

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>	07
<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>	19
<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>	34
<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>	56
<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>	67
<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>	87
<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>	103

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 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 Armc), 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).

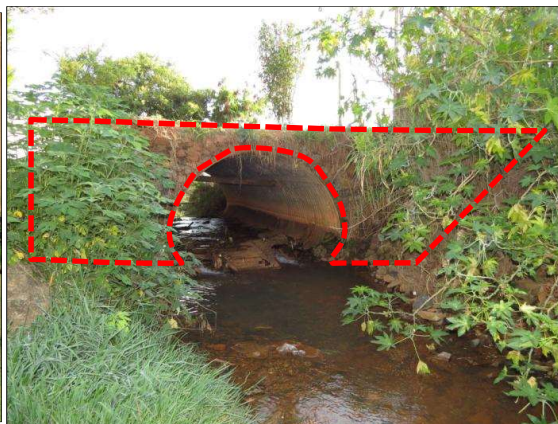


Figura 2 – Vista de jusante para montante do tubo metálico e das caixas de gabião (em pontilhado).

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 $FS \geq 1,50$.

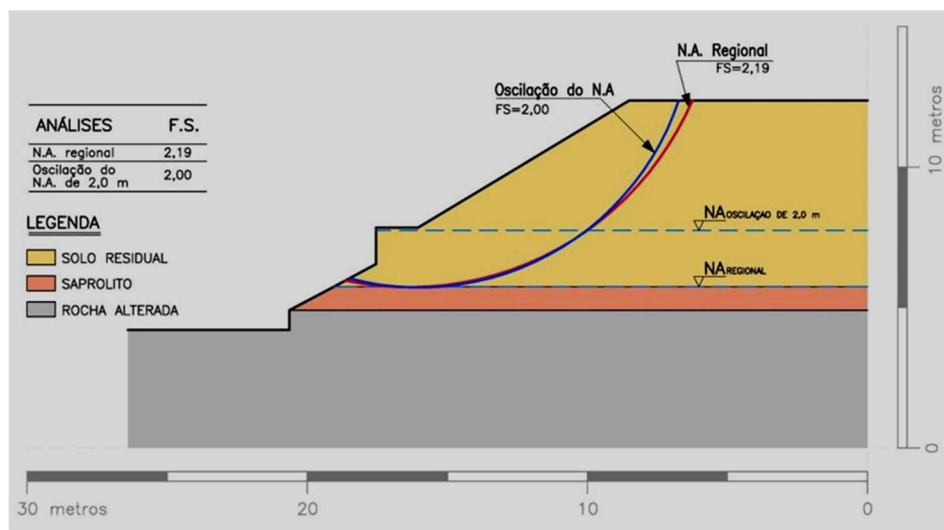


Figura 7 – Superfícies de rupturas e fatores de segurança.

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

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-93243-38-7



9 788593 243387