram realizados ensaios triaxiais, segundo a BS 1377-7:1990.

Ainda foram realizados no material de empréstimo ensaios para avaliação da dispersibilidade de solos Argilosos através de ensaios químicos (CTC). Este ensaio, feito por espectrofotometria, permite a determinação das quantidades de cátion presentes de sódio, cálcio, magnésio e potássio, expressas em miliequivalentes por litro (meq/litro); a partir destes dados são obtidos três parâmetros de análise, que por meio de um ábaco caracteriza-se a condição dispersiva, questionável ou não dispersiva do solo ensaiado.

Para caracterização do potencial expansivo dos solos de empréstimo foram realizados ensaios de pressão de expansão e expansão livre, segundo a NBR 12007/90. E para obtenção das características de resistência e deformabilidade dos solos de empréstimo foram realizados ensaios triaxiais, segundo a BS 1377-7:1990.

Ainda foram realizados no material de empréstimo ensaios para avaliação da dispersibilidade de solos Argilosos através de ensaios químicos (CTC). Este ensaio, feito por espectrofotometria, permite a determinação das quantidades de cátion presentes de sódio, cálcio, magnésio e potássio, expressas em miliequivalentes por litro (meq/litro); a partir destes dados são obtidos três parâmetros de análise, que por meio de um ábaco caracteriza-se a condição dispersiva, questionável ou não dispersiva do solo ensaiado.

Os materiais coletados nas jazidas de areia foram submetidos a análise granulométrica por peneiramento (NBR 7217/87 e DNER-ME-083/98), densidade real (NBR NM 52/09 e DNER-ME-084/95), teor de materiais pulverulentos (NBR-7219/87 e DNER-ME-266/97), permeabilidade constante (NBR 13292/95) e análise petrográfica (NBR 7389-1/09).

Os materiais pétreos foram coletados na pedreira 01, 02 e 03. A amostra da Pedreira 01 foi submetida a análise petrográfica, objetivando detectar a possível ocorrência de RAA (Reação Álcalis Agregado) no concreto (NBR 7389-2/09).

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS GERAIS

O município de São Bento do Una está localizado na mesorregião Agreste e na microrregião Vale do Ipojuca do Estado de Pernambuco. Possui uma área de 726.964 km², o que corresponde a 0,72% do território de Pernambuco. A sede do município encontra-se a uma altitude de aproximadamente 614 metros.

O curso de água barrado será o do rio Una, que possui cerca de 255 km de extensão e têm sua nascente localizada na serra de Boa Vista, município de Capoeiras, estado de Pernambuco. Sua direção é, em geral, oeste-leste, mostrando-se intermitente até a cidade de Altinho; em seguida, torna-se perene.

O município de São Bento do Una insere-se na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, região montanhosa formada por maciços e outeiros altos. O relevo é movimentado, variado de ondulado a montanhoso, com a presença de

vales profundos e estreitos dissecados.

No contexto geológico, a área de estudo encontra-se inserida na Província Borborema, definida por Almeida *et al.* (1977).

Segundo o Serviço Geológico do Brasil (Beltão *et al.*, 2005), o município de São Bento do Una é constituído pelas litologias da Suíte Intrusiva Leucocrática Peraluminosa, da Suíte Serra de Taquaritinga e dos Complexos Cabrobó e Belém de São Francisco (Figura 6).

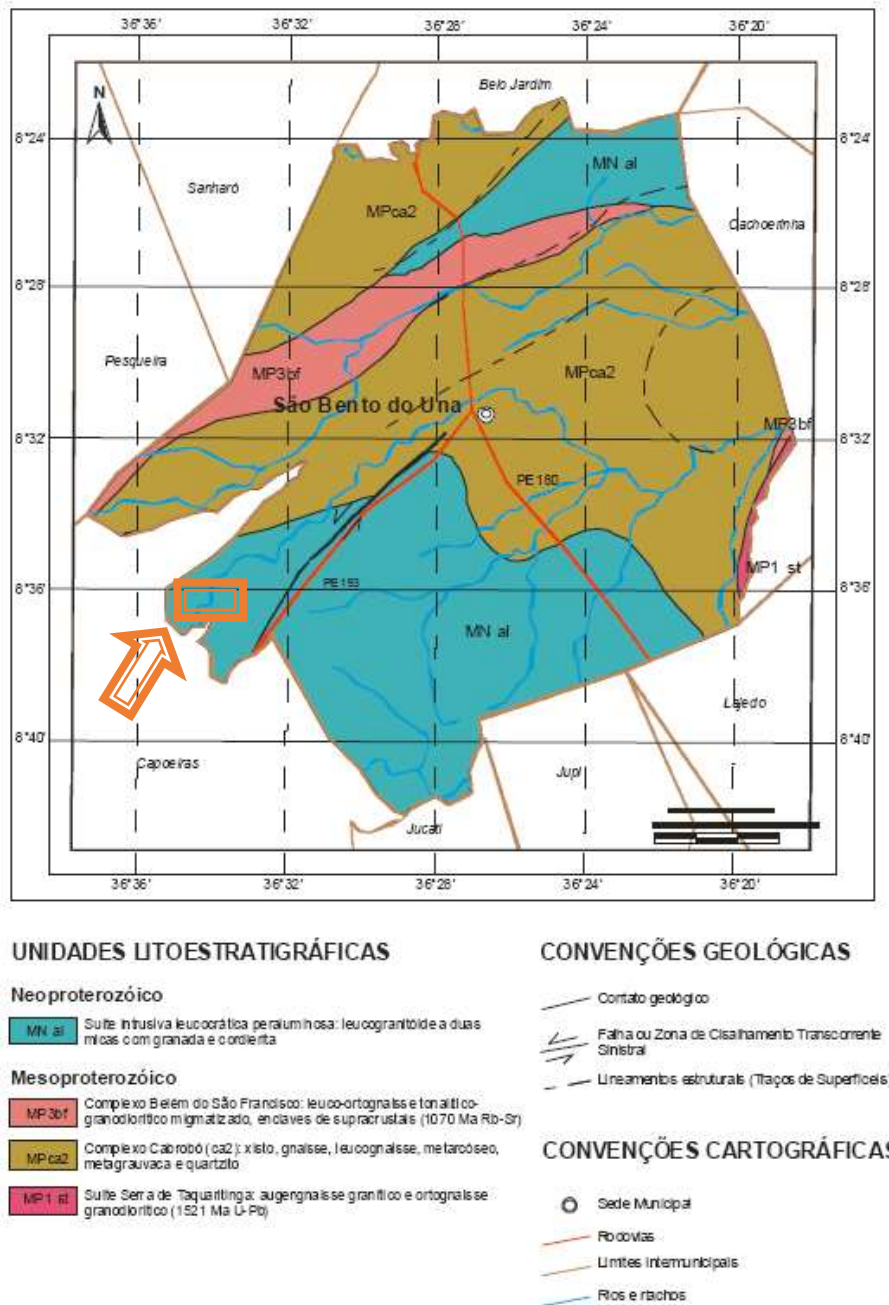


Figura 6. Mapa Geológico do Município de São Bento do Una com a Localização aproximada do Local de Implantação do Eixo da Barragem. Fonte: Beltão *et al.*, 2005.

Em trabalho desenvolvido posteriormente (Guimarães, 2008), a CPRM registra a ocorrência de metatexito (variedade de migmatito com leucossoma discreto, mesossoma e melanossoma) nas imediações da região de São Bento do Una. A leste da sede do município, os mesossomas ocorrem como tonalitos a diorito. Ao sul, são encontrados os mesossomas já descritos intercalados com leucossomas sienograníticos, cujos contatos são bruscos.

Na região de São Bento do Una, a maior parte da área da bacia do rio Una é composta pelo complexo migmatítico-granitóide, com participação equilibrada entre granitos e migmatitos. Os migmatitos possuem composição preferencialmente granodiorítica; o neossoma é quartzo-feldspático e o paleossoma anfibolítico. A principal estrutura de caráter regional é uma falha transcorrente sinistral que estende-se de Capoeiras a São Bento do Una com direção variando de NE-SW a NNE-SSW. Complementativamente, ocorrem falhas transcorrentes dextrais de menor expressão. O quaternário é representado por depósitos areno-argilosos de aluviões (depósitos fluviais). Na área dimensionada para a barragem, a espessura do solo residual é pequena.

Do ponto de vista hidrogeológico, a região de São Bento do Una enquadra-se dentro do Domínio Hidrogeológico Fissural (Beltão *et al.*, 2005).

A visita a campo mostrou que os afloramentos rochosos estão distribuídos, principalmente, ao longo das ombreiras direita e esquerda e próximo ao leito do rio Una. Foi possível verificar a presença de uma rocha metamórfica, um gnaisse de granulação média a grossa, fraturado, e cuja superfície encontrava-se oxidada e alterada. Os afloramentos estavam expostos na forma de lajedos, matacões e blocos rolados. No leito do rio e em suas imediações, observam-se depósitos aluvionares de areia média a grossa e mal selecionada. Solos residuais estão distribuídos ao longo de toda área de implantação da barragem.

4. SITUAÇÃO GEOLÓGICA/GEOTÉCNICA DO EIXO BARRÁVEL

A análise das sondagens mistas e a visita técnica a campo mostraram que o local de implantação do eixo barrável é marcado pela presença de rochas cristalinas. Nas Figuras 7 e 8 apresenta-se uma vista de jusante e montante do eixo, respectivamente. Na Figura 9 ilustra-se o perfil geológico no eixo da barragem e nos eixos para o vertedouro.



Figura 7. Vista à jusante do barramento.



Figura 8. Vista à montante do barramento.

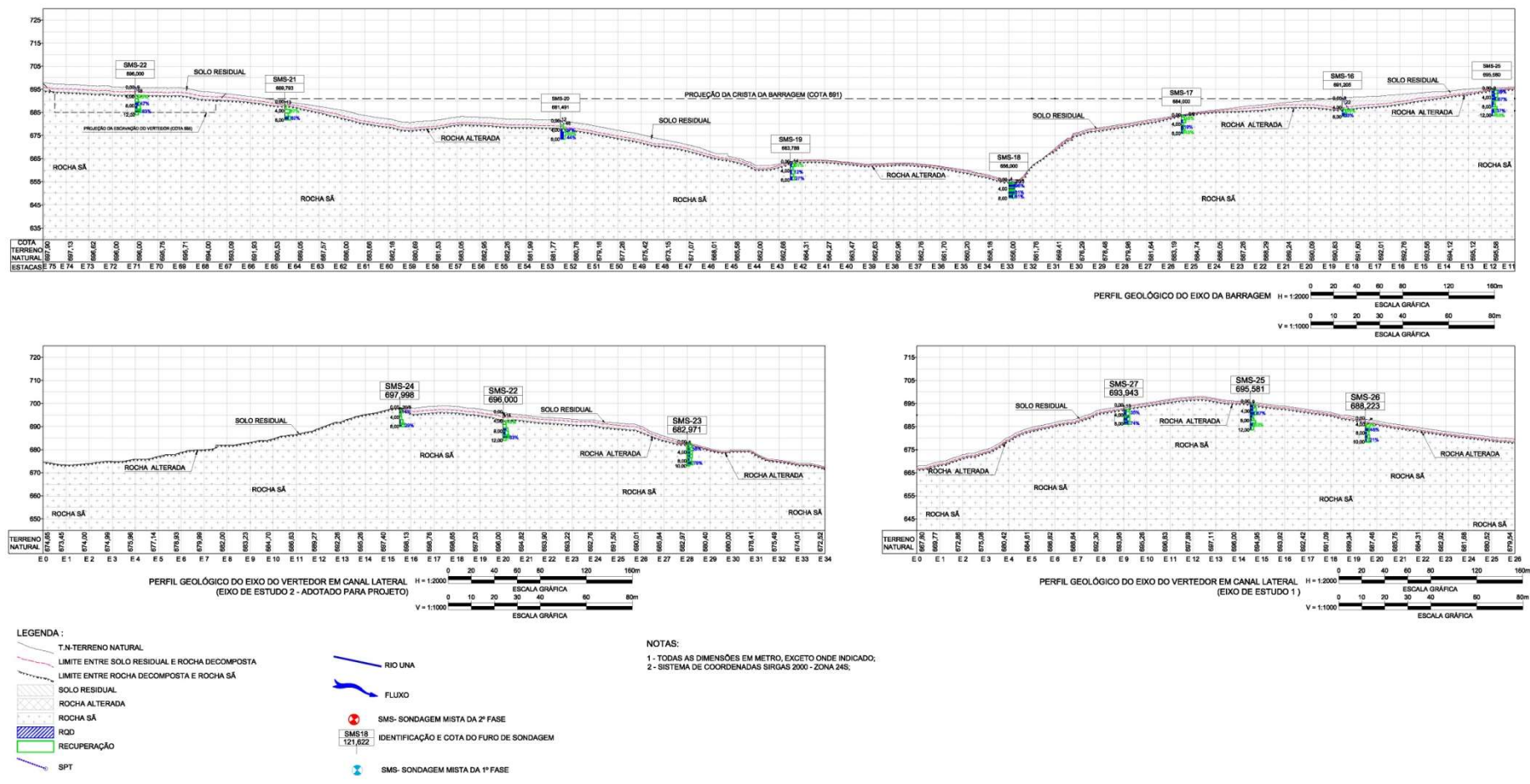


Figura 9. Perfis Geológico do eixo da barragem e dos eixos para o vertedouro.

Do ponto de vista litológico predomina gnaiss, cuja foliação metamórfica possui um ângulo de mergulho variando de 30° a 45°, migmatito composto de leucossoma e melanossoma e granito. Sondagens realizadas a jusante mostram que xisto e quartzito ocorrem de maneira subordinada e pontual (SMS-11, SMS-13, SMS-14). Em menor expressão ocorrem pegmatitos não mineralizados (SMS-03 e SMS-14). Famílias de diaclases e os diques de pegmatito e quartzo compartimentam o maciço rochoso.

De uma maneira geral, verificou-se que a espessura de solo residual é pouco significativa, apresentando em média 1,50 metros. No eixo, as sondagens SMP-25, SMP-17 e SMP-19 têm camadas de solo com espessura média menor que 1 metro, já a sondagem SMP-16 apresentou expressivos 4,50 metros.

Com relação as propostas para o eixo do vertedouro, as sondagens realizadas a montante (SMP-27) e a jusante (SMP-26) do Eixo 1 possuem 1,50 e 2,25 metros de solo. Quanto ao Eixo 2, as sondagens SMP-24 (montante) e SMP-23 (jusante) apresentam camadas muito pouco expressivas de solo, tendo 0,20 e 0,70 metros de espessura.

O granito presente exibe sinais de oxidação nas suas descontinuidades e encontra-se, em alguns locais, intercalado com níveis de alteração elevada. Essa configuração é indicativa de que o maciço granítico pode ter sofrido penetrações de água ao longo de suas fraturas.

O gnaiss possui direção predominantemente NW-SE, ou seja, está disposto paralelamente ao eixo da barragem. É importante indicar que, normalmente, o contato entre um corpo intrusivo, neste caso o granito, e as rochas do embasamento, apresenta uma maior abundância de diaclases, o que confere um maior grau de fraturamento neste contato.

Observa-se em algumas sondagens dispostas ao longo do eixo barrável que o gnaiss e o migmatito encontram-se em cotas topográficas mais superficiais que o granito (SMP-18, SMP-20); este quadro inverte-se na sondagem SMP-21. Essa configuração aponta para a possibilidade dos corpos rochosos estarem dobrados. Tal caracterização geológica sugere a presença de uma zona de cisalhamento próximo ao local de implantação da barragem, o que indicaria que as rochas foram submetidas a deformações em regime dúctil-rúptil.

Quanto aos principais parâmetros geomecânicos, observa-se que o maciço rochoso apresenta um grau de alteração bastante variado, estando a maior alterabilidade condicionada ao seu comportamento estrutural. Quanto ao grau de fraturamento ocorrem predominantemente rochas entre as classes F3 a F4. Assim sendo, o maciço rochoso apresenta-se medianamente a muito fraturado (conforme Oliveira & Brito, 1998).

Os solos residuais de cobertura, pouco espessos, e o maciço rochoso intensamente meteorizado são caracterizados por possuírem um grau de permeabilidade baixo (segundo Terzaghi & Peck, 1967). Devido a sua natureza superficial, não confinada e de recarga principalmente pluviométrica, encontram-se, possivelmente, condicionados por efeitos climáticos sazonais.

Quanto ao maciço rochoso, quando este apresenta-se pouco alterado

(classe A2 segundo Camargo *et al.*, 1972) e pouco fraturado (classe A2 segundo ABGE, Oliveira & Brito, 1998), caracteriza-se por possuir uma permeabilidade baixa, podendo ser impermeável em alguns trechos (perda d'água nula). A análise conjunta de suas características geomecânicas e da topografia do local de implantação do eixo barrável sugere a presença de zonas de descontinuidades, arrançadas de maneira paralela e mergulhando em sentido ao eixo. Esta possibilidade é apontada pelo fato de que 6 das 8 sondagens locadas no eixo possuem trechos de espessuras variantes com RQD zero ou abaixo de 25%. Complementarmente, nestas zonas de descontinuidades o grau de fraturamento aumenta e as perdas d'água são maiores, indicando que elas possivelmente condicionam a percolação de água no maciço rochoso. É importante frisar que o plano de injeção exploratório deve levar em consideração a presença dessas possíveis zonas.

O comportamento estrutural do maciço rochoso não influencia na potencialidade do material para empréstimo, visando a utilização deste para enrocamento da barragem. O principal fator a ser levado em consideração é o grau de alterabilidade do material, devendo a rocha estar pouco alterada a sã. Tanto o gnaisse, como o migmatito e o granito podem ter tal utilização, sendo necessário a realização de ensaios de caracterização laboratorial que avaliem a qualidade do material potencialmente explorável.

5. ANÁLISE DOS ENSAIOS GEOTÉCNICOS DE LABORATÓRIO

5.1. Material de Empréstimo de Solo

Após realização de ensaios de caracterização, os solos estudados para material de empréstimo foram classificados no Sistema Unificado de Classificação dos Solos – SUCS.

Na Jazida 03 foram realizados 33 poços de inspeção, dos quais 27 foram ensaiados. Os solos são classificados essencialmente como areias argilosas (SC) e areias siltosas (SM). Na Jazida 04 os solos enquadram-se como areias argilosas (SC). Na Jazida 05A os solos foram classificados essencialmente como siltes de baixa compressibilidade (ML), areias argilosas (SC) e argilas de baixa compressibilidade (CL). Na Jazida 05B estão presente solos CL e SC.

Em geral, estes tipos de solos, principalmente as areias argilosas (SC), são indicados para utilização em núcleos de barragem de terra, por apresentarem alto teor de finos, que conferem ao solo, baixa permeabilidade e pela sua boa trabalhabilidade. É recomendável pela impermeabilidade e ângulo de atrito favorável à estabilidade. Tal como as areias argilosas, as argilas de baixa compressibilidade (CL), são indicados para utilização em núcleos de barragem de terra, por apresentarem alto teor de finos. Este tipo de solo ao receber água, tende a tornar-se plástico. Apresenta maior grau de estabilidade quando seco. No caso de uso de solos siltosos inorgânicos de baixa compressibilidade (ML), estes solos

podem ser indicados para aterros por apresentar características de impermeabilidade, contudo, para que seja garantida a estabilidade do maciço será necessário acompanhar adequadamente todo o processo de compactação.

Nesse artigo serão discutidos detalhadamente apenas os ensaios da Jazida 3. A Tabela 3 apresenta o resumo dos ensaios de caracterização desta Jazida.

Tabela 3. Quadro Resumo com Resultados dos Ensaio de Caracterização (Jazida 03).

Amostra	Compactação		Consistência			Granulometria					Classificação do solo
	W _{ót} m (%)	□ _{dmáx} (g/cm ³)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Pedregulho (%)	% passa # 200	
P1J3	11,80	1,92	28,09	19,99	8,10	12,80	22,20	61,04	3,96	37,59	SC
P3J3	13,55	1,94	40,49	30,07	10,42	10,00	15,00	24,56	50,44	26,98	SM
P5J3	15,35	1,88	31,09	20,04	11,05	12,50	25,50	53,34	8,66	42,50	SC
P7J3	16,60	1,90	49,61	32,37	17,24	27,00	27,50	24,26	21,24	57,94	ML
P9J3	13,25	1,95	38,06	24,13	13,93	18,00	28,00	43,24	10,76	53,50	CL
P11J3	13,45	2,05	33,88	21,62	12,26	18,50	21,50	51,06	8,94	45,15	SC
P13J3	11,70	1,93	34,35	21,35	13,00	9,50	23,50	38,56	28,44	35,20	SC
P15J3	10,75	2,07	25,20	19,30	5,90	9,50	11,00	50,94	28,56	22,86	SC-SM
P17J3	13,20	1,83	27,59	20,68	6,91	9,00	16,00	52,34	22,66	26,89	SC-SM
P19J3	11,50	1,89	25,70	19,87	5,83	8,00	14,50	54,70	22,80	23,55	SC-SM
P21J3	11,70	1,94	32,07	23,68	8,39	12,00	20,70	49,32	17,98	35,00	SC
P23J3	12,35	1,88	33,33	23,08	10,25	10,70	26,30	42,34	20,66	39,89	SC
P25J3	12,75	2,02	36,63	24,17	12,46	16,50	21,50	42,26	19,74	44,20	SC
P27J3	13,83	1,92	40,71	25,77	14,94	30,00	19,50	37,62	12,88	52,75	ML
P29J3	13,30	1,80	32,81	21,40	11,41	18,50	25,50	46,72	9,28	47,97	SC
P31J3	12,20	1,86	42,16	26,98	15,18	19,00	26,00	36,32	18,68	49,50	SM
P35J3	9,50	2,01	28,19	21,30	6,89	8,50	18,50	57,22	15,78	29,44	SC-SM
P37J3	18,00	1,71	46,42	30,17	16,25	26,50	23,00	33,86	16,64	53,00	ML
P39J3	18,05	1,73	45,05	30,04	15,01	19,70	21,30	29,22	29,78	42,89	SM

P43J	11,3	1,97	30,09	19,83	10,26	15,00	20,00	52,52	12,48	37,50	SC
P45J	11,3	1,91	26,29	20,64	5,65	11,30	22,70	51,70	14,30	38,12	SC-SM
P51J	12,3	1,77	38,99	25,09	13,90	17,50	21,00	34,94	26,56	41,48	SC
P53J	18,3	1,68	45,39	30,32	15,07	33,00	32,50	29,88	4,62	70,01	ML
P55J	16,3	1,79	40,94	28,30	12,64	22,00	23,50	35,58	18,92	48,00	SM
P57J	15,3	1,81	41,30	27,09	14,21	38,00	30,50	24,27	7,23	71,92	ML
P59J	12,3	1,86	37,69	25,33	12,36	19,50	24,50	30,22	25,78	46,97	SM
P61J	12,3	1,97	NL	NP	-	8,40	18,10	55,10	18,40	29,58	-

Os ensaios de compactação (Proctor Normal) apresentaram valores de umidade ótima entre 9,50 e 18,70% (média = 13,48% e Desvio Padrão = 2,34) e peso específico máximo entre 1,68 e 2,07 g/cm³ (média = 1,89g/cm³ e Desvio Padrão = 0,10) na Jazida 03. A umidade média do solo nesta jazida foi de 4,99% e a massa específica dos grãos de 2,65 g/cm³. Os ensaios de permeabilidade realizados nas amostras P15J3, P23J3 e P57J3, apresentaram um valor médio de $7,14 \times 10^{-7}$ cm/s, resultado favorável para material de núcleo de barragem.

Ensaio especiais de pressão de expansão e expansão livre realizados nas amostras P45J3 e P57J3 do empréstimo 03, mostraram deformações de 2,5 e 6,5%, respectivamente, sendo a expansão da amostra P57J3 considerável. As pressões de expansão obtidas foram: 8,0kPa e 34,0kPa para as amostras P45J3 e P57J3. Desta forma, os resultados obtidos para a amostra P45J3 não são preocupantes, mas a pressão obtida para a amostra P57J3 é significativa, devendo-se, portanto realizar nova campanha de ensaios deste tipo, por forma a averiguar a possibilidade de se tratar realmente de um solo expansivo.

Relativamente à atividade da fração argilosa, avaliada pelo Índice de Plasticidade e pela Percentagem de Argila, verificou-se que a grande maioria das amostras apresentou atividade baixa ou normal. Os ensaios para avaliação da dispersão dos solos, através de ensaio químico, realizados nas amostras P35J3, P45J3, P57J3 e P61J3 não demonstraram tendência de comportamento dispersivo.

A Tabela 4 apresenta os valores dos parâmetros da coesão e do ângulo de atrito obtidos pelo ensaio triaxial não consolidado e não drenado, realizado em amostras com um grau de compactação de 95% e na umidade ótima.

Tabela 4. Resultados dos Ensaio Triaxiais (Jazida 03).

Jazida	Poço de Inspeção	Coesão (kPa)	Ângulo de Atrito
Empréstimo 03	P35J3	74	24°
Empréstimo 03	P45J3	32	17°
Empréstimo 03	P57J3	64	20°
Empréstimo 03	P61J3	33	30°

5.2. Material de Empréstimo de Areia

Foram realizados ensaios de granulometria por peneiramento nas três amostras de areia do Rio Una que apresentaram uma granulometria de areia média. Os ensaios para a determinação da massa específica aparente apresentaram valores entre 1,42 e 1,45 kg/dm³ (média = 1,43% e Desvio Padrão = 0,02). A média dos valores do ensaio de permeabilidade a carga constante foi de $2,87 \times 10^{-2}$ cm/s.

Os ensaios para avaliação da presença de impurezas no agregado, através do ensaio pulverulento, apresentaram valores muito baixos, inferiores a 1%, não comprometendo a qualidade da areia, no que concerne a este aspecto.

Segundo o ensaio de análise petrográfica com ênfase a RAA (Reação Álcalis Agregado), trata-se de uma areia com grãos sub-arredondados a angulosos, cuja mineralogia é predominantemente composta por quartzo e feldspato. A porcentagem de quartzo é elevada, com índice de 60% na amostra analisada. As variedades de feldspato são essencialmente: feldspato potássico e plagioclásio. A predominância de quartzo e fragmentos líticos ricos em quartzo e feldspato deve-se ao fato que estes são, respectivamente, resistentes e medianamente resistentes ao intemperismo, o que está relacionado com a tipologia climática da região onde os processos de intemperismo atuaram. O material arenoso apresentou características que o tornam passível de ser utilizado como agregado miúdo em concreto, tendo sido recomendada a utilização de aditivos, de forma a combater as possíveis reatividades.

5.3. Materiais Pétreos

A análise petrográfica com ênfase a RAA (Reação Álcalis Agregado), indicou tratar-se de uma rocha ígnea, de cor branca acinzentada com textura equigranular fina. Os minerais observados são essencialmente plagioclásio, feldspato potássico, biotita, muscovita e quartzo. Em suma, trata-se de um material passível de ser utilizado como agregado graúdo em concreto, tendo sido recomendada a utilização de aditivos, de forma a combater as possíveis reatividades.

6. CONCLUSÃO

As principais litologias encontradas no eixo do barramento foram o gnaiss, que se apresenta em alguns pontos migmatizado e o granito, possivelmente pertencente a suíte intrusiva leucocrática peraluminosa. O gnaiss apresenta foliação com ângulo de mergulho variando preferencialmente de 30° a 45°. Assim sendo, sua direção é NW-SE, ou seja, os corpos estão dispostos paralelamente ao eixo da barragem.

A prospecção geotécnica aponta para a possibilidade dos corpos rochosos

estarem dobrados. As sondagens SMP-16, SMP-17, SMP-19, SMP-20, SMP-21, SMP-22 e SMP-25 indicaram um RQD menor que 30% em profundidades próximas a 6,00 metros, chegando em algumas a atingir 0%. Este fato, aliado ao intenso fraturamento (F3/F4) que a rocha possui neste trecho, pode indicar a presença de uma descontinuidade ao longo do eixo do barramento.

Indícios de que existe percolação de água neste trecho, também se faz presente, uma vez que existe intercalações de material alterado, com material são. A existência dessa descontinuidade, de uma ombreira a outra, deve ser levada em consideração para a adequação de um plano de injeção eficiente.

Os solos de empréstimo são viáveis tecnicamente e satisfatórios em termos de volume disponível para utilização em aterros, sendo a maioria das amostras classificadas com SC, SM, ML e CL no Sistema Unificado de Classificação dos Solos – SUCS. Tanto o material arenoso como o material pétreo apresentaram características satisfatórias para aplicação filtros e concretos, contudo é recomendável a utilização de aditivos, por forma a prevenir possíveis reatividades (RAA).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a TECHNE Engenheiros Consultores e a SEINFRA/PE pela liberação dos dados e suporte oferecido.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. **Províncias estruturais brasileiras**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 1977, Campina Grande. Anais. p. 363-391.

BELTÃO, B.A.; MASCARENHAS, J.C.; MIRANDA, J.L.F.; JUNIOR, L.C.S.; GALVÃO, M.J.T.G.; PEREIRA, S.N. **Diagnóstico do Município de São Bento do Una**. Recife: Serviço Geológico do Brasil, Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea – Estado de Pernambuco, 2005.

CAMARGO, F.P. *et al.* **Características Geomecânicas de Maciço Rochoso de Fundação das Estruturas de Concreto da Barragem de Ilha Solteira**. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS, 1972, vol.1, CBGC, São Paulo. 1972.

DELATIM, I.J. (Coord.). **Manual de Sondagens - Boletim nº 3**. 5. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 2013. 73 p.

GUIMARÃES, I.P. (Coord.). **Geologia da Folha Venturosa – SC.24-X-B-V**. Serviço Geológico do Brasil, Programa Geologia do Brasil – Levantamentos Geológicos

Básicos, Sistema de Informações Geográficas – SIG, 2008.

OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. **Geologia de Engenharia**. 1. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. 576 p.

TERZAGHI, K.; PECK, R.B. **Soil Mechanics in Engineering Practice**. 2. Ed.: John Wiley & Sons. New York: 1967. 729 p.

ABSTRACT: The geological-geotechnical study associated to the implementation of a dam is complex and involves different stages. On a first approach, a geological classification of the region is made, based on pre-existing studies and investigations. Subsequently, based on technical visits information, the foundation boring plan is defined and extraction pit are identified. The geotechnical prospectations allow you to classify the rock mass under the geological-geotechnical point of view, providing important information which supports the technological solution adopted. The technical visits, permits you to evaluate the quantity of available material versus distance to the dam axis, providing the information needed to identify possible borrow pit. Afterwards, the group of geotechnical tests necessary to evaluate the quality of the material for application in the dam or in it's complementary structures is defined. This article focuses the research developed in order to elaborate the basic project of São Bento do Una dam, in the state of Pernambuco. Based on the collected information and the geotechnical test results, it was possible to conclude that the characteristics presented by the dam implantation site are compatible with the technological alternative selected. On the other hand, the studied material deposits revealed quite competent material, able to be used on the dam construction.

KEYWORDS: Dan; barbell shaft; polls; loan locations.

Sobre o organizador

EDUARDO DE LARA CARDOZO é mestrando no Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Ponta Grossa-PR. Especialista em Espaço, Sociedade e Meio Ambiente pela Faculdade Internacional de Curitiba (FACINTER) em parceria com o Instituto Brasileiro de Pós-Graduação e Extensão (IBPEX); Especialista em Educação Profissional Integrada a Educação Básica na Modalidade Educação de Jovens e Adultos pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Ponta Grossa-PR; Especialista em Educação a Distância, pela FACEL, Curitiba-PR e Especialista em EJA no Sistema Prisional, pela Faculdade EFICAZ – Maringá – PR. Tem experiência como tutor do ensino superior pelo Sistema Universidade Aberta do Brasil (UAB) em parceria com a Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Professor da rede Estadual de Ensino do Estado do Paraná, na disciplina de Geografia. E-mail: edularacardozo@ig.com.br

SOBRE OS AUTORES

ALESSANDRA CRISTINA CORSI Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação do curso de Especialização em Investigação do Subsolo: Geotecnia e Meio Ambiente Graduação em Geologia pela Universidade de São Paulo; Graduação em Geologia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP; Doutora em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP; Membro do grupo de pesquisa Gestão de Riscos de Desastres do Diretório de Pesquisa Lattes. E-mail: accorsi@ipt.br

ANDRÉ LUIZ FERREIRA Graduação em Geografia pela Universidade de São Paulo; E-mail: andrel@ipt.br

ANDRÉA JAEGER FORESTI Possui graduação em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (1986), graduação em Serviço Social pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (2004), especialização em Meio Ambiente e Sociedade pela Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo (2008) e mestrado em Engenharia Civil pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2015). Pesquisadora na área de Gestão de Riscos de Desastres Socionaturais. Fundadora do INSTITUTO REDECRIAR, em 2005. Atuou entre janeiro de 2005 até março de 2013 como gestora de projetos de Educação para o Desenvolvimento Sustentável em Escolas da Rede Pública de Ensino e Associações Comunitárias no desenvolvimento de projetos de geração de trabalho e renda. Atualmente é responsável técnica pelo Projeto Transferência e Reaplicação da Tecnologia Social Redecriar Joias Sustentáveis a partir do convênio com a Fundação Banco do Brasil no âmbito do Programa Nacional de Habitação Urbana. E-mail: andreaforesti@gmail.com

AROLD DO FIGUEIREDO ARAGÃO Geólogo na empresa Ecology Suporte Ambiental e Engenharia; Graduação em Geologia pela Universidade Federal do Amazonas (2003); E-mail para contato: aroldo.ecology@gmail.com

AUGUSTO ROMANINI Professor da Universidade do Estado de Mato Grosso campus universitário de Sinop, curso de Engenharia Civil e Universidade de Cuiabá em Sinop, campus aeroporto, curso de Engenharia Civil; Graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Mato Grosso campus universitário de Sinop; E-mail para contato: augusto.romanini@gmail.com

BRAHMANI SIDHARTHA TIBÚRCIO PAES Graduação em engenharia civil pela Universidade Federal de Viçosa. Mestrado em engenharia civil, na área de concentração geotecnia, pela Universidade Federal de Viçosa. E-mail para contato: brahmani@live.com

CAMILA BERTAGLIA CAROU Geógrafa mestranda em Geografia Física na Universidade de São Paulo (USP). Atualmente é pesquisadora estudante do Programa Novos Talentos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). Possui experiência na área de Geomorfologia, com ênfase em movimentos gravitacionais de massa, Pedologia e Mapeamento de áreas de risco.

CELSO TODESCATTO JUNIOR Graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Mato Grosso campus universitário de Sinop; E-mail para contato: celsojunior1908@hotmail.com

CLAUDIO LUIZ RIDENTE GOMES Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Habitação: Planejamento e Tecnologia; Graduação Tecnologia em Construção Civil - modalidade: Movimento de Terra e Pavimentação pelo Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza; Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas; Membro do grupo de pesquisa Gestão de Riscos de Desastres do Diretório de Pesquisa Lattes. E-mail: aranja@ipt.br

CORNELIA ECKERT Graduação em Bacharelado em História (1981) e em Licenciatura em História pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1980), mestrado PPGAS IFCH UFRGS (1985), doutorado em Antropologia Social - Paris V - Sorbonne, Université Renne Descartes (1991). Realizou programa de pós-doutorado em Antropologia Sonora e Visual, Paris VII (2001) e realizou programa de pós-doutorado no Institute for Latin American Studies na Freie Universität Berlin, Alemanha em 2013. Professora Titular do Departamento de Antropologia e do Programa de Pós-graduação em Antropologia Social na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Linhas de pesquisa antropologia visual e imagem, antropologia urbana, antropologia e meio ambiente. Coordenadora do BIEV portal www.biev.ufrgs.br e do Núcleo de Antropologia Visual (NAVISUAL). É pesquisadora do NUPECS (PPGAS UFRGS) do CEPED (UFRGS). Edita a Revista Eletrônica Iluminuras, participa da Comissão Editorial Executiva Revista Horizontes Antropológicos e da Revista do Núcleo Interdisciplinar sobre Estudos do Envelhecimento/UFRGS. E-mail: chicaeckert@gmail.com

DANIEL GALVÃO VERONEZ PARIZOTO Professor da Universidade Federal de Santa Catarina; Graduação em Geografia pela Universidade do Sagrado Coração; Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade Estadual de Londrina; Doutorado em Riscos Geológicos pela Universidade Federal de Santa Catarina; Grupo de pesquisa: GEDN – Grupo de Estudos em Desastres Naturais; E-mail para contato: daniel_parizoto@hotmail.com.

DIANA DAMÁSIO E CASTRO LOPES Graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Porto; Mestrado em Geotecnia pela Universidade do Porto; E-mail para contacto: diana.castro.lopes@gmail.com.

EDUARDO ANTONIO GOMES MARQUES Professor da Universidade Federal de Viçosa. Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa. Graduação em Geologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Mestrado em Geologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Doutorado em Geologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Pós Doutorado em Engenharia Civil pela Universidade do Porto, Portugal. Pós Doutorado em Engenharia Civil pela The University of Queensland, Austrália. Integra grupo de pesquisa em Geotecnia; Bolsista Produtividade em Pesquisa pelo CNPq. E-mail para contato: emarques@ufv.br

EDUARDO SOARES DE MACEDO Geólogo doutor em Geociências e Meio Ambiente pela UNESP e especialização em Ciências e Desastres Naturais pelo NIED-Japão (1995). Pesquisador desde 1981 do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo (IPT). Professor e orientador do Mestrado em Tecnologia da Habitação do IPT. Atua principalmente nos seguintes temas: gestão de riscos, riscos geológicos, riscos hidrológicos, movimentos de massa, erosão, inundação, defesa civil, plano preventivo de defesa civil, mapeamentos de risco, reurbanização de áreas, cadastro de riscos.

FABIO LUIZ CHEMIN Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa; Pós-graduando em Estruturas de concreto e fundações pelo Instituto Brasileiro de Educação Continuada conveniada a Universidade Paulista; E-mail para contato: fabiolchemin@hotmail.com

FABRÍCIO ARAUJO MIRANDOLA Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Habitação: Planejamento e Tecnologia; Graduação em Geologia pela Universidade de São Paulo; Mestrado em Tecnologia Ambiental pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT; Membro do grupo de pesquisa Gestão de Riscos de Desastres do Diretório de Pesquisa Lattes. E-mail: fabricio@ipt.br

FERNANDO NADAL JUNQUEIRA VILLELA Geógrafo doutor em Geografia Física. Professor do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo (USP). Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Geomorfologia, atuando principalmente nos seguintes temas: geomorfologia climática, interações pedo-geomorfológicas, caracterização do meio físico e de unidades de paisagem, cartografia geomorfológica e geoprocessamento.

FERNANDO XIMENES DE TAVARES SALOMÃO Professor da Universidade Federal de Mato Grosso; Graduação em Geologia pela Universidade de São Paulo; Mestrado em Geologia Geral e de Aplicação pela Universidade de São Paulo; Doutorado em Geografia (Geografia Física) pela Universidade de São Paulo. ximenes.salomao@gmail.com

FLAVIO ALESSANDRO CRISPIM Professor Adjunto da Universidade do Estado de Mato Grosso campus universitário de Sinop, curso de Engenharia Civil; Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa; Mestrado em Engenharia Civil (Geotecnia) pela Universidade Federal de Viçosa; Doutorado em Engenharia Civil (Geotecnia) pela Universidade Federal de Viçosa; Grupo de Pesquisa: Tecnologias na Engenharia Civil, dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/8628146669069982; E-mail para contato: flavio.crispim@unemat.br

GABRIELA BESSA Graduação em Geologia pela Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail para contato: gabrielabessa92@gmail.com

GERSON SALVIANO DE ALMEIDA FILHO Tecnólogo Civil pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1988) e mestre em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas (2000). Pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, com experiência na área de Geociências, com ênfase em riscos geológicos, atuando principalmente nos seguintes temas: erosão, risco, mapeamento, escorregamento e assoreamento.

GILVIMAR VIEIRA PERDIGÃO Graduação em Geografia pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC, 2008; E-mail para contato: gilvimar.horizontes@gmail.com

HOSANA EMILIA ABRANTES SARMENTO LEITE Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba; Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba; Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande; Grupo de Pesquisa: Sociedade e Cultura Sustentável (IFPB) e Civil/Geotecnia/Solos Não Saturados (UFPE). E-mail para contato: hosanaemilia@hotmail.com

JUAN ANTONIO ALTAMIRANO FLORES Professor da Universidade Federal de Santa Catarina; Graduação em Geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Graduação em Engenharia de Minas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Mestrado em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Doutorado em Materiaux Mineraux pela Université de Poitiers Poitiers; Doutorado em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Pós-Doutorado pela Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail para contato: juan.flores@ufsc.br

JULIO CÉSAR BELTRAME BENATTI Professor Assistente da Universidade do Estado de Mato Grosso campus universitário de Sinop, curso de Engenharia Civil; Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas; Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas; Grupo de Pesquisa: Tecnologias na Engenharia

Civil, dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/8628146669069982. E-mail para contato: benatti@unemat.br

JULIO CÉSAR BIZARRETA ORTEGA Professor da UNILA (Universidade Federal de Integração Latino Americana); Graduação em Engenharia Civil pela Universidad Nacional de Ingeniería - Peru (2002); Mestrado em Engenharia Civil (Geotecnia) pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2009); Doutorando em Engenharia Civil (Geotecnia) pela Pontifícia Universidade Católica de Rio de Janeiro; Grupo de pesquisa: Geotecnia Ambiental

KLINGER SENRA REZENDE Atualmente é doutorando em engenharia civil na Universidade Federal de Viçosa. Professor na Faculdade de Ciências Biológicas e Saúde - Univiçosa. Graduação em engenharia civil pela Universidade Federal de Viçosa. Mestrado em engenharia civil, na área de concentração geotecnia, pela Universidade Federal de Viçosa. E-mail para contato: klingers15@hotmail.com

LARISSA TOSTES LEITE BELO Graduação em Geografia pela Universidade Federal do Espírito Santo - ES, 2014; E-mail para contato: laristlbelo@gmail.com

LEONARDO ANDRADE DE SOUZA Graduação em Engenharia Geológica pela Universidade Federal de Ouro Preto - MG, 2001; Mestrado em Engenharia Civil - Geotecnia pela Universidade Federal de Ouro Preto - MG, 2004; Doutorado em Geotecnia pela Universidade Federal de Ouro Preto - MG, 2015; Grupo de pesquisa: Ordenamento Territorial e Gestão Ambiental - UFOP. E-mail para contato: leonardo@zemlya.com.br

LUANA CAETANO ROCHA DE ANDRADE Atualmente é coordenadora de curso e professora na área de Engenharia na Universidade do Norte do Paraná (UNOPAR). Atuou como professora adjunta e coordenadora de curso na Universidade Federal do Triângulo Mineiro/Departamento de Engenharia Ambiental. Graduação em engenharia ambiental pela Universidade Federal de Viçosa. Mestrado em engenharia civil, na área de concentração geotecnia, pela Universidade Federal de Viçosa. Doutorado em engenharia civil, na área de concentração geotecnia, pela Universidade Federal de Viçosa. E-mail para contato: luana.cra@gmail.com

LUIZ ANTONIO BONGIOVANNI Geólogo na Regea Geologia, Engenharia e Estudos Ambientais Ltda. Graduado em Geologia pela Universidade de São Paulo - USP. Mestrado em Geociências pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Especialista em gestão pública de riscos e desastres socioambientais e Proteção e Defesa Civil.

LUIZ ANTÔNIO BRESSANI Professor Titular do Departamento Eng. Civil da UFRGS, é PhD em Mecânica dos Solos pelo Imperial College de Londres (1990). Pesquisas sobre Comportamento de Solos Tropicais (em especial resistência residual), Ensaio de Laboratório, Mapeamento Geotécnico (litoral norte do RS, Caxias do Sul, Igrejinha, Santa Cruz do Sul), Túneis em Rocha e Instrumentação de Taludes. Tem

experiência em projetos na área de Estabilidade de Taludes, urbanos e rodoviários. Trabalhos em mapeamentos de suscetibilidade e risco a escorregamentos de terra. Participou das operações de auxílio pós-acidentes em Estância Velha (1993), São Vendelino (2000), Ilhota/Gaspar (SC - 2008) e Teresópolis (RJ-2011). Orientou 42 dissertações e 10 teses de doutorado com artigos técnicos publicados sobre solos tropicais, escorregamentos de terra, análise de risco, mapeamento geotécnico e ensaios geotécnicos. E-mail: labressani@gmail.com

LUIZ CARLOS GODOY Professor da Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual de Ponta Grossa; Graduação em Geologia pela Universidade Federal do Paraná - UFPR; Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa; Doutorado em Geologia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná; E-mail para contato: godoyluizc@gmail.com

LUIZ CARLOS PINTO DA SILVA FILHO Engenheiro Civil (UFRGS, 1989); Mestre em Engenharia Civil/Construção (PPGEC/UFRGS, 1994) e PhD em Civil Engineering/Bridge Maintenance (Leeds University/UK, 1998). Professor Titular da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), atualmente é Diretor da Escola de Engenharia (2012-2020), Diretor do CEPED/RS e líder dos Grupos de Pesquisa LEME (Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais) e GRID (Gestão de Riscos em Desastres). Foi Coordenador do Comitê de Engenharias da FAPERGS, Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC)(2009-2013), Secretário da Associação Sul Americana de Engenharia Estrutural (ASAEE), Presidente e Presidente de Honra da Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación (ALCONPAT Internacional). Presidente e Secretário da Associação Brasileira de Patologia das Construções (ALCONPAT Brasil) e Diretor e Membro do Conselho do Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON). É membro honorário do IBAPE-RS e membro do IABMAS Brasil, do CBDB, da ABECE e do American Concrete Institute (ACI), além de representante da ABNT no Comitê ISO TC71 e consultor ad-hoc de diversas entidades de fomento. Tem experiência nas áreas de materiais e estruturas de engenharia civil, com ênfase nos temas: durabilidade e vida útil de estruturas, patologia das construções, concretos especiais, materiais compósitos avançados de engenharia, reforço e reparo estrutural, análise, teste e modelagem de sistemas estruturais, ensaios não destrutivos, efeitos de altas temperaturas em estruturas, segurança contra incêndio e pânico, perícias e desempenho e avaliação de sistemas construtivos. Além disso, atua na área de Prevenção de Desastres e Mapeamento de Riscos e Vulnerabilidades. E-mail: lcarlos66@gmail.com

LUIZA SILVA BETIM Atualmente é analista ambiental da Gerência de Resíduos Especiais da Fundação Estadual do Meio Ambiente (Minas Gerais). Graduação em engenharia ambiental pela Universidade Federal de Viçosa. Mestrado em

engenharia civil, na área de concentração geotecnia, pela Universidade Federal de Viçosa. E-mail para contato: luizabetim@gmail.com

MAIARA DE ARAÚJO PORTO Membro do corpo técnico da empresa Techne Engenheiros Consultores Ltda. Graduação em Geologia pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail para contato: maiaraporto3@hotmail.com

MARCELA PENHA PEREIRA GUIMARÃES Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro; Mestrado em Engenharia Civil pela COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro; Pós-graduação em Investigação de Subsolo pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT; Membro do grupo de pesquisa Gestão de Riscos de Desastres do Diretório de Pesquisa Lattes. E-mail: marcelappg@ipt.br

MARCO AURÉLIO COSTA CAIADO Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. Graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal de Viçosa-MG, 1986; Mestrado Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo, 1994; Doutorado em Biological Systems Engineering pela Virginia Polytechnic Institute and State University, 2005; Grupo de pesquisa: CIÊNCIA DO SOLO E AGROECOLOGIA - IFES, ECOHIDRO - Grupo de Estudo e Modelagem Ambiental em Recursos Hídricos e Dinâmica de Ecossistemas - IFES. E-mail para contato: maccaiado@gmail.com

MARCOS ROBERTO MARTINES Geógrafo doutor em Geografia Física. Professor do Departamento de Geografia, Turismo e Humanidades da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Tem experiência na área de Geografia Física, Cartografia e Geociências, com ênfase em Geoprocessamento, atuando principalmente nos seguintes temas: Geografia Física, Cartografia Temática e Sistemática, Geoprocessamento, Diagnóstico e Análise Ambiental, Modelagem Cartográfica e Álgebra de Mapas, Banco de Dados Geográfico e Sensoriamento Remoto.

MARIA CRISTINA JACINTO DE ALMEIDA Geógrafa pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (1984); mestre em Geografia Física pela Universidade de São Paulo (2002). Doutorado andamento no Instituto de Geociências na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Pesquisadora do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo com experiência em planejamento ambiental e territorial, com ênfase em uso e ocupação do solo, recursos hídricos, carta geotécnica e gestão territorial.

MÁRIO JORGE GONÇALVES SANTORO FILHO Engenheiro Civil na empresa A.M. Soluções Empresariais; Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Amazonas (2014); E-mail para contato: santoro.filho@hotmail.com

MATHEUS KLEIN FLACH Graduação em Geologia pela Universidade Federal de Santa Catarina; Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Transportes e

Infraestrutura Viária da Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail para contato: matheus.k.flach@gmail.com

MELISSA ZANFERRARI GODOY Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa; E-mail para contato: mel_godoy@hotmail.com

MICHAEL DOUGLAS DA COSTA PAES Engenheiro Civil na Missão Evangélica CAIUA; Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Amazonas (2013); E-mail para contato: michael_mdcp@hotmail.com

MURILO DA SILVA ESPÍNDOLA Professor da Universidade Federal de Santa Catarina; Graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Sul de Santa Catarina; Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina; Doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina; Grupo de pesquisa: Geotecnia UFSC (dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/5324489698548681). E-mail para contato: murilo.espindola@ufsc.br

NATÁLIA DE SOUZA ARRUDA Graduação em Geologia pela Universidade Federal de Mato Grosso. arrudanatalia@hotmail.com

NILO RODRIGUES JÚNIOR Graduando em Geologia da Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail para contato: nilorodriguesjunior@gmail.com

NILTON DE SOUZA CAMPELO Professor da Universidade Federal do Amazonas; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Amazonas; Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Amazonas (1985); Mestrado em Engenharia Geotécnica pela Universidade de São Paulo em São Carlos (1994); Doutorado em Engenharia Geotécnica pela Universidade de São Paulo em São Carlos (2000); Grupo de pesquisa: Materiais de Engenharia. E-mail para contato: ncampelo@ufam.edu.br.

OTÁVIO CÉSAR DE PAIVA VALADARES Engenheiro Civil no Departamento de Engenharia da Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA); Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Amazonas (2014); E-mail para contato: otaviocesarpv@gmail.com

PATRÍCIA KRÜGER Professora da Universidade Estadual de Ponta Grossa; Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa; Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos; Doutoranda em Engenharia e Ciências dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa; Grupo de pesquisa: Engenharia Civil - UEPG

PRISCILA IKEMATSU Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual Paulista – UNESP; Mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela

Universidade de São Paulo – USP; Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo. E-mail: priscilai@ipt.br

PRISCILA TAMINATO HIRATA Graduação em Geologia pela Universidade de São Paulo; Cursando Mestrado em Habitação na área de Planejamento e Tecnologia. Membro do grupo de pesquisa Gestão de Riscos de Desastres do Diretório de Pesquisa Lattes. E-mail: pthirata@ipt.br

PRISCILLA MOREIRA ARGENTIN Graduação em Geografia pela Universidade Estadual de Campinas; Especialização em Engenharia Ambiental pela Universidade Nove de Julho; E-mail: priscillam@ipt.br

RAFAELLA TEIXEIRA MIRANDA Membro do corpo técnico da empresa Techne Engenheiros Consultores Ltda. Graduação em Geologia pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail para contato: rafaellatm@hotmail.com

RAPHAEL HENRIQUE O. PIMENTA Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix de Belo Horizonte – MG, 2015; E-mail para contato: raphaelhenriquepimenta@hotmail.com

RAUL TADEU LOBATO FERREIRA Professor Auxiliar da Universidade Federal de Mato Grosso campus universitário do Araguaia, curso de Engenharia Civil; Graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Mato Grosso campus universitário de Sinop; E-mail para contato: raullobato@ufmt.com

ROGÉRIO DIAS DALLA RIVA Professor Adjunto da Universidade do Estado de Mato Grosso campus universitário de Sinop, curso de Engenharia Civil; Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Mato Grosso; Mestrado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Universidade Federal de Viçosa; Doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa; Grupo de Pesquisa: Tecnologias na Engenharia Civil, dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/8628146669069982. Bolsista Produtividade em Pesquisa pela Fundação. E-mail para contato: riva@unemat.br

SANDRA TEIXEIRA MALVESE Professora no Centro Universitário Fundação Santo André; Secretária de Obras e Planejamento do Município de Rio Grande da Serra; Graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Presbiteriana Mackenzie; Mestrado em Planejamento e Gestão do Território pela Universidade Federal do ABC. Email para contato: sandramalvese@gmail.com

SILVIA C. ALVES Graduação em Serviço Social pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC, 2009; E-mail para contato: sil.sgg@gmail.com

TÁCIO MAURO PEREIRA DE CAMPOS Professor da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro; Graduação

em Engenharia Civil pela Universidade de Brasília (1971); Mestrado em Engenharia Civil e em Mecânica dos Solos respectivamente pela PUC-Rio, em 1974, e pelo Imperial College, Londres, em 1980; Doutorado em Mecânica dos Solos pelo Imperial College, em 1984; Grupo de pesquisa: Geotecnia Ambiental; Bolsista Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 1a

TATIANE BRASIL DE FREITAS Gestora Ambiental pela Universidade São Marcos (2009). Foi bolsista no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geografia Física.

THIAGO DE OLIVEIRA FARIA Professor da Universidade Federal de Mato Grosso; Graduação em Geologia pela Universidade Federal de Mato Grosso; Mestrado em Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Mato Grosso; Doutorando em Física Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso. thiago.geologo@gmail.com

VITOR LUIZ REIS DE ALMEIDA Graduando em engenharia civil pela Universidade Federal de Viçosa. E-mail para contato: vitor.reis@ufv.br

VITOR SANTINI MÜLLER Graduação em Geologia pela Universidade Federal de Santa Catarina; Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Desastres Naturais da Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail para contato: vitor@mullergeo.com

ZENO HELLMEISTER JÚNIOR Geólogo pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1981) e mestre em Geociências (Geologia Sedimentar) pela Universidade de São Paulo (1997). Pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo com experiência na área de Geociências e ênfase em Geologia e Pedologia.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-93243-38-7



9 788593 243387