



**DESENHANDO UMA TECNOLOGIA SOCIAL COMO
SUPORTE À GESTÃO DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO: O
EXEMPLO DO LABORATÓRIO DE INTELIGÊNCIA DO
AMBIENTE URBANO NA ESCOLA MUNICIPAL JUDITH
MACEDO DE ARAÚJO, MORRO DA CRUZ**

Porto Alegre, 2011

CARLA BEATRIS GASPARINI

**DESENHANDO UMA TECNOLOGIA SOCIAL COMO
SUPORTE À GESTÃO DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO: O
EXEMPLO DO LABORATÓRIO DE INTELIGÊNCIA DO
AMBIENTE URBANO NA ESCOLA MUNICIPAL JUDITH
MACEDO DE ARAÚJO, MORRO DA CRUZ**

Trabalho de conclusão do Curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Temático em Geologia III, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof.Dr. Rualdo Menegat

Supervisora: Prof^ª. Dra. Rosa Maris Rosado

Porto Alegre, 2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de
Curso intitulado

DESENHANDO UMA TECNOLOGIA SOCIAL COMO SUPORTE À
GESTÃO DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO: O EXEMPLO DO
LABORATÓRIO DE INTELIGÊNCIA DO AMBIENTE URBANO NA
ESCOLA MUNICIPAL JUDITH MACEDO DE ARAÚJO, MORRO DA
CRUZ,

elaborado por Carla Beatris Gasparini, como requisito parcial para obtenção do grau
de Bacharel em Geologia.

COMISSÃO EXAMINADORA:

Profa. Dra. Teresinha Guerra

Profa. Dra. Ana Maria Pimentel Mizusaki

Dedico este trabalho

À minha família

Aos alunos e alunas do LIAU

Aos núcleos comunitários de Defesa Civil

A todos que pensam globalmente e atuam localmente

À luz dos povos ancestrais e sua cultura viva

A mais virtuosa das Mães, Gaia

Agradecimentos

À vó Erlita, pela experiência de vida, que ensinou a aproveitar as oportunidades de aprendizado! À mãe lutadora, que possibilitou nesse mundo por vezes de papel, a minha estadia com dignidade e o aconchego ao ninho. Ao pai, velho ervateiro pelas palavras de incentivo e confiança! Aos que melhor pude compartilhar tão de perto a infância, aprender a amar e admirar a beleza em seus sorrisos: Edi e Angela! Ao Binho, primo querido e entusiasta que agora habita outras esferas!

Auréola e Ag'zbah, mantras que fortalecem o caminho! Às gurias do barro, por todas as descobertas, aventuras e acampamentos memoráveis!

À Casa muito engraçada, pela descoberta de abraçar causas, trabalhar em rede atrás de melhorias pro coletivo! A quem tem uma jibóia verde ou um violão posto sobre o poncho. À maninha agora clara mãe e a quem grudava poesia na porta. A quem veio como falcão e foi como avenca partindo. A quem pegava o tarol pra acordar o povo! A quem bailou na curva e quem quebrou geada nas frias manhãs ao ir pro IPH. A quem já foi monge e se defende com arte marcial. A quem nunca acha fósseis então *faça-fóssil-fácil!* A *tus ojos claros* por tornar a vida leve em meio à labuta! A quem veio da Colômbia e agora gira o mundo!

A quem dedos verdes têm por semear inspiração e colher boas vibrações! À pequena, com sua ainda mais pequena-grande, pela resiliência frente às dificuldades do curso! À outra pequena estrela-acústica pela composição de músicas em afinações distorcidas... Uma oitava acima, quem te chamou aqui, pelo mentalismo e respeito profundo aos animais! Ao Violino Ventania pelas suas patinhas fofas de todos os dias e a quem nunca mais vi, mas espero um abraço qualquer dia! A quem inspirou o texto nessa forma, pela criatividade, beleza de espírito e concerto de violões! A quem vem do Ushuaia de bicicleta e atinge lugares que só chego em pensamento! A quem pega carona de avião; que conhecem piratas; que *é um vulcão de frô* e quem agora pega onda com Pedro no colo! A quem canta Janis na Hora Feliz e aos *patches* multicoloridos dos multicachinhos! A quem é tri tagarela e agora bacharel! A quem é de Vênus, mas prefere a Guarda pra se conhecer! Aos centros acadêmicos da geologia, biologia, agronomia e geografia e à vizinhança do jardim universitário pela

amizade! A quem gosta de espirais, mandalas, permacultura e acredita em intervenções locais!

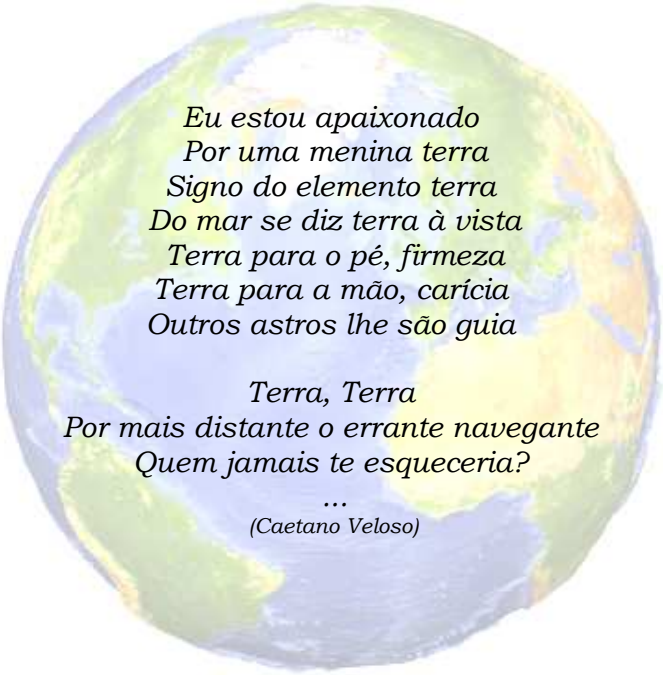
Aos cidadãos do Brasil que possibilitaram a criação da UFRGS!

A quem se revelou um pilar importante nesses tempos finais da graduação, compartilhando idéias e desenhos na mesa redonda do incrível Laboratório de Inteligência do Ambiente Urbano! Quem estimula o pensamento antes da técnica, das coisas que são como são porque eram como eram...

À Rosa, flor que se adapta a tantas tribos pela sutil beleza interior! À Cleonice, pelo espaço cedido que irradia criatividade e amorosidade! A todos que participaram das sextas inspiradoras, com a cuia na mão!

A quem de alguma forma, gesto ou palavra, conspirou por esse momento...

Namastê!



*Eu estou apaixonado
Por uma menina terra
Signo do elemento terra
Do mar se diz terra à vista
Terra para o pé, firmeza
Terra para a mão, carícia
Outros astros lhe são guia*

*Terra, Terra
Por mais distante o errante navegante
Quem jamais te esqueceria?*

...
(Caetano Veloso)

Resumo

Em 2008, pela primeira vez na história humana, a população urbana é maior do que a rural. A vida nas megacidades fez com que os cidadãos perdessem a possibilidade de relacionar os riscos de edificação de suas moradias com a dinâmica de longo termo da geopaisagem circundante. A expansão dos limites urbanos em áreas de grande perigo geológico tem revelado, de modo crescente, a problemática dos riscos a desastres naturais e a vulnerabilidade enfrentada pelos cidadãos que ali habitam. O estudo sobre a gestão ambiental urbana assume um lugar importante na sociedade contemporânea, pois busca evitar, prevenir e mitigar os impactos e riscos da ocupação inadequada. O presente estudo objetivou desenvolver tecnologia social para a avaliação em detalhe de treze habitações localizadas em duas áreas de risco geológico no Bairro São José, Morro da Cruz, município de Porto Alegre. Tal tecnologia consistiu na formação de agentes socioambientais mirins na Escola Judith Macedo de Araujo de sorte a capacitá-los a aplicar um roteiro de cadastro de risco para fins de elaborar uma avaliação expedita do grau de risco geológico das edificações situadas no bairro onde estudam e moram. Posteriormente, os resultados dos alunos foram comparados com aqueles obtidos por técnico especializado a partir da aplicação do mesmo cadastro. Embora a determinação do grau de risco não tenha sido de todo coincidente, o diagnóstico pormenorizado de cada passo do cadastro – como inclinação do terreno, caminhos da água, vegetação, sinais de movimentação e instabilidade – teve grande semelhança. Além disso, como parte da metodologia, os agentes socioambientais mirins também conseguiram produzir materiais didáticos de difusão dos conhecimentos adquiridos. Assim, suas experiências significativas serviram de base para que replicassem programas de aprendizagem sobre áreas de risco geológico no Laboratório de Inteligência do Ambiente Urbano da Escola, visitado pela comunidade escolar. Foi possível reconhecer que metodologias que incluem formação conceitual por meio de uma didática apropriada e inserida na investigação do lugar ajudam as pessoas a entenderem a realidade onde habitam. Dessa forma, os núcleos comunitários de defesa civil em Porto Alegre, previstos pela legislação (Decreto 9.250/1988), poderiam utilizar-se dessa tecnologia social para desenvolver programas continuados de gestão de riscos.

Palavras-Chave: geologia urbana, gestão ambiental urbana, educação ambiental, desastres naturais, núcleo comunitário de defesa civil.

Abstract

By the time of 2008, for the first time in human history, the urban population is bigger than rural population. Human affairs in megacities leave citizens to lack relations between the risks to build their houses and the long term dynamics of the geolandscape where they live. The urban sprawl to geohazards areas had raised problems related to environmental risk management and the citizens' vulnerabilities. Nowadays, studies about urban environmental management had richen an important role for the society, due to investigations about how to avoid, prevent and mitigate environmental impacts and risk of inadequate land use. This work aims to propose a social technology to make detailed evaluations of houses placed in two geohazard areas of São José neighborhood, Morro da Cruz, in Porto Alegre municipality. This social technology includes a course to instruct young socio-environmental agents of the Judith Macedo de Araujo School. During the course, young agents trained the ability to apply a risk information register and diligent evaluation of the geological risk grade of houses located in the same neighborhood where they are living and studying. Subsequently, the results obtained by the young agents were compared with those acquired by a specialist that used the same risk information register. Although the differences in identification of risk grade between these two surveys register, the data about each phase of the detailed diagnostic – that include items as slope angle, water paths, vegetation, vestige of landmass movement and instability – was very similar. In addition, as part of the methodology, the young socio-environmental agents had elaborated didactic materials in order to diffuse the knowledge acquired. Thus, theirs significant experiences were the base to become themselves monitors of learning programs about geological risk areas in the urban environmental intelligence laboratory of the school, which is visited by all students and school community. It was possible to recognize that methodologies that include conceptual leaning and training by using an appropriate didactic and a formation immersed in the place investigation, help people understand the environmental reality where they live. In this way, Communitarian Committees of Civil Defense of Porto Alegre municipality, like defined by Act 9.250/1988, could use social technology like proposed in this work in order to develop continuing programs of risk management.

Key words: urban geology, environmental urban geology, environmental education, natural disaster, Communitarian Committee of the Civil Defence.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	JUSTIFICATIVA	2
1.1.1	Modelos e recomendações da ONU	2
1.2	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	3
1.3	OBJETIVOS E METAS	4
1.4	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	5
1.5	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	7
1.5.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NO SISTEMA NATURAL	7
1.5.1.1	Contexto Geológico	9
1.5.1.2	Contexto Geomorfológico	11
1.5.1.3	Contexto hidrográfico	11
1.5.1.4	Mapa geotécnico de solos	13
1.5.1.5	Mapa da vegetação natural potencial	14
1.5.1.6	Caracterização de biótopos naturais	15
1.5.2	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NO SISTEMA CONSTRUÍDO DE PORTO ALEGRE	16
1.5.2.1	Sobre o modelo espacial da cidade	16
2	ESTADO DA ARTE	17
2.1	DIAGNÓSTICO DE ÁREAS DE RISCO	17
2.1.1	INDICADORES DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO EM PORTO ALEGRE	19
2.1.2	TIPOLOGIAS DE SITUAÇÕES DE RISCO GEOLÓGICO EM ENCOSTAS DO MORRO DA CRUZ	21
2.2	CLASSIFICAÇÃO DE MOVIMENTOS DE MASSA	23
2.3	EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO	25
3	METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO	27
3.1	CURSO DE FORMAÇÃO DE AGENTES SOCIOAM-BIENTAIS MIRINS	28
3.1.1	ROTEIRO DE AULA ADOTADO NO CURSO DE CAPACITAÇÃO	28
3.1.2	CONCEITOS FUNDAMENTAIS	29
3.1.2.1	Solos	30
3.1.2.2	Componentes principais do solo	32
3.1.2.3	Diferenças entre solo compactado e solo descompactado:	34
3.1.2.4	Ângulo de repouso	34
3.1.2.5	Quantidade de Água infiltrada	36
3.1.2.6	Grau de inclinação da encosta	37
3.1.3	Os movimentos de massa	37
3.2	Produzindo MATERIAIS DIDÁTICOS para divulgação e ensino dos problemas de risco geológico	38

3.2.1	Confecção da maquete de áreas de risco	38
3.2.2	Novas mídias	39
3.3	ROTEIRO DE CADASTRO DE RISCO.	41
3.3.1	Introdução ao roteiro	42
3.3.2	Roteiro de cadastro 1º Passo – Dados gerais	42
3.3.3	Roteiro de cadastro 2º Passo – Caracterização do local	43
3.3.4	Roteiro de cadastro 3º Passo – Água	45
3.3.5	Roteiro de cadastro 4º Passo – Vegetação no talude ou proximidades	45
3.3.6	Roteiro de cadastro 5º Passo – Sinais de movimentação (Feições de instabilidade)	46
3.3.7	Roteiro de cadastro 6º Passo – Tipo de processos de instabilização esperados ou já ocorridos	47
3.3.8	Roteiro de cadastro 7º Passo – Determinação do grau de risco	47
3.3.9	Roteiro de cadastro 8º Passo – Necessidade de remoção	48
3.3.10	Roteiro de cadastro – Informações adicionais	48
3.3.11	Roteiro de cadastro – Lembrete importante	49
3.4	Avaliação Final a partir do Roteiro de Cadastro de Risco	49
4	DISCUSSÕES E CONCLUSÕES:	61
5	REFERÊNCIAS	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do bairro São José (número 60, em verde escuro) no município de Porto Alegre. (Modificado de Menegat et al., 2006, p. 204).	6
Figura 2 – Mapa da malha urbana do extremo sul do bairro São José no limite com a Zona Rural, situada nas encostas do Morro Cruz (extraído de <i>Google Maps</i> , 2010).	7
Figura 3 – Mapa físico do município, onde a Crista de Porto Alegre destaca-se na compartimentação do relevo (extraído de Hasenack et al., 2006, p.32).	8
Figura 4 – Mapa de declividade da Crista de Porto Alegre. O círculo amarelo localiza a área de estudo. A unidade de cor laranja identifica declividades de 10 a 20%, laranja escuro, de 20 a 30%, e vermelho, maior que 30%. (Fonte: Chanan e Faertes, 2006, p. 45.)	9
Figura 5 – Fotografia da textura macroscópica do Granito Santana.	10
Figura 6 – Mapa geológico de Porto Alegre (Fonte: Menegat et al., 2006.)	10
Figura 7 – Cenário mostrando a reconstrução da morfologia natural de Porto Alegre. O círculo amarelo assinala os morros da Cruz e Pelado (Extraído de Menegat et al., 2006, p. 30).	11
Figura 8 – Localização do arroio Moinho (destacado na cor azul intenso) na sub-bacia do Arroio Dilúvio (em laranja forte, n. 8). (Modificado de Menegat <i>et al.</i> , 2006.)	13
Figura 9 – Parte do mapa geotécnico de solos de Porto Alegre. O círculo amarelo localiza a área de estudo sobre a unidade de Solo Litólico, Rg2 (em azul claro). (Fonte: Bastos et al., 2006, p.45-46.)	14
Figura 10 – Mapa da vegetação natural potencial. O círculo (extraído de Porto e Menegat, 2006).	15
Figura 11 – Mapa dos indicadores de áreas de risco geológico (Extraído de Chanan <i>et al.</i> , 2006, p. 154).	20
Figura 12 – Padrões de riscos geológicos-geotécnicos e hidrológicos típicos de uma encosta dos morros de Porto Alegre. (Extraído de Oliveira <i>et al.</i> , 2006, p. 153.)	22
Figura 13 – Bloco-diagrama ilustrando rastejo causando encurvamento dos troncos das árvores e o estufamento de algumas porções do solo (Fonte: Press et al., 2006).	23
Figura 14 – Bloco-diagrama ilustrando escorregamento em plano de deslocamento (Fonte: Press et al., 2006).	24
Figura 15 – Bloco-diagrama ilustrando queda de blocos (Fonte: Press et al., 2006).	24
Figura 16 – Bloco-diagrama ilustrando corrida de massa (Fonte: Press et al., 2006).	25
Figura 17 – Mapa conceitual da Educação Ambiental (extraído de Dias, 1992).	25
Figura 18 – Grupo de alunos do LIAU da Escola Judith Macedo de Araújo com os professores coordenadores.	27
Figura 19 – Líquens crustáceos cobrindo a rocha. (Extraído de Mohr & Porto, 2006).	30
Figura 20 – Mostra a vegetação pioneira. (Extraído de Mohr & Porto, 2006).	31
Figura 21 – Desenvolvimento de plantas arbustivas. (Extraído de Mohr & Porto, 2006).	31
Figura 22 – Formação de matas baixas. (Extraído de Mohr & Porto, 2006).	32
Figura 23 – análise dos diferentes tipos de solo com auxilia da lupa.	33
Figura 24 – Ângulo de repouso de material granular (modificado de Press et al., 2006).	34

Figura 25 – Ângulos de repouso das diferentes granulações (modificado de Press et al., 2006).....	35
Figura 26 – Andrey, aluno do Liau, com o gráfico dos graus de inclinação.	35
Figura 27 – Experiência para o entendimento do grau de escorregamentos dos materiais.	36
Figura 28 – Mostrando as forças de coesão dos materiais quando submetidos à ação da água. (modificado de Press et al., 2006).....	36
Figura 29 – Desenhos utilizados para exemplificar os graus de inclinação de uma encosta (extraído de Macedo, 2001).	37
Figura 30 – Orientações aos alunos por meio da utilização do Atlas Ambiental.	38
Figura 31 – Placas de sinalização dos principais fatores atuantes nas áreas de risco.	38
Figura 32 – Agente mirim explicando a maquete.	39
Figura 33 – Agente mirim exibindo o gráfico de inclinação relacionando-o com a maquete.	39
Figura 34 – Alguns quadros de ilustrações que compõem o vídeo produzido pelos alunos.....	40
Figura 35 – Ficha de introdução ao roteiro, adaptada ao local de estudo. Contêm instruções para capacitar nas tomadas de decisão do usuário (adaptado de Macedo, 2001).	42
Figura 36 – Ficha inicial do roteiro de cadastro: levantamento de dados gerais sobre a moradia ou conjunto de moradias (adaptado de Macedo, 2001).	43
Figura 37 – Segundo passo do roteiro de cadastro: caracterização do local de moradias ou grupo de moradias em relação ao tipo de talude, material, inclinação da encosta/corte e distância da moradia em relação ao talude (adaptado de Macedo, 2001).	44
Figura 38 – Terceiro passo do roteiro de cadastro: referente ao papel da água nos locais de moradia. (adaptado de Macedo, 2001).....	45
Figura 39 – Quarto passo do roteiro de cadastro: análise do tipo de vegetação nas encostas (adaptado de Macedo, 2001).	46
Figura 40 – Quinto passo do roteiro de cadastro: sobre sinais de algum tipo de movimentação das encostas, como trincas, degraus, inclinação e cicatrizes de escorregamentos, com desenho para facilitar a análise. É o parâmetro mais importante para a determinação de risco iminente (adaptado de Macedo, 2001).	46
Figura 41 – Sexto passo do roteiro de cadastro: provável processo esperado ou ocorrido na área analisada (adaptado de Macedo, 2001).	47
Figura 42 – Sétimo passo do roteiro: determinação do grau de risco com base nos passos anteriores. Classificam-se em Risco iminente, Risco não—iminente e Baixo risco. Entram aqui níveis de acerto baseado em conceitos técnicos (adaptado de Macedo, 2001).	47
Figura 43 –Oitavo passo do roteiro de cadastro: informações sobre risco iminente, com necessidade urgente de remoção (adaptado de Macedo, 2001).	48
Figura 44 – Informações adicionais do roteiro de cadastro para anotações que sejam importantes. (adaptado de Macedo, 2001).....	48
Figura 45 – Lembrete importante do roteiro de cadastro quanto ao encaminhamento de problemas. Em geral, junto com a assinatura da equipe técnica (adaptado de Macedo, 2001).	49
Figura 46 – Talude de alta inclinação, resultante de aterro lançado encosta abaixo.....	50

Figura 47 – Aterro de entulhos e lixo antes da ocupação na área 1, mostrando a alta declividade do talude e os fortes processos erosivos atuantes no lado direito da imagem.	50
Figura 48 – Drenagem ao lado da moradia número 1.....	51
Figura 49 – O aterro de entulho acarreta baixo empacotamento e grande descoesão interna o que, além do peso da moradia, favorece ao escorregamento.....	52
Figura 50 – Acúmulo de água na estrada aumenta a probabilidade de escorregamento na área 1.....	52
Figura 51 – Fissura no terreno evidenciando sinais de instabilidade.....	53
Figura 52 – Exposição do granito fraturado na borda do talude.....	53
Figura 53 – Vista aérea da área 1, com indicação das cinco casas avaliadas pelos alunos.....	54
Figura 54 – Vieiras de acesso na área 2, com sulcos causados pelo escoamento da água e esgoto.....	55
Figura 55 – Moradia 1 na área 2 classificada como risco iminente.	55
Figura 56 – Moradia 2, apresenta feições de instabilidade como o embarrigamento da cerca que detém o aterro lançado.	56
Figura 57 – Acúmulo de água e esgoto em frente à moradia 2.....	56
Figura 58 – Moradia 3 construída sobre matacões. Vista frontal da moradia.....	56
Figura 59 – Vista superior da rua Aquidaban para a moradia 3, situada próxima ao talude de corte de pedreira desativada.....	57
Figura 60 – Moradia número 4 no topo do talude de corte da antiga pedreira.	57
Figura 61 – Moradia de número 5 no bordo do talude da pedreira desativada com percolação de água nas fraturas.....	58
Figura 62 – Moradia 6 em condições precárias, com pilares de sustentação apoiados diretamente no solo exposto.	58
Figura 63 – Moradia próxima ao talude de corte com inclinação de 90°, onde percolam água e esgoto sem canalização.	59
Figura 64 – Vista da encosta de alta declividade e onde há concentração de depósitos antropogênicos.....	59
Figura 65 – Vista aérea da área 2. A rua Aquidaban é a estrada de terra no sentido leste-oeste que passa próxima a área central da imagem.	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais termos utilizados na análise de risco associados a escorregamentos (IUGS <i>Working Group - Committee on Risk Assessment</i> , 1997, <i>apud</i> Augusto Filho, 2001).....	18
Quadro 2 – Avaliação final do grau de risco das moradias da área 1.....	54
Quadro 3 – Avaliação final do grau de risco das moradias da área 2.....	60

1 INTRODUÇÃO

Em uma época em que mais da metade da população mundial de 7 bilhões de pessoas passou a viver nas cidades, aumentaram os problemas ambientais e a complexidade de sua gestão. Dentre esses, coloca-se como importante a ocupação inadequada de áreas vulneráveis aos perigos naturais e à intensa modificação do sistema natural. Somente na última década, aumentaram sobremaneira os desastres naturais relacionados a deslizamento de massa.

A busca pela efetividade da gestão ambiental urbana passa pelo conhecimento dos sistemas natural e construído, a fim de encontrar estratégias mais adequadas de sobrevivência e qualidade ambiental no lugar em que os grupos humanos habitam. Além do diagnóstico, é fundamental que a população ameaçada por riscos ambientais domine os conceitos técnicos e entenda os problemas que poderá vir a enfrentar. A educação ambiental é, nesse caso, parte imprescindível da gestão, pois essa própria gestão é um instrumento para diminuir o risco ambiental que ameaça a população na medida em que esse tema passa a fazer parte do processo de ensino e aprendizagem nas escolas a partir do uso de informações locais (Menegat, 2000).

O presente estudo busca realizar um diagnóstico em detalhe das áreas de risco no Bairro São José, Morro da Cruz, situado na região leste de Porto Alegre. Para tanto, nos utilizaremos dos modelos e recomendações da ONU, de metodologia específica desenvolvida por Macedo (2001) e aplicada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), de São Paulo. Além disso, utilizaremos esse diagnóstico também como ferramenta de ensino e aprendizagem na escola com vistas a estabelecer os parâmetros de uma tecnologia social que dê suporte à gestão de riscos. A utilização do Atlas Ambiental de Porto Alegre (Menegat et al., 2006; Menegat e Carraro, 2007), trabalhos anteriores já realizados (Duarte, 2002, Guimarães, 2003; Uszacki, 2003), o desenvolvimento de ferramentas pedagógicas (Menegat, 2000; Menegat e Rosado, 2010), diagnóstico de campo participativo (Vasconcellos, 1998) a troca de saberes com a população do bairro, fornecem as bases para transformar a Escola Judith Macedo de Araújo num centro de saberes local (Menegat et al., 2008), trazendo novas perspectivas dentro do campo das Geociências.

1.1 JUSTIFICATIVA

Augusto Filho et al. (1990) abordaram o risco geológico como uma circunstância ou situação de perigo, perda ou dano social e econômico, devida a uma condição geológica ou a uma possibilidade de ocorrência de problema geológico, induzido ou não. De acordo com um estudo da Defesa Civil realizado em Porto Alegre em 2010, cerca de 700 famílias moram em locais com chances de deslizamentos de terra, envolvendo aproximadamente 2.500 pessoas (Defesa Civil de Porto Alegre, 2010). Esses perigos são resultado da combinação de diferentes fatores, tais como: ocupação inadequada de margens de arroios e áreas declivosas de morros, ocupação de saibreiras e pedreiras desativadas, remoção da cobertura vegetal aumentando os processos erosivos, execução indevida de cortes de terreno e aterros irregulares, aumentando riscos hidrológicos (causados por alagamentos e inundações), e geológicos-geotécnicos (com a queda ou rolagem de blocos de rocha, deslizamento e desmoronamento de solo) e riscos biológicos. Sem diagnóstico adequado do terreno onde as casas são construídas, é mais comum que haja aumento de riscos.

1.1.1 Modelos e recomendações da ONU

Diante do tsunami que atingiu a Ásia e do aumento do número de desastres relacionados a perigos naturais nos últimos anos, a Organização das Nações Unidas – ONU foi pressionada a estabelecer um plano para ajudar governos a fortalecer seus sistemas de prevenção. Em termos de cenário futuro, o que se espera é um aumento do número de áreas de risco e portanto da possibilidade de um maior número de vítimas, em razão do empobrecimento da população que, premida pela sua necessidade de moradia, é forçada a ocupar áreas com piores condições naturais (Macedo, 2001).

A Década Internacional de Redução de Desastres Naturais, instituída pela ONU, visa direcionar e fortalecer programas de suporte à prevenção e redução de acidentes frente aos perigos naturais, entre eles os de origem geológico-geotécnico. Os principais alvos são os países em desenvolvimento com maior grau de vulnerabilidade aos riscos.

Por meio da campanha “Tornar as Cidades Resilientes: a minha cidade está se preparando”, a Estratégia Internacional para a Redução de Desastres das Nações

Unidas (UNISDR, 2009) propôs uma terminologia com o propósito de promover um entendimento e utilização comum de conceitos relativos à redução do risco de desastres, incluindo palavras que são fundamentais para a compreensão contemporânea e às práticas evolutivas de diminuição do risco, e assim, prestar assistência aos esforços dirigidos a redução do risco de desastres por parte das autoridades, técnicos e população em geral. A versão de 2009 é resultado de um processo de revisão contínua por parte da UNISDR e de consultas a uma ampla gama de técnicos e profissionais em vários encontros internacionais, debates regionais e contextos nacionais. Agora as definições são definidas por uma única oração, sendo algumas não-excludentes entre si e em alguns casos podem existir significados coincidentes.

Este trabalho procura desenvolver as medidas de inteligência da gestão de riscos, ou seja, nas palavras desse documento (UNISDR, 2009), aquelas que

se utilizam do conhecimento, práticas ou acordos existentes para reduzir o risco e seus impactos, especialmente por meio de políticas e leis, maior conscientização, capacitação e educação pública.

1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Porto Alegre apresenta um relevo extremamente diverso, pois se situa no limite dos principais domínios morfotectônicos do sul do Brasil. Esses domínios são identificados como Planalto Meridional, na região centro-norte do estado, Planalto do Escudo Sul-Rio-Grandense, na porção meridional, Depressão Periférica, entre os dois planaltos anteriores, e Província Costeira, na região litorânea. A superfície do município é compartimentada em três regiões morfológicas (ver Fig. 1), a saber: ao norte, situam-se as terras baixas e suavemente onduladas da várzea do Rio Gravataí e do Delta do Jacuí. No centro, duas cristas de morros – a crista da Matriz e a crista de Porto Alegre – são separadas por um vale de fundo chato, drenado pelo arroio Dilúvio. Ao sul, desenvolve-se o relevo suave a suave-ondulado, resultante de deposição lacustre, a partir do qual se sobressaem formas residuais de morros isolados. Devido ao relevo do município e a forma como se deu sua ocupação, principalmente nas encostas das cristas dos morros, Porto Alegre apresenta áreas de riscos geológicos, geotécnicos e hidrológicos.

Diagnósticos e programas como os desenvolvidos pelo Departamento Municipal de Habitação (Demhab), pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Porto Alegre e pela Defesa Civil têm identificado as áreas de risco existentes (PMPA, 2010). Porém, poucos são os trabalhos de detalhe e menor ainda é o número de contribuições sobre a divulgação desses temas junto à população. Mas, principalmente, não existem métodos e tecnologias sociais para o ensino desses conteúdos nas escolas e nas comunidades afetadas.

A gestão de área de risco depende de levantamentos técnicos adequados e, também, do envolvimento da população na solução e gestão dos problemas (ISDR, 1999). Em muitos casos em que ocorreram acidentes, havia o devido diagnóstico técnico, sem, no entanto, ter sido acompanhado de instrumentos de gestão devido ao desconhecimento por parte da população sobre o problema e os modos de resolvê-lo. A divulgação do diagnóstico e problemas existentes nas áreas de risco para a população que habita nesses locais é fundamental para o sucesso da gestão ambiental dessas áreas.

1.3 OBJETIVOS E METAS

O objetivo do trabalho consiste na atualização dos conhecimentos sobre riscos geológicos no Bairro São José, Morro da Cruz, por meio de um diagnóstico de detalhe e, a partir das tecnologias sociais, discutir os resultados com a comunidade local. Com isso, pretende-se contribuir com a divulgação desses estudos dentro de uma perspectiva de que esse método é importante para mitigar o risco da ocupação inadequada. Para tanto, as crianças na escola são uma importante base de apoio para o conhecimento e divulgação do problema do risco geológico.

Entender os processos dinâmicos naturais e os processos dinâmicos resultantes da tipologia da ocupação; produzir materiais didáticos para o ensino e aprendizagem em sala de aula das escolas; desenvolver processos de diagnóstico participativo constitui-se nos pontos-chave desse trabalho. O mapeamento de detalhe das áreas e tipologias de risco não apenas ajuda na acurácia do diagnóstico como também passa a ser eficiente instrumento para divulgação, ensino e discussão dos problemas com a população.

Esse tipo de informação pode servir para dar apoio ao ensino na escola local e contribuir na formação de agentes ambientais locais que favoreçam a discussão do problema com a população envolvida e melhore as condições da gestão ambiental.

1.4 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O bairro São José, onde se deu a investigação do presente trabalho, foi criado pela Lei 2022 de sete de dezembro de 1959, situa-se na região do Morro da Cruz. Possui uma área total de 212 ha, cuja densidade, segundo o IBGE (2000), é de 137 hab/ha. Seus limites atuais são a Rua Dona Firmina, da esquina da Avenida Bento Gonçalves até a junção com a Rua 26 de Dezembro; desta, por uma linha reta, seca e imaginária, até encontrar a Rua Ângelo Barcelos, junto ao Arroio do Moinho e, ao longo desse curso de água, sempre em direção norte-sul até encontrar a Rua Aquidaban; desta até a Rua São Guilherme; desta em toda a sua extensão, inclusive o previsto prolongamento até a margem do Arroio Dilúvio, da margem deste braço fluvial, em direção leste/oeste, até encontrar a Estrada do Beco do Salso e, desta, até a Avenida Bento Gonçalves, em direção centro, até encontrar a Rua Dona Firmina. Faz divisa, a leste, com o bairro Jardim Carvalho (ver Fig. 1) e, a oeste, com os bairros Coronel Aparício Borges e Vila João Pessoa.

A área de estudo situa-se nos quarteirões da rua Santa Teresa, no extremo norte do bairro, onde este se limita com extensa área natural e rural do morro Pelado (Fig. 2).

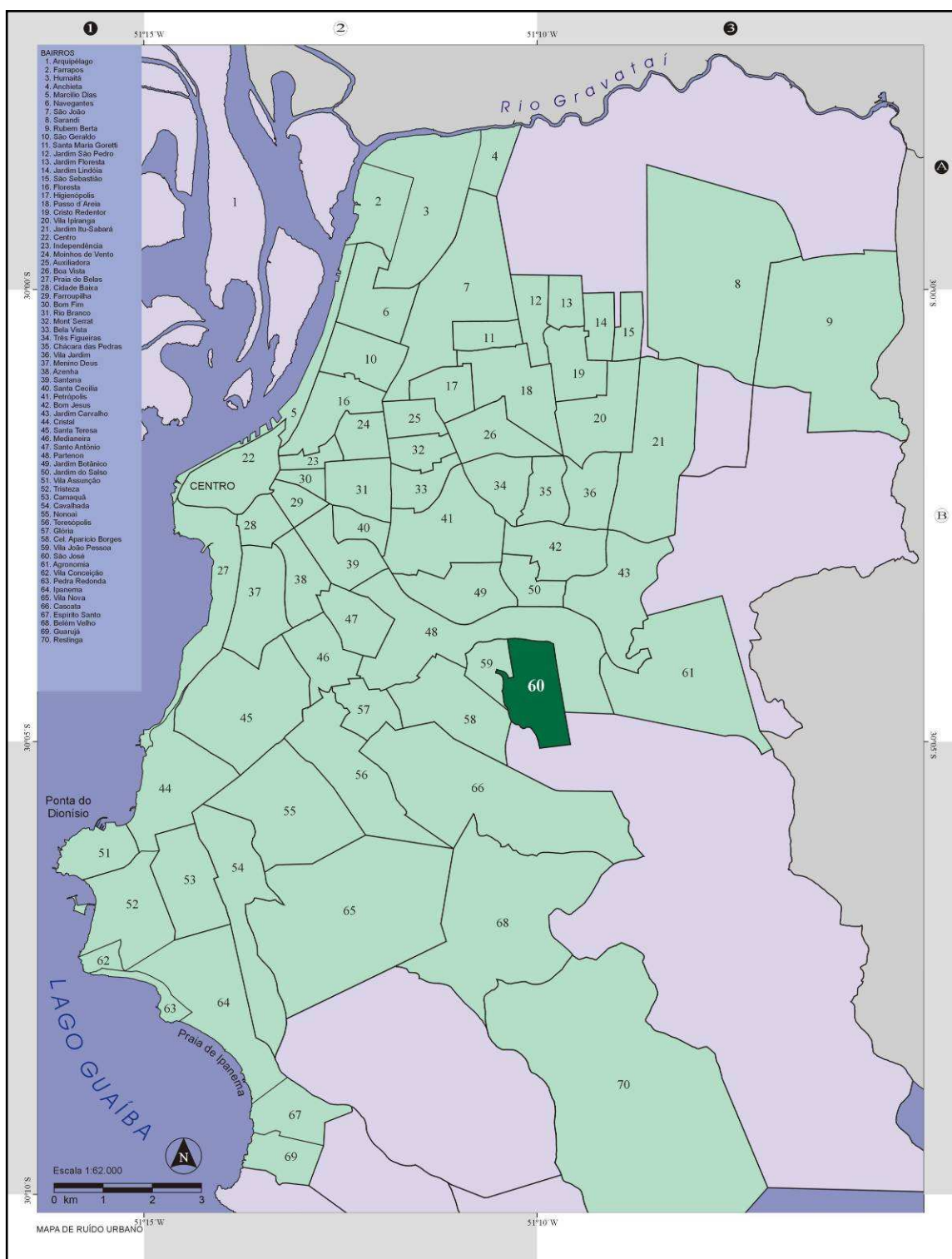


Figura 1 – Localização do bairro São José (número 60, em verde escuro) no município de Porto Alegre. (Modificado de Menegat et al., 2006, p. 204).

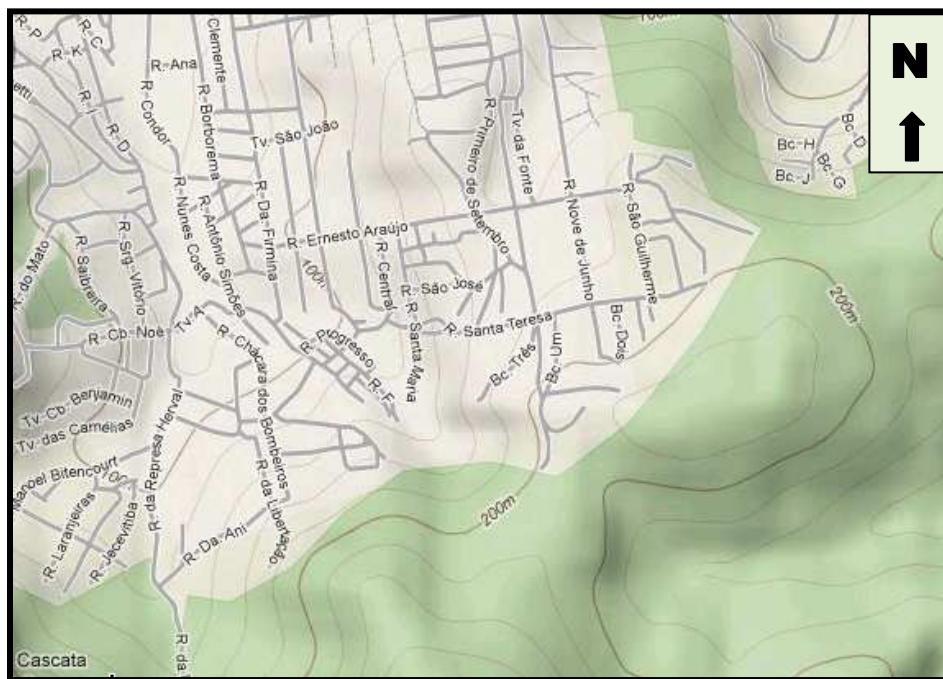


Figura 2 – Mapa da malha urbana do extremo sul do bairro São José no limite com a Zona Rural, situada nas encostas do Morro Cruz (extraído de *Google Maps*, 2010).

1.5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo será descrita, a seguir, em termos de seus principais parâmetros relacionados aos sistemas natural – geologia, geomorfologia, hidrografia, vegetação e fauna – e construído – modelo espacial urbano, densidade de ocupação, entre outros.

1.5.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NO SISTEMA NATURAL

O Bairro São José situa-se nas encostas do Morro da Cruz e do Morro Pelado. Esses morros fazem parte da face norte da Crista de Porto Alegre, cuja elevação máxima alcança 311 metros no Morro Santana.

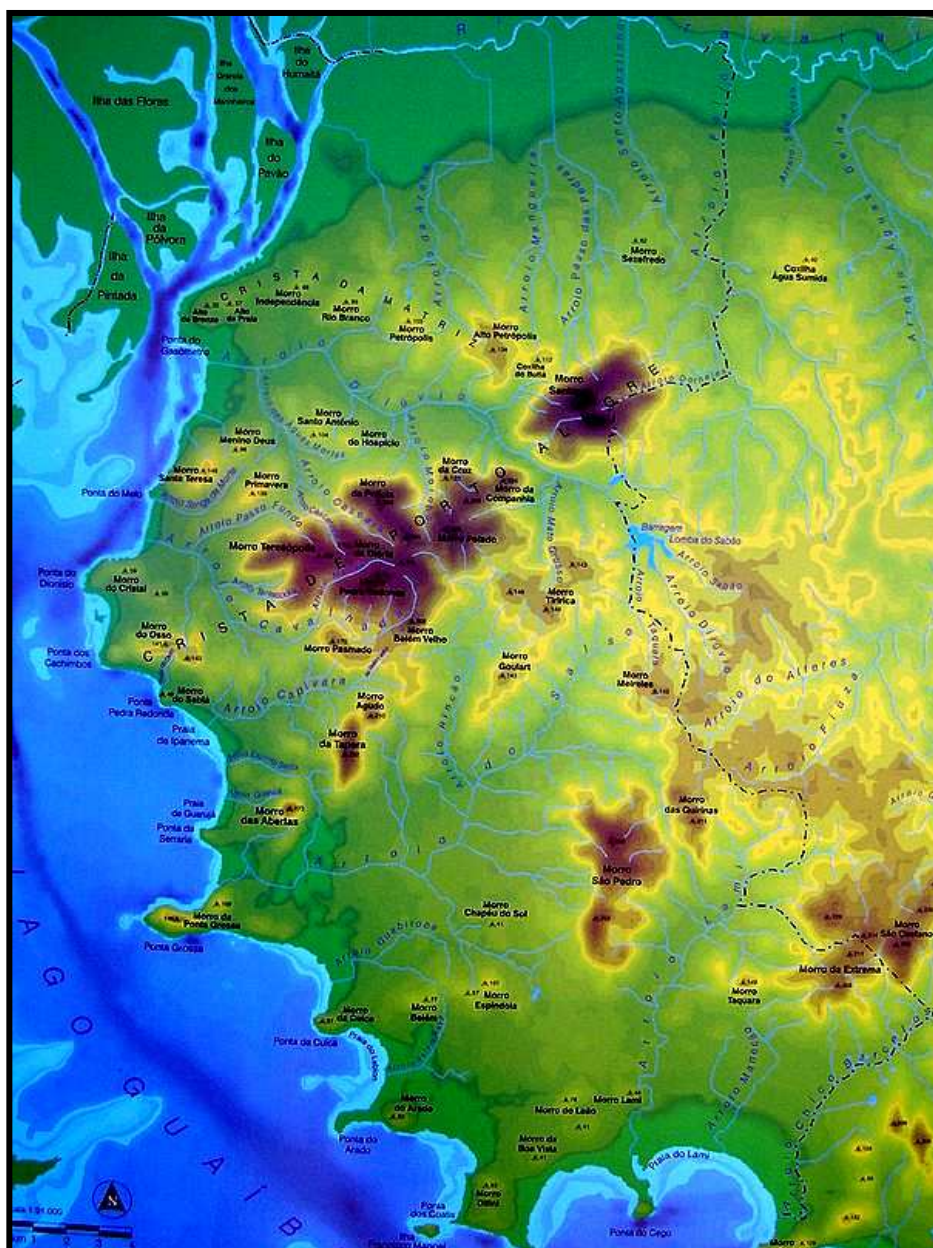


Figura 3 – Mapa físico do município, onde a Crista de Porto Alegre destaca-se na compartimentação do relevo (extraído de Hasenack et al., 2006, p.32).

A Crista de Porto Alegre, como mostra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, é uma elevação com direção geral NE-SW tendo 18 km de extensão por 2 a 7 km de largura. Essa crista é composta pelos morros Santana, Companhia, Pelado, da Polícia, Teresópolis e da Pedra Redonda. Segundo o Mapa geológico de Porto Alegre (Menegat *et al.*, 2006), a crista de Porto Alegre é constituída pelo granito Santana, um corpo intrusivo que, por erosão diferencial com os corpos de

granitóides encaixantes, estruturou o relevo na região central do município, que é a mais alta e íngreme. Por isso, essa região tornou-se um obstáculo para a ocupação urbana durante um longo período de tempo. Atualmente, dada ao crescimento urbano, ela tornou-se alvo de ocupação desenfreada. Nas zonas de falha dessa crista, o intemperismo é maior, o que leva a um aumento da profundidade dos solos saprolíticos (Guimarães, 2004).

A vegetação da crista de Porto Alegre, segundo Porto et al. (2006), era originalmente constituída por campos nos topos dos morros, matas baixas nas encostas altas e matas mais desenvolvidas nas encostas baixas, a partir das quais, em direção às terras mais baixas, desenvolveram-se butiazais. Nas encostas declivosas do Morro Pelado nascem importantes afluentes do arroio Dilúvio, como o arroio Moinho, que se situa na área de estudo.

A declividade da área de estudo está representada na figura 4.

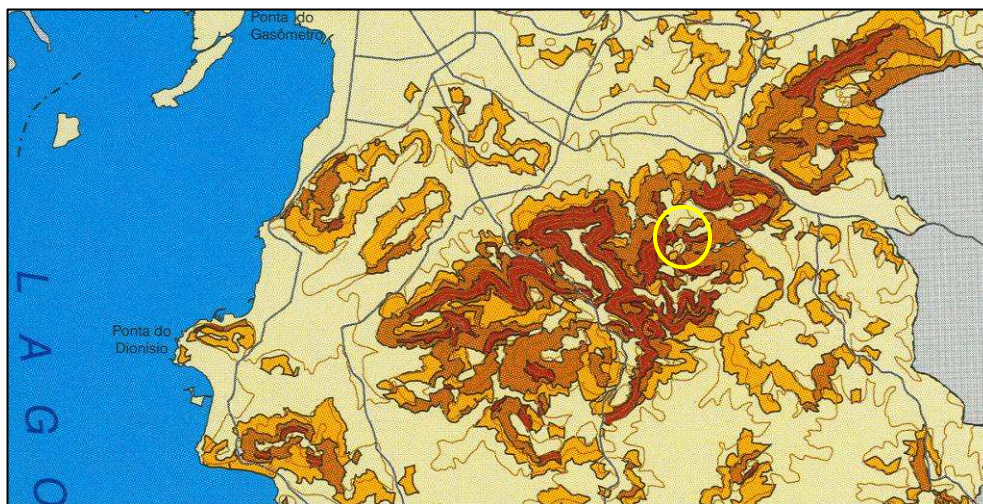


Figura 4 – Mapa de declividade da Crista de Porto Alegre. O círculo amarelo localiza a área de estudo. A unidade de cor laranja identifica declividades de 10 a 20%, laranja escuro, de 20 a 30%, e vermelho, maior que 30%. (Fonte: Chanan e Faertes, 2006, p. 45.)

1.5.1.1 Contexto Geológico

A área de estudo localiza-se sobre o Granito Santana (Menegat et al., 2006) (Fig. 6), com variações entre sienogranito a monzogranito laranja a vermelho, textura equigranular média a grossa. Na microfotografia do Atlas (Fig. 5), é mostrado um cristal grande de feldspato alcalino com pertita e outro de plagioclásio circundado por cristais menores de quartzo, biotita, feldspato alcalino e plagioclásio.



Figura 5 – Fotografia da textura macroscópica do Granito Santana.

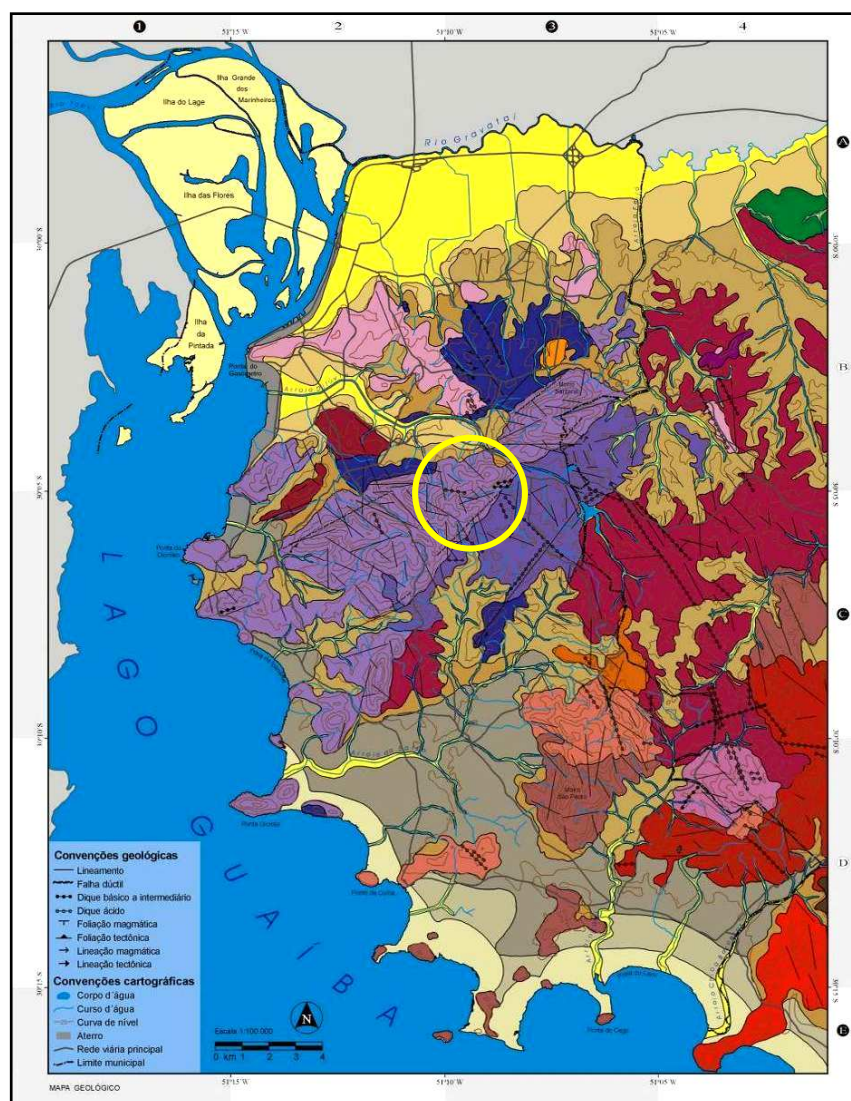


Figura 6 – Mapa geológico de Porto Alegre (Fonte: Menegat et al., 2006.)

1.5.1.2 Contexto Geomorfológico

A Crista de Porto Alegre, alinhada na direção nordeste, possui cerca de 22 km de comprimento e 6 km de largura máxima sendo cortada transversalmente pelas selas do arroio Cavalhada, a oeste, e do vale do Arroio Dilúvio, a leste. A crista (uma feição do tipo *inselbergue*) é resultado da maior resistência à erosão e do controle estrutural do Granito Santana, que marca a Sutura de Porto Alegre. Essa crista, que se situa na região central do município, compartimenta o relevo em três regiões: (a) das terras baixas do norte; (b) das terras baixas da região central; e (c) das terras baixas com morros isolados do sul. No século XX, serviu como limitador da expansão da cidade no sentido meridional, demarcando fisicamente o limite entre a região norte, urbanizada, e a região sul, com características rurais.

A área de estudo localiza-se na crista como mostra a figura 7.

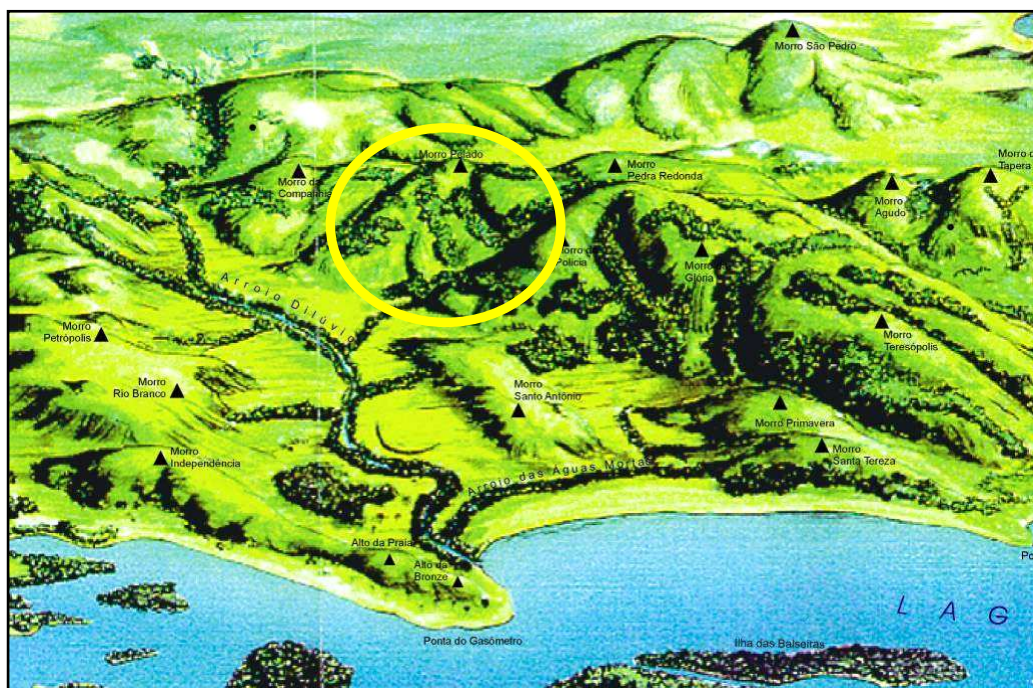


Figura 7 – Cenário mostrando a reconstrução da morfologia natural de Porto Alegre. O círculo amarelo assinala os morros da Cruz e Pelado (Extraído de Menegat et al., 2006, p. 30).

1.5.1.3 Contexto hidrográfico

A área de estudo está situada na sub-bacia do Arroio Dilúvio, a mais importante de Porto Alegre. Possui 69,55 km² e 83% está situada dentro do município. Possui características urbanas com alta densidade populacional (446 mil habitantes, resultando em 6.412,54 hab/km²). O Arroio Moinho, localizado no Morro

da Cruz, é um afluente da parte intermediária da bacia. Em uma das encostas do morro Pelado, nascentes em anfiteatro estão dispostas em leque de canais marcados pela vegetação ripária. Embora intermitentes, possuem a função de escoar as águas da chuva que alimentam o arroio formado à jusante.

Na região, ocorre o Sistema Aquífero em Rochas do Pré-Cambriano, o qual é constituído por rochas graníticas com porosidade secundária devido às fraturas, com cobertura de elúvios (manto de alteração) ou colúvios, representados por depósitos de encosta e tálus (Kirchheim & Menegat, 2006).

As vazões de captação de água subterrânea em zonas de alteração de rochas graníticas ou nos depósitos coluvionares (aquífero não confinado ou livre) dependem da espessura e do teor de argila existente. Quanto maior a espessura, maior tende a ser a vazão, e quanto maior a quantidade de argila, menos a vazão. Segundo Kirchheim & Menegat (2006), a permeabilidade desses depósitos é baixa, e as descargas são, em média, de 1 m³/h, podendo alcançar até 5 m³/h em casos excepcionais. A captação de água diretamente das rochas graníticas é mais difícil que a efetuada em depósitos coluvionares, mas pode ter sucesso quando realizada em zonas de fraturas.

Os sistemas de fraturas conferem às rochas uma porosidade localizada e secundária. Quanto maior o tamanho e o número de fraturas, maior a probabilidade de uma grande vazão. As vazões variam de 0,1 m³/h a 9 m³/h. nos poços que interceptam as zonas de falhas, a vazão média é 12 m³/h, podendo alcançar 30 m³/h. As águas que circulam nesses aquíferos apresentam condições de potabilidade sem restrições, com pH próximo a neutro e conteúdo iônico compatível com mineralogia da rocha-reservatório.

A vulnerabilidade à contaminação por disposição inadequada de resíduos, funcionamento ineficiente de fossas sépticas e vazamentos de tanques de combustíveis em postos de serviços são maiores nos aquíferos existentes no manto de alteração do que nos de rocha granítica, cuja vulnerabilidade se restringe às áreas de recarga, zonas em que as rochas encontram-se intensamente fraturadas.

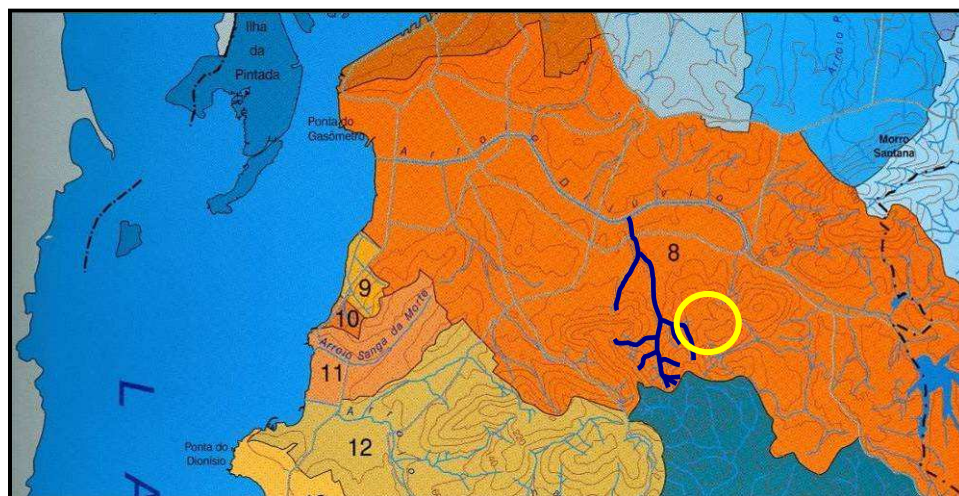


Figura 8 – Localização do arroio Moinho (destacado na cor azul intenso) na sub-bacia do Arroio Dilúvio (em laranja forte, n. 8). (Modificado de Menegat *et al.*, 2006.)

A sub-bacia hidrográfica do arroio Moinho está localizada na porção central do município de Porto Alegre, constituindo uma sub-bacia do arroio Dilúvio (Fig. 8).

Um dos principais problemas detectados nessa bacia está relacionado com o desenvolvimento da urbanização para as porções superiores das encostas, ocupando as áreas de proteção ambiental (APAs). Certos lotes ficaram com suas áreas de fundo voltadas diretamente para a margem do arroio principal; em consequência dessas condições, aterros e muros acabaram estreitando o curso do arroio (Allasia *et al.*, 2003).

1.5.1.4 Mapa geotécnico de solos

Esses mapas são definidos como um tipo de mapa geológico que fornece uma representação geral de todos os componentes significativos para o planejamento do uso do solo e para projetos, construções e manutenções aplicados às engenharias civil e de minas. Dados geotécnicos podem ser obtidos por meio de ensaios de laboratório, realizados para essa finalidade. Os dados geológicos incluem informações sobre a composição mineral, a estrutura, a textura e a intemperização do material rochoso e dos sedimentos. As informações pedológicas referem-se principalmente à espessura dos diversos horizontes do solo, sua constituição mineral, textura e estrutura. A integração desses dados deve retratar as condições características geotécnicas do terreno face às mais diferentes intervenções antrópicas, permitindo a individualização da área estudada em unidades homogêneas, chamadas

de unidades geotécnicas (Bastos et al., 2006). A área de estudo está na classificação de solo litólico como mostra a figura 9.



Figura 9 – Parte do mapa geotécnico de solos de Porto Alegre. O círculo amarelo localiza a área de estudo sobre a unidade de Solo Litólico, Rg2 (em azul claro). (Fonte: Bastos et al., 2006, p.45-46.)

1.5.1.5 Mapa da vegetação natural potencial

Representa a constituição da vegetação natural que possivelmente existiu em Porto Alegre no século XVII, antes da entrada dos primeiros colonizadores. Foi feita a partir de dados provenientes de pesquisas geológico-geomorfológicas e de remanescentes da vegetação que ainda ocorrem no município.

A área de estudo localiza-se dentro da unidade Campo (estepe), conforme figura 10: são relictos da vegetação ancestral que predominou há mais de 400 mil anos. Ocupavam uma região restrita aos topos dos morros, acima de 200 metros de altitude. Nessa época, o clima de influência glacial, seco e frio, propiciava o estabelecimento de uma vegetação herbácea, do tipo estepe, dominada por formas gramíneas cepitosas. Essa vegetação desenvolveu-se quando os morros do município, em virtude da transgressão do mar, configuravam-se como ilhas. O botânico padre Balduino Rambo referiu-se a essa vegetação como campos insulares.

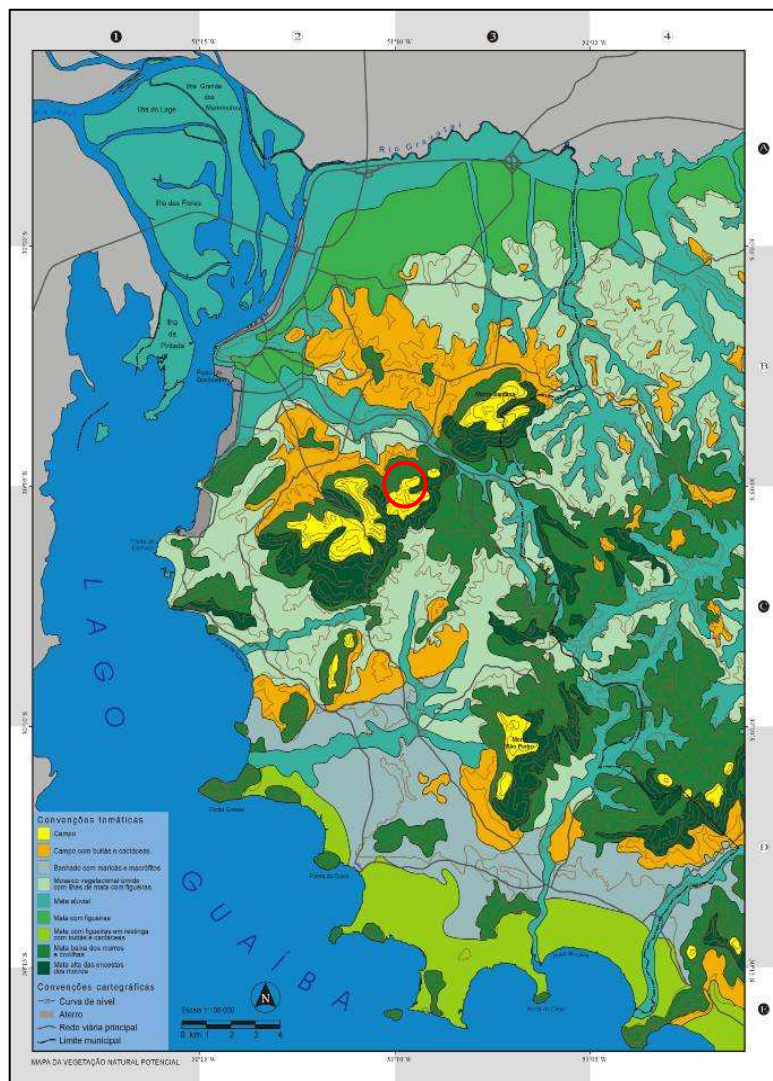


Figura 10 – Mapa da vegetação natural potencial. O círculo (extraído de Porto e Menegat, 2006).

1.5.1.6 Caracterização de biótopos naturais

A área de estudo localiza-se dentro da unidade “campo seco” (Porto, 2006, p. 59). Tratam-se de relictos de vegetação de um clima mais frio que predominava no passado. Com o domínio de formas vegetais herbáceas, esses campos tendem, atualmente, a ser invadidos por pequenos arbustos, palmeiras, butiás, e cactáceas. As famílias vegetais dominantes são as gramíneas, compostas e leguminosas, que, juntamente com outras famílias como a das mirtáceas (pequenas árvores e arbustos), são produtoras de grãos e pequenos frutos que servem de alimento aos animais. As espécies que atualmente habitam esses campos migraram das regiões Andino-Patagônicas e Chaco-Pampeana em tempos remotos (Porto, 2006, p. 47).

1.5.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NO SISTEMA CONSTRUÍDO DE PORTO ALEGRE

A partir dos estudos de classificação da ocupação feitos por Carraro e Carrara (2006, p. 102), a área de estudo localiza-se na categoria “densidade baixa”: Essa categoria caracteriza-se por uma ocupação horizontal, com residências unifamiliares, jardins ou pomares em ruas arborizadas. Incluem-se, nessa classe, as estradas da região rural bem como as interfaces entre a zona urbana e rural do município, como é o caso da área de estudo.

1.5.2.1 Sobre o modelo espacial da cidade

O modelo espacial de Porto Alegre foi estudado por Hickel et al. (2006a, p. 107), que propuseram dez unidades a partir da paisagem e das funções de certas áreas. Na unidade Cidade da Transição situa-se a área de estudo. Essa categoria define uma interface onde a ocupação urbana mais consolidada da cidade Radiocêntrica muda, na região oeste, para uma urbanização rarefeita no topo dos morros. Já na região leste ocupa o espaço entre a cidade Xadrez, urbanisticamente consolidada, e a encosta norte da Crista de Porto Alegre, representada pelos morros Santana, Companhia, da Polícia, Pedra Redonda e Teresópolis. Essa crista tem sido uma barreira natural para expansão da área de ocupação intensiva da cidade em direção à de ocupação mais rarefeita do sul do município. Para leste, a Cidade da Transição estende-se até a Estrada João de Oliveira Remião, onde se inicia o eixo de urbanização conhecido como Lomba do Pinheiro.

Ainda de acordo com os estudos de Hickel (et al., 2006b), a área de estudo encontra-se na interface entre a unidade de ocupação predominantemente residencial e a unidade da área de proteção do ambiente natural, que corresponde ao terço superior das encostas dos morros.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 DIAGNÓSTICO DE ÁREAS DE RISCO

Na pesquisa bibliográfica, são encontradas inúmeras classificações para as análises das áreas de risco à qual se propõe o presente projeto. As classificações têm como objetivo proporcionar ao usuário, a partir de uma denominação dada ao processo, uma visão inicial de suas características, mesmo que ele não tenha profundos conhecimentos da dinâmica do evento. Seria, por assim dizer, uma espécie de código ou linguagem técnica, que possibilita aos usuários e técnicos um entendimento mútuo. Fica claro, portanto, que o que se modifica não são os eventos, mas sim a sua interpretação e possibilidade de classificação.

Augusto Filho (1992) sintetizou, em uma linguagem acessível, a definição de diferentes termos utilizados para referir diferentes situações de relacionadas ao risco ou ao perigo geológico. Assim, por exemplo, deve-se distinguir o “risco” de “perigo”. O primeiro designa uma medida de probabilidade de um efeito adverso para a saúde, propriedade ou ambiente, enquanto que o “perigo” denota uma condição que tem potencial para causar danos. Da mesma maneira, deve-se distinguir a “vulnerabilidade” da “probabilidade”. O primeiro define o grau de perda de certo elemento ou grupo de elementos em uma área afetada por um desastre. O segundo termo, refere-se à probabilidade de um resultado específico calculado em termos de uma razão que considera o número de casos específicos e todos os casos possíveis. Além disso, são definidos igualmente conceitos importantes como a análise de risco, avaliação de risco, estimativa de risco, cálculo de risco e gerenciamento de risco, entre outros (ver Quadro 1).

Quadro 1 – Principais termos utilizados na análise de risco associados a escorregamentos (IUGS Working Group - Committee on Risk Assessment, 1997, apud Augusto Filho, 2001).

TERMO	DEFINIÇÃO
Risco (<i>risk</i>)	uma medida da probabilidade e severidade de um efeito adverso para a saúde, propriedade ou ambiente. Risco é geralmente estimado pelo produto entre a probabilidade e as conseqüências. Entretanto, a interpretação mais genérica de risco envolve a comparação da probabilidade e conseqüências, não utilizando o produto matemático entre estes dois termos, para expressar os níveis de risco.
Processo perigoso (<i>danger</i>)	o fenômeno natural geometricamente e mecanicamente caracterizado (no caso, os fenômenos naturais seriam os diferentes tipos de escorregamentos).
Perigo (<i>hazard</i>)	uma condição com potencial para causar uma conseqüência desagradável. Descrições de perigo de escorregamento, particularmente voltadas para o zoneamento, deveriam incluir as características dos escorregamentos, tais como, os volumes ou áreas dos escorregamentos e a probabilidade de ocorrência deles. Também devem existir valores descrevendo as velocidades absolutas e relativas dos escorregamentos. Alternativamente, o perigo é a probabilidade de um escorregamento particular ocorrer num dado período de tempo.
Elementos sob risco (<i>elements at risk</i>)	significando a população, as edificações e as obras de engenharia, as atividades econômicas, os serviços públicos e a infraestrutura na área potencialmente afetável pelos escorregamentos.
Probabilidade – P (<i>probability</i>)	a probabilidade de um resultado específico, medido pela razão entre o número de resultados específicos e todos os resultados possíveis. A probabilidade é expressa como um número entre 0 e 1, com 0 indicando um resultado impossível, e 1 indicando que um resultado é certo.
Vulnerabilidade – V (<i>vulnerability</i>)	o grau de perda para um dado elemento ou grupo de elementos dentro de um área afetada por escorregamentos. Ela é expressa em uma escala de 0 (sem perda) a 1 (perda total). Para propriedades, a perda será o valor da edificação; para pessoas, ela será a probabilidade de que uma vida seja perdida, em um determinado grupo humano que pode ser afetado pelos escorregamentos.
Análise de Risco (<i>risk analysis</i>)	o uso da informação disponível para estimar o risco para indivíduos ou populações, propriedades ou o ambiente. A análise de risco, geralmente, contém as seguintes etapas: definição do escopo; identificação do perigo; e a determinação do risco.
Avaliação de Risco (<i>risk assessment</i>)	o processo de avaliação e análise de risco.
Estimativa do Risco (<i>risk estimation</i>)	o processo usado para produzir uma medida do nível de risco das pessoas, das propriedades ou do ambiente que está sendo analisado. A estimativa de risco envolve as seguintes etapas: análise da frequência do acidente considerado; análise das conseqüências potenciais relacionadas ao acidente; e a integração entre elas.
Cálculo de Risco (<i>risk evaluation</i>)	o estágio no qual valores e julgamentos entram no processo de decisão, explicitamente ou implicitamente, pela inclusão da consideração da importância dos riscos estimados e as conseqüências sociais, ambientais e econômicas associadas, com o objetivo de identificar o leque de alternativas de mitigação destes riscos.
Gerenciamento de risco (<i>risk management</i>)	o processo completo de avaliação e controle de risco.
Risco Aceitável (<i>acceptable risk</i>)	nível de risco para o qual, para os propósitos da vida ou trabalho, nós estamos preparados para aceitá-lo como ele é, sem considerar seu gerenciamento. A sociedade geralmente não considera justificável gastos adicionais para redução destes riscos.
Risco Tolerável (<i>tolerable risk</i>)	um risco que a sociedade está disposta a aceitar para viver com ele afim de obter certos benefícios líquidos, na confiança que este risco está sendo propriamente controlado, mantido sob inspeção e que será melhor reduzido como e quando possível.
Risco Individual (<i>individual risk</i>)	o risco de morte e/ou danos para qualquer indivíduo identificável que vive em uma zona exposta ao perigo, ou quem segue um padrão particular de vida que o submete às conseqüências deste perigo (de escorregamento, no caso).
Risco Social (<i>social risk</i>)	o risco de múltiplos danos ou mortes para toda a sociedade, um risco no qual a sociedade poderá carregar o peso de um acidente causando várias mortes, injúrias, perdas financeiras, ambientais, etc.

Em Porto Alegre, diversos projetos e ações têm sido adotados para diagnóstico das áreas de risco consoante diversos modelos conceituais. Entre as ações da Prefeitura Municipal (PMPA, 2010) para prevenir os desastres nas áreas de risco estão:

- a) Programa de Regularização Fundiária;

- b) Programa Áreas de Riscos, instituído em janeiro de 1994, por meio do Decreto nº 10.898, que tem a finalidade de prevenir e evitar a ocorrência de desastres nas áreas de riscos;
- c) COPAE (Comissão Permanente de Atuação em Emergências), criado em 11 de março de 2005, por meio do Decreto nº 14.835, formado por 11 órgãos municipais e coordenados pela Defesa Civil Municipal, trabalha para garantir uma resposta rápida às comunidades em situações de emergência;
- d) Decreto 9.250/1988, que dispõe sobre o Sistema Municipal de Defesa Civil, e cria a Coordenação de Defesa Civil.

No Morro da Cruz, três monografias do curso de Geologia da UFRGS foram realizadas na para fins de diagnóstico de questões ambientais. O trabalho pioneiro de graduação, feito por Duarte (2002), intitulado *Avaliação Geoambiental da Sub-bacia do Arroio Moinho, Município de Porto Alegre, RS* fez caracterizações sobre a qualidade da água e usos do solo. O segundo trabalho, de autoria de Guimarães (2004), intitulado *Estudo Integrado de Riscos Ambientais e Geológico-Geotécnicos do Sistema Urbano do Morro da Cruz, Porto Alegre, RS*, buscou tipificar por meio de um mapa-síntese, a combinação dos riscos ambientais nas nascentes dessa mesma sub-bacia. O terceiro trabalho, de autoria de Uszacki (2004), intitulado *Tipificação da contaminação dos riscos ambientais nas nascentes do afluente do Arroio Moinho*, buscou integrar os riscos ambientais e geológico-geotécnicos no bairro em questão.

2.1.1 INDICADORES DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO EM PORTO ALEGRE

Os mapas de áreas de risco elaborados em Porto Alegre identificam unidades de perigo geológico-geotécnico com base na declividade e drenagem, sendo identificados os locais em que já houve incidentes. Um exemplo é o Mapa de indicadores de áreas de risco geológico (ver Fig. 11). Nele, a classe de declividade maior que 30% identifica áreas de preservação previstas na Lei Federal nº 6.766/79.

A combinação dos indicadores constantes no mapa dos indicadores de áreas de risco geológico elaborado por Chanan et al. (2006, p. 154) permite a visualização de situações em que o risco de acidentes geológicos se mostra com maior ou menor possibilidade de ocorrência.

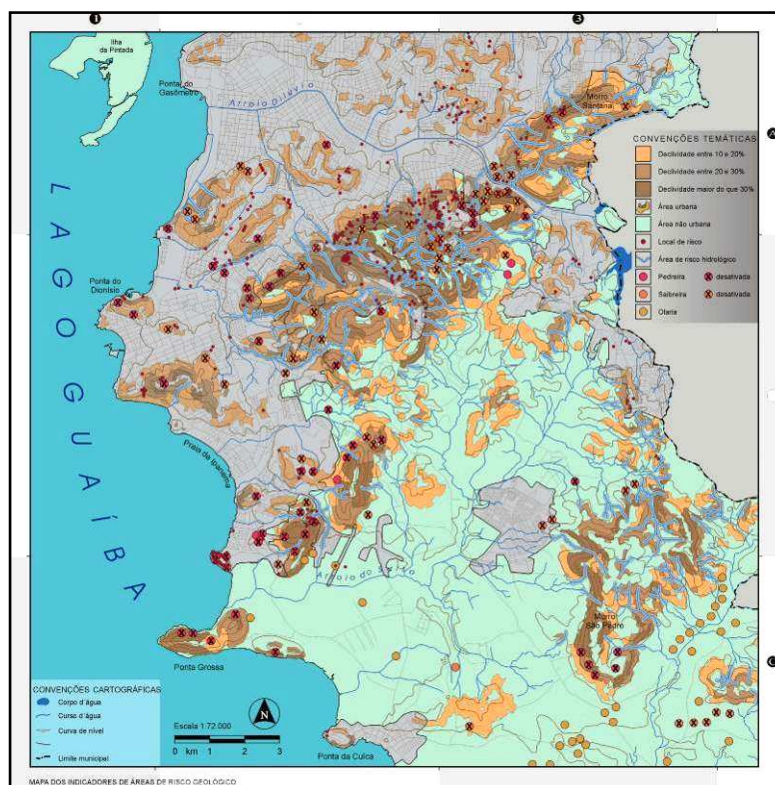


Figura 11 – Mapa dos indicadores de áreas de risco geológico (Extraído de Chanan *et al.*, 2006, p. 154).

Outra ferramenta de estudo é a análise de vulnerabilidade a partir da integração de dados por meio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. O grau de vulnerabilidade representa a predisposição de um ambiente em sofrer danos quando exposto a um fenômeno físico de origem natural ou antrópica. Chanan (2006, p. 155) a partir da sistematização de dados relativos à geologia, pedologia, susceptibilidade à erosão laminar, relevo e vegetação elaborou o Mapa de vulnerabilidade à ocupação urbana para o município de Porto Alegre. Chanan (2006) reconheceu quatro classes com diferentes graus de vulnerabilidade. O mapa de vulnerabilidade permite subsidiar o planejamento do uso e ocupação urbana do solo. Por meio da análise de classes, é possível orientar a forma de ocupação em áreas do município, propor restrições em outras, ou até impedi-la, em função do grau de instabilidade e do suporte natural.

A área de estudo localiza-se numa área em que ocorrem as unidades de “alta” a “muito alta vulnerabilidade”, onde a declividade é superior a 30%. A Lei Federal nº 6.766/79 veda o parcelamento do solo em terreno com declividade igual ou superior a 30%, salvo se atendidas as exigências específicas das autoridades

competentes. Assim, a densa cobertura vegetal de porte existente nas áreas dessa classe, aliadas às características físicas da mesma, sugere a preservação total desses terrenos.

Dessa maneira, evidencia-se a necessidade de que sejam feitos estudos de detalhe das áreas de risco geológico e geotécnico em Porto Alegre nos moldes propostos por este trabalho por meio de “roteiro de cadastro de risco” (ver Capítulo 3). Assim, poder-se-á suprir essa importante lacuna e avançar em programas de gestão do risco.

2.1.2 TIPOLOGIAS DE SITUAÇÕES DE RISCO GEOLÓGICO EM ENCOSTAS DO MORRO DA CRUZ

No Bairro São José, em Porto Alegre, região de interface entre a cidade e os sistemas rural e natural, ocorre ocupação inadequada em encostas dos morros da Cruz e Pelado, onde há perigo geológico e geotécnico. Os principais tipos de problemas estão relacionados com aterros ineficientes e cortes inadequados de taludes, além de drenagem precária de esgotos e ocupação de margens ribeirinhas. Além desses, Oliveira et al. (2006, p. 153) classificaram as situações de risco de acordo com os fatores causadores. Na figura 12, estão representados as principais situações de risco resultantes de fatores naturais, fatores decorrentes de procedimentos inadequados de manejo de solo, e fatores decorrentes da ocupação inadequada de terrenos declivosos e margem de curso d'água.

No primeiro grupo, está a chuva (ver figura 12, n. 1), que é um dos principais fatores naturais condicionantes do risco geológico, juntamente com a declividade do terreno; e a rolagem de matacão (Fig. 12, n. 2), que pode causar dano pessoal e material. No segundo grupo, incluem-se: desmatamento (Fig. 12, n. 3), que facilita a erosão e o rompimento do solo; erosão (Fig. 12, n. 5); queda de blocos (Fig. 12, n. 6), que ocorre em taludes verticais naturais ou escavados em área de antiga exploração mineral; execução inadequada de aterro (Fig. 12, n. 7), que ocorre quando o ocupante realiza um corte na encosta e utiliza a terra para horizontalizar o terreno, sendo um caso típico em Porto Alegre; escorregamento (Figura 12, n. 12), que está associado a taludes de corte, aterros e encostas naturais; e por fim, corte inadequado de talude (Fig. 12, n. 13), cuja instabilidade deve-se à altura excessiva do corte e ausência de muros de arrimo.

No terceiro grupo, incluem-se: ocupação em área declivosa (Fig. 12, n. 4), onde a retirada de material em encostas de alta declividade potencializa o colapso gravitacional do solo; entupimento de canaleta de escoamento (Fig. 12, n. 8), devido à métodos ineficazes de drenagem da água e esgoto; lançamento de água servida (Fig. 12, n. 9), que ajuda a formar zonas saturadas aumentando a possibilidade de escorregamento; fossa sanitária (Fig. 12, n. 10), que por meio do seu uso prolongado em local inadequado pode ocasionar a formação de zonas saturadas no solo, facilitando o rompimento; risco hidrológico (Fig. 12, n. 11), pelo assoreamento dos arroios provindos do desmatamento e ocupação ocasionando alagamentos; depósito clandestino de lixo (Fig. 12, n. 14), incrementando a possibilidade de escorregamento pelo aumento de carga.

A população não reconhece esses problemas de risco geológico geotécnico, o que dificulta a gestão ambiental.

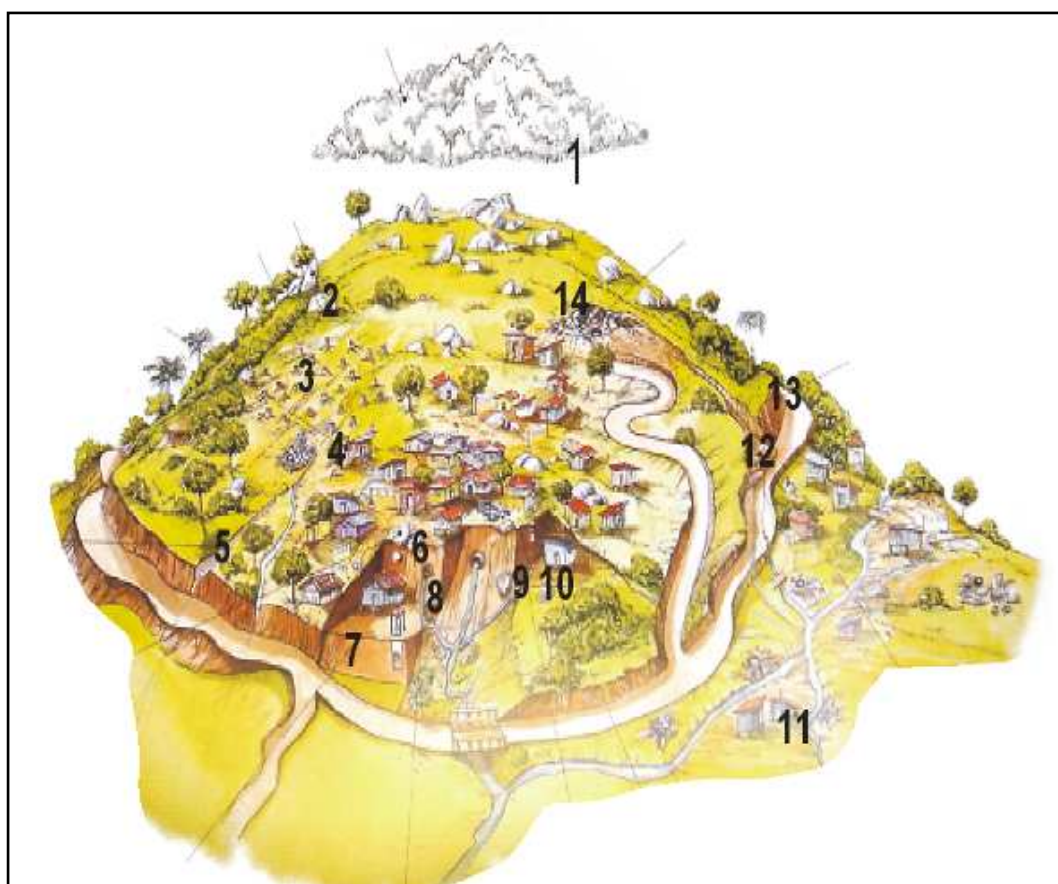


Figura 12 – Padrões de riscos geológicos-geotécnicos e hidrológicos típicos de uma encosta dos morros de Porto Alegre. (Extraído de Oliveira *et al.*, 2006, p. 153.)

2.2 CLASSIFICAÇÃO DE MOVIMENTOS DE MASSA

Em uma síntese apresentada por Augusto Filho (1992), os movimentos de massa foram classificados com grande quantidade de unidades. Contudo, adequando-a à configuração geológica e geomorfológica da área de estudo, quatro tipos devem ser destacados: rastejo, escorregamento, queda e corrida. A seguir, esboçamos as definições e características de cada um.

a) Rastejo (*Creep*) (Fig. 13):

- Vários planos de deslocamento (internos);
- Velocidades muito baixas a baixas (cm/ano) e decrescentes com a profundidade;
- Movimentos constante, sazonais ou intermitentes;
- Solo, depósitos, rocha alterada/fraturada;
- Geometria indefinida.

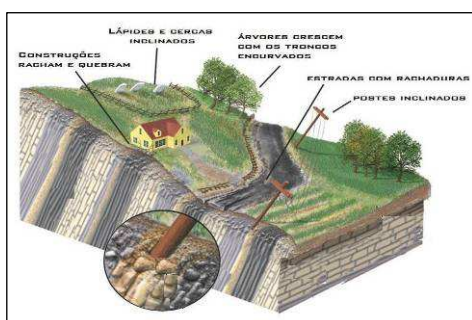


Figura 13 – Bloco-diagrama ilustrando rastejo causando encurvamento dos troncos das árvores e o estufamento de algumas porções do solo (Fonte: Press et al., 2006).

b) Escorregamentos (*slides*) (Fig. 14):

- Poucos planos de deslocamento (externos);
- Velocidades médias (m/h) a altas (m/s);
- Pequenos a grandes volumes de material;
- Geometria e materiais variáveis;
- Planares: solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza

- Circulares: solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas
- Em cunha: solos e rochas com dois planos de fraqueza

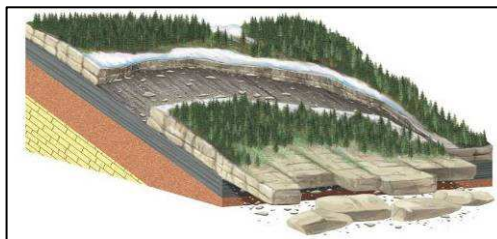


Figura 14 – Bloco-diagrama ilustrando escorregamento em plano de deslocamento (Fonte: Press et al., 2006).

c) Quedas (*falls*) (Fig. 15):

- Sem plano de deslocamento;
- Movimento tipo queda livre ou em plano inclinado;
- Velocidades muito altas (vários m/s);
- Material rochoso;
- Pequenos a médios volumes;
- Geometria variável: lascas, placas, blocos, etc;
- Rolamento de matacão e tombamento



Figura 15 – Bloco-diagrama ilustrando queda de blocos (Fonte: Press et al., 2006).

d) Corridas (*flows*) (Fig. 16):

- Muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação);
- Movimento semelhante ao de um líquido viscoso;
- Desenvolvimento ao longo das drenagens;
- Velocidades médias a altas;
- Mobilização de solo, rocha, detritos e água;
- Grande volume de material;
- Extenso raio de alcance, mesmo em área planas.

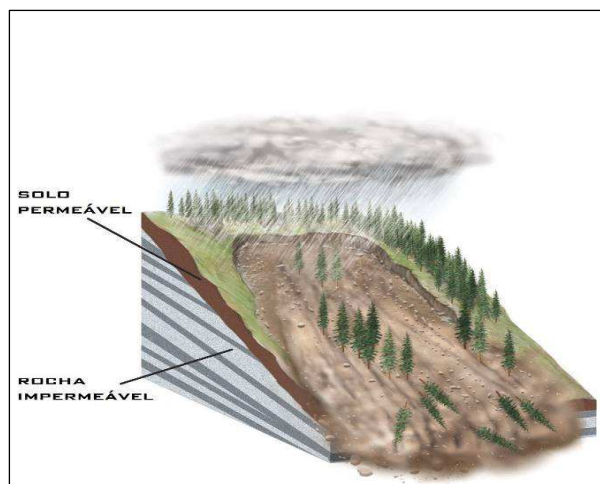


Figura 16 – Bloco-diagrama ilustrando corrida de massa (Fonte: Press et al., 2006).

2.3 EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO

Genebaldo Dias (1992), em seu livro *Educação Ambiental: Princípios e Práticas*, argumentou que a educação ambiental deve ser entendida como "um processo por meio do qual as pessoas aprendem como funciona o ambiente, como dependemos dele, como o afetamos e como promovemos a sua sustentabilidade". Ou, como mostra o mapa conceitual da figura 17, a educação ambiental desencadeia uma sequência de eventos que ajudam a entender os problemas ambientais e a buscar sua solução.



Figura 17 – Mapa conceitual da Educação Ambiental (extraído de Dias, 1992).

A transformação social, por meio da participação direta da comunidade escolar na geração de seus próprios conhecimentos e experiências, representa um modo de trabalhar cientificamente (Vasconcellos, 1998). Esse modo estrutura-se em três níveis: a tomada de consciência e diagnóstico, resolução de problemas e a produção de conhecimento sobre o lugar onde a comunidade vive.

Ainda segundo Vasconcellos (1998), na pesquisa-ação, a resolução desses problemas necessita de uma investigação didática e assim ser conduzida juntamente com a comunidade escolar. Por outro lado, esse conhecimento científico somente poderá ser produzido se houver a participação e diálogo das pessoas do bairro. Existe aí, uma relação entre conhecimento e valores.

Segundo Rheinheimer & Guerra (2010, p. 91), a educação ambiental não é apenas formativa, mas também contribui para a transformação social:

Processos formativos em educação ambiental, associados a projetos de intervenção na perspectiva da pesquisa-ação participativa, podem configurar-se como um caminho a imersão da temática ambiental no contexto escolar e também como possibilidade de transformação das realidades investigadas.

A Educação Ambiental baseia-se em uma nova visão de mundo, na qual cada parte não tem valor em si própria, mas sim quando avaliada em conjunto (Vasconcellos, 1998). Essa visão integrada da cultura e da paisagem é aqui resgatada por meio da interdisciplinaridade, pois visa a busca por melhorias do ambiente local a partir das questões levantadas pelos próprios alunos da escola. Trazer a cooperação, a visão interdisciplinar, otimizações de recursos, participação consciente e ativa, são algumas características dentro da unidade escolar. Na Escola Municipal de Ensino Fundamental Judith Macedo de Araújo, situada no Bairro São José, no Morro da Cruz, desenvolveu-se há mais de dez anos um programa de educação ambiental que levou à construção de um Laboratório de Inteligência do Ambiente Urbano (LIAU) (Menegat e Carraro, 2008). Nesse laboratório, professores e alunos da escola desenvolvem projetos que buscam diagnosticar e representar a paisagem e a dinâmica ambiental do lugar onde se insere a escola. Mapas, maquetes, painéis (Fig. 18), litotecas, entre outros materiais, são expostos na sala do LIAU e servem para o ensino e aprendizagem de todas as áreas do currículo escolar.



Figura 18 – Grupo de alunos do LIAU da Escola Judith Macedo de Araújo com os professores coordenadores.

3 METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO

O método deste trabalho consiste no cadastramento e mapeamento de risco em detalhe e a correspondente análise da situação em duas áreas delimitadas na extremidade sul do bairro São José, no Morro da Cruz. Para tanto, utilizou-se o modelo de mapeamento de detalhe de áreas de risco desenvolvida por Macedo (2001), do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. Esse modelo propõe o desenvolvimento de um cadastro de risco com base em conceitos de movimentos de massa entre outros, visando a definição de medidas de prevenção de acidentes.

Além da análise do terreno, coloca-se a metodologia específica de educação ambiental integrada, desenvolvida no Laboratório de Inteligência Ambiental Urbana na Escola Municipal de Ensino Fundamental Judith Macedo de Araújo. Investigar como os alunos percebem essas áreas, utilizando materiais pedagógicos adequados, como mapas, maquetes, saídas a campo para leituras da paisagem do bairro com documentação sobre processos geológicos e possíveis danos, croquis esquemáticos e fotografias locais. Serão abordados os conceitos básicos da área de riscos geológicos utilizados na pesquisa, as classificações de escorregamentos, as metodologias de zoneamento e cadastro existentes, com uma análise de materiais sobre percepção de risco.

A integração dessas duas metodologias – análise de risco e educação ambiental integrada - mediante um trabalho continuado de diagnóstico e ensino, do tipo pesquisa-ação, permitirá formar esses alunos para serem “Agentes Ambientais Mirins” de sorte a ajudarem na divulgação do tema junto à população.

O cadastro de riscos é um instrumento que permite determinar a potencialidade de ocorrência de acidentes, por meio de vistorias realizadas em campo objetivando identificar as situações de risco. Podem ser usadas fichas de vistoria, tabelas de escorregamento e caracterização do local, a serem adaptadas para a realidade do bairro.

De modo mais amplo, procura-se adotar a metodologia dos modelos e recomendações da ONU. Diante do tsunami que atingiu a Ásia e do aumento do número de desastres relacionados a perigos naturais nos últimos anos, a ONU foi pressionada a estabelecer um plano para ajudar governos a fortalecer seus sistemas de prevenção. Lançou a campanha “Tornar as Cidades Resilientes: a minha cidade está se preparando” por meio do ISRD – Estratégia Internacional para Redução de Desastres. Esse plano sugere a adoção de planos de diagnóstico associados com ampla formação e informação dos cidadãos.

3.1 CURSO DE FORMAÇÃO DE AGENTES SOCIOAMBIENTAIS MIRINS

A partir da proposta de adaptar o Roteiro de Cadastro de Risco (Macedo 2001) para os alunos do LIAU, foi montado e aplicado um curso intitulado “Atuando como agentes mirins na prevenção e diagnóstico das áreas de risco no Morro da Cruz”. O curso foi dividido em três partes: aulas teóricas e laboratoriais, prática de campo e divulgação dos conhecimentos.

Apresentamos nesse item a técnica de ensino adotada, o roteiro do curso com o plano de aula e as experiências realizadas, bem como materiais didáticos e de divulgação.

3.1.1 ROTEIRO DE AULA ADOTADO NO CURSO DE CAPACITAÇÃO

O entendimento do conceito de áreas de risco é complexo. Contudo, pode ser mais bem esclarecido quando são ensinados conceitos básicos como: rocha, solo,

força da gravidade, grau de inclinação, grau de escorregamento, força de coesão das partículas, etc.

Partindo desse pressuposto, foi montado um programa de aulas dividido em questões fundamentais e questões mais complexas sobre movimentos de massa. Uma série de experiências laboratoriais foi aplicada, seguindo o seguinte modelo:

- Conceitos básicos: rocha, formação do solo, constituintes do solo, forças de coesão, ângulo de repouso dos materiais particulados e grau de inclinação;
- Experiências em laboratório
- Conceitos específicos de movimentos de massa
- Cadastro de risco, maquete e saídas de campo
- Disseminação dos assuntos por meio de materiais didáticos
- Certificação como agente socioambiental.

Como ponto de partida, fez-se a contextualização dos problemas sobre o crescimento da população mundial e a ocupação, em geral pelas populações de mais baixa renda, em áreas de risco. Por meio de imagens, casos específicos da cidade de Porto Alegre foram apresentados, como por exemplo, o Beco Adelar, no bairro Hípica, o Beco da Servidão no bairro Glória, a Vila Canudos e o próprio Morro da Cruz, no bairro São José.

O mapa potencial sobre as maiores possibilidades de risco como alagamento, deslizamento e incêndio, e que atingem cerca de 4,5 mil famílias na Capital foi discutido, chamando atenção de que grande parte dos locais concentram-se na feição geomorfológica conhecida como Crista de Porto Alegre.

Como integram o grupo ambiental da escola, foi reforçada a importância do conhecimento sobre o ambiente no qual vivem e a possibilidade de transformar a escola num centro de saberes local. É o conhecimento gerando responsabilidade com a proposta de alternativas para mitigar os impactos no meio ambiente.

3.1.2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

A fim de aprofundar os entendimentos nas questões referentes aos movimentos de massa e ao “Roteiro de Cadastro” (ver item abaixo), foram realizadas experiências práticas para consolidar as informações passadas pelo método

audiovisual de projeções. A seguir, os tópicos discutidos e aprofundados na sala de aula:

3.1.2.1 Solos

O solo é uma camada fina de material poroso que cobre grande parte da superfície da Terra. É formado pela degradação das rochas a partir da ação de plantas e animais. À medida que a rocha-mãe se decompõe em partículas minerais, os líquens e musgos crescem e penetram nas fissuras. Arbustos e capins colonizam a área, auxiliando nessa tarefa, e quando morrem contribuem virando matéria orgânica. A utilização do Atlas Ambiental de Porto Alegre contribuiu para a visualização do processo conhecido como xerossere ou “os vegetais conquistam a rocha” (Mohr e Porto, 2006):

- 1) **Os líquens crustáceos cobrem a rocha:** os líquens cobrem a rocha exposta, intensificando a intemperização e a formação do solo (Fig. 19);

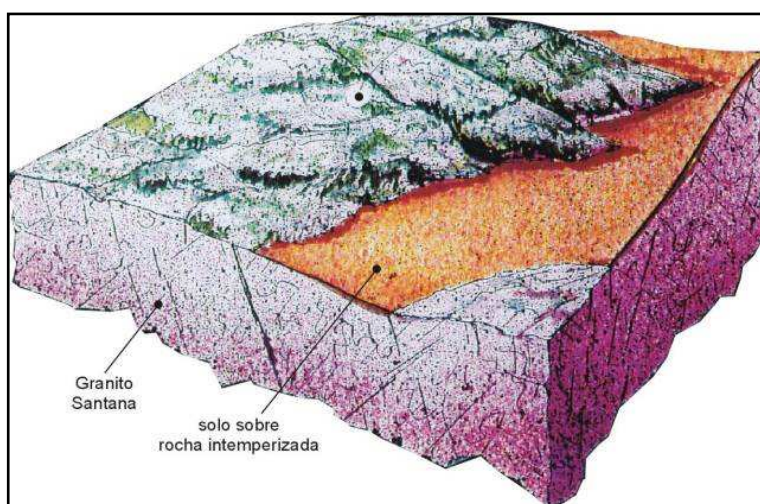


Figura 19 – Líquens crustáceos cobrindo a rocha. (Extraído de Mohr & Porto, 2006).

- 2) **Surge a vegetação pioneira sobre a rocha:** musgos, ervas, bromélias. Cactáceas e samambaias crescem nas porções mais intemperizadas da rocha e favorecem o desenvolvimento do solo. Esses vegetais formam conjuntos peculiares e, às vezes, ocorrem de forma distinta em cada morro (Fig. 20).

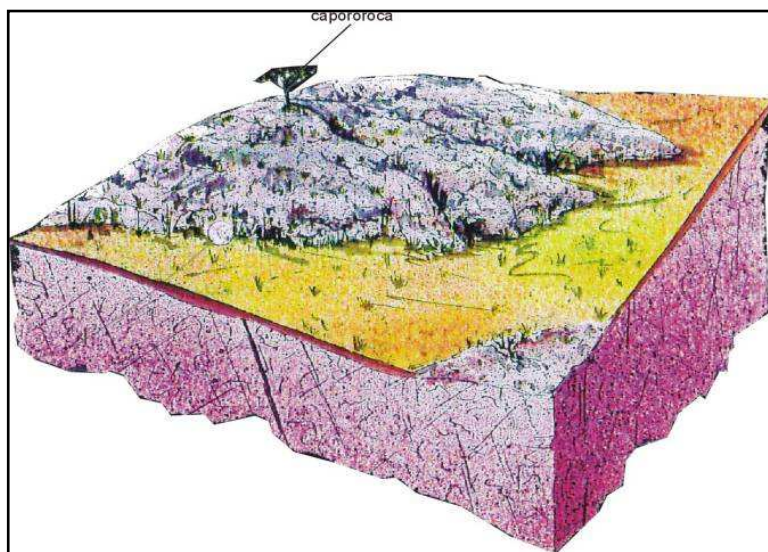


Figura 20 – Mostra a vegetação pioneira. (Extraído de Mohr & Porto, 2006).

- 2) **Desenvolvem-se os arbustos:** com a formação do solo, torna-se possível o crescimento de vegetais arbustivos, que crescem nas fraturas das rochas, fragmentando-as (Fig. 21).

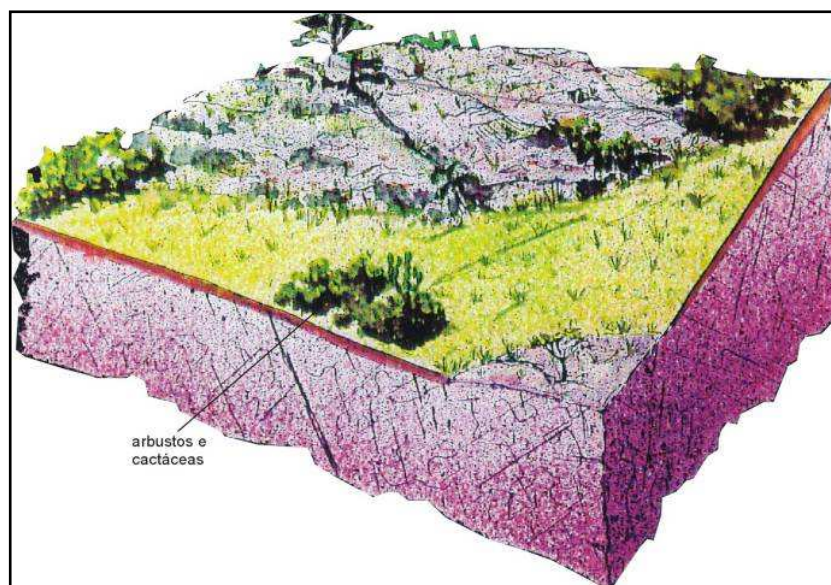


Figura 21 – Desenvolvimento de plantas arbustivas. (Extraído de Mohr & Porto, 2006).

- 3) **Formam-se as matas baixas:** os vegetais arbustivos conquistam o território e formam ilhas de vegetação arbustivo-arbórea que se unem formando a floresta de porte baixo (Fig. 22).

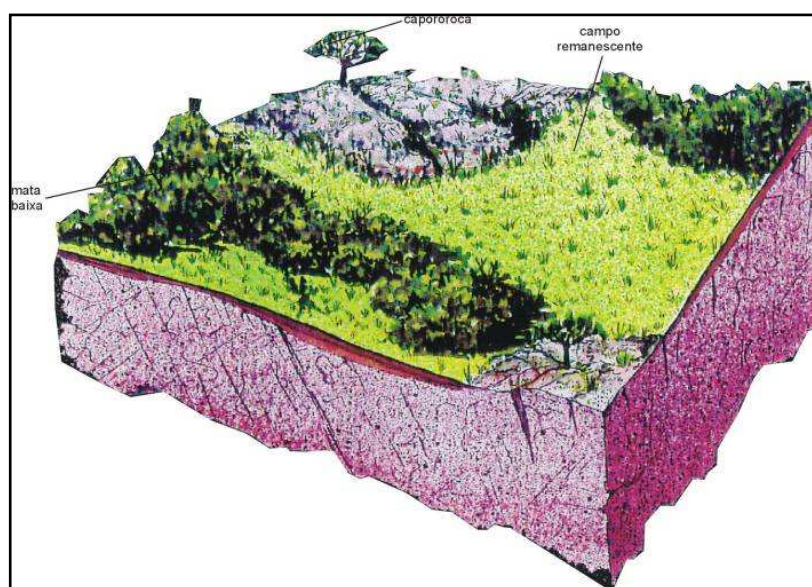


Figura 22 – Formação de matas baixas. (Extraído de Mohr & Porto, 2006).

3.1.2.2 Componentes principais do solo

As aulas também versaram acerca de minerais, matéria orgânica e organismos presentes. Abaixo segue os principais elementos de cada conceito discutidos em aula de forma participativa e dinâmica.

Minerais: determinam características específicas do solo e, por isso, podem determinar as espécies vegetais que nele se adaptam. Para que as plantas absorvam os nutrientes que precisam, é preciso a cooperação de bactérias, fungos, água e toda a vida no solo. O solo é composto por frações granulométricas de areia, silte e argila. Cada um é identificado pelo tamanho de partícula básica. Solos arenosos são geralmente secos, leves e pobres. Solos siltosos têm partículas menores e os argilosos têm as menores partículas e são pesados, retêm umidade por mais tempo e são mais ricos em nutrientes.

Matéria orgânica: qualquer forma de vida que tenha existido e esteja se decompondo é conhecida como matéria orgânica. E esta é a cura para a maioria das deficiências dos solos.

Organismos do solo: são a vida no solo e realizam uma tarefa vital na decomposição de materiais e na transformação deste em húmus.

- **Oficinas em sala de aula: o teste da lupa**

Essa experiência foi proposta com o objetivo de identificar os constituintes dos diferentes tipos de solos da litoteca do Liau (Fig. 23). Utilizou-se papel branco, lupa de aumento e diferentes tipos de solo. Sobre uma folha de papel, colocaram-se as amostras de solo. Os alunos, de posse da lupa, puderam observar e anotar as características observadas em cada tipo. Assim, foi possível concluir que o solo com mais variedade de cores, tamanhos de grãos é o litólico, enquanto a areia é caracterizada pelo predomínio do mineral quartzo.



Figura 23 – análise dos diferentes tipos de solo com auxilia da lupa.

- **Oficinas em sala de aula: o teste do vidro**

Objetivo: identificar as frações areia, silte, argila e matéria orgânica.

Materiais: 300 gramas de solo da região, frasco de vidro, colher e 1 litro de água;

Procedimento: após a explicação das frações granulométricas dos solos, coloca-se o solo do bairro dentro do frasco de vidro e acrescenta-se a água. Mexer

por cerca de 2 minutos ou até a água solubilizar bem este material. Deixar o frasco parado por 24 horas.

Conclusões: a fração mais grossa deposita-se primeiro no fundo do recipiente, no caso, a areia. Depois se depositou a argila, de fração média e por último o silte e a matéria orgânica.

3.1.2.3 Diferenças entre solo compactado e solo descompactado:

A discussão sobre a diferença entre solo compactado e solo descompactado, partiu da idéia de que dois componentes são fundamentais para a distinção entre eles:

-Ar: entra pelos poros do solo permitindo que a terra “respire” fornecendo suporte para a vida das raízes.

-Água: carrega nutrientes por meio do solo, chegando até as raízes das plantas. Entretanto, se a concentração for muita, pode danificar as plantas e o solo.

3.1.2.4 Ângulo de repouso

Partimos do conceito sobre ângulo de repouso, conceito fundamental sobre a estabilidade ou instabilidade das encostas. Utilizando a figura 23 e o conceito em linguagem simples de que “É o ângulo máximo de inclinação em que o material na encosta permanecerá estático sem rolar morro abaixo”, iniciamos a utilização de um gráfico de inclinações, explicados na sequência.

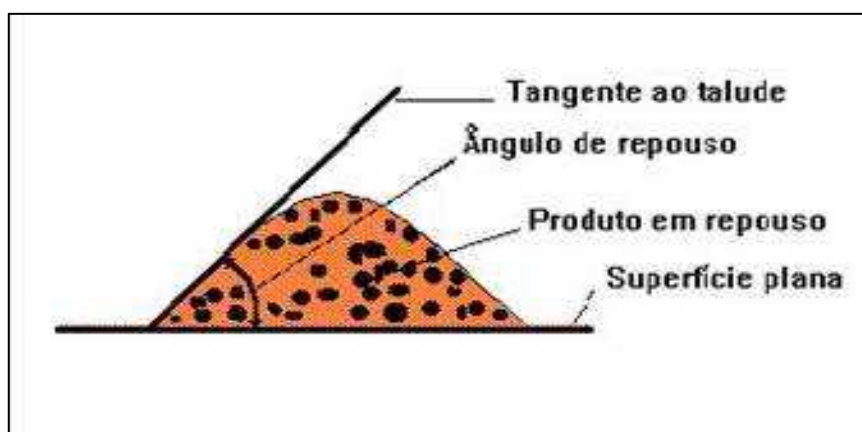


Figura 24 – Ângulo de repouso de material granular (modificado de Press et al., 2006).

O ângulo de repouso, formado devido ao atrito dos grãos com a superfície e entre grãos, relaciona-se diretamente a três questões, descrita a seguir:

- a) Do tipo de material: O ângulo de repouso aumenta com o tamanho de grão maior (Fig. 25).



Figura 25 – Ângulos de repouso das diferentes granulações (modificado de Press et al., 2006).

As experiências em sala de aula, para aprofundar este tópico, foram a utilização de diferentes materiais, de diferentes granulometrias.

Os alunos foram orientados a dispor os materiais separadamente sobre uma folha de papel. Em seguida, utilizaram o gráfico de ângulo de repouso para determinar o valor a ser anotado. Cada aluno recebeu um gráfico em branco para colorir, onde a cor verde identificava a unidade com ângulos de 0° a 10° , simbolizando baixo risco. A cor amarela, ângulos de 11° a 30° , representando risco médio. A cor vermelha, ângulos acima de 30° , representando alto risco (Fig. 26):

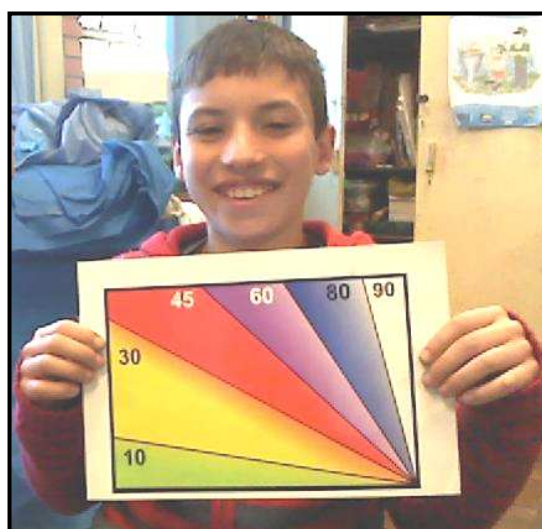


Figura 26 – Andrey, aluno do Liau, com o gráfico dos graus de inclinação.

O ângulo de escorregamento também foi verificado. Esse ângulo é o valor que os materiais, a partir do ângulo de repouso, começam a se movimentar. Como

conclusão, verificou-se que nenhum material consegue ultrapassar os 30° de inclinação, sendo esse o grau máximo (Fig. 27):



Figura 27 – Experiência para o entendimento do grau de escorregamentos dos materiais.

3.1.2.5 Quantidade de Água infiltrada

O entendimento sobre os movimentos de massa não é completo sem abordar-se as questões de coesão do material particulado e as mudanças provocadas pela água.. A água reduz a coesão entre as partículas do regolito diminuindo, assim, o ângulo de repouso do material. Esse efeito depende, entretanto, da quantidade de água infiltrada que por sua vez depende da porosidade e permeabilidade dos materiais. A diminuição de coesão ocorre quando o material é saturado em água (i.e. todos os poros estão preenchidos), mas quando o material não está saturado o efeito da água pode ser o de aumentar o ângulo de repouso (areia seca X areia úmida X areia encharcada), como mostra a figura 28. Encostas com material argiloso, por exemplo, podem ter ângulo de repouso bastante grande quando secas (até 90°), mas muito baixo quando infiltradas por água. A água infiltrada pode facilitar também o movimento de blocos de material consolidado.

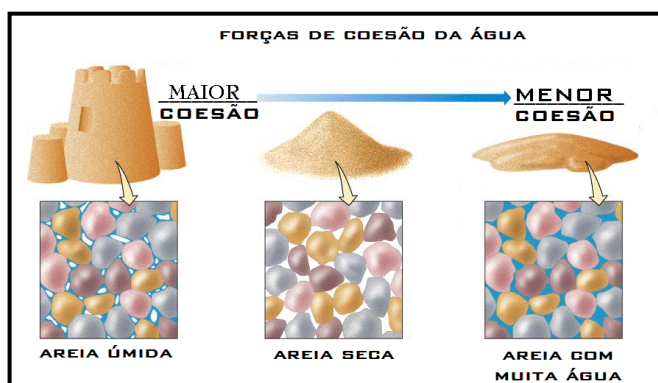


Figura 28 – Mostrando as forças de coesão dos materiais quando submetidos à ação da água. (modificado de Press et al., 2006)

- **Oficinas em sala de aula: o teste da coesão do solo**

Objetivo: verificar a coesão do solo quando adiciona-se água.

Materiais: diferentes solos e medidor de água;

Procedimento: cada aluno coloca na palma da mão um tipo de solo (areia, litólico, argila). Sente-se a textura em amostra à seco, úmida e com muita água.

Conclusões: o grau de coesão é maior quando úmida e perde coesão ao adicionar muita água.

3.1.2.6 Grau de inclinação da encosta

A inclinação da encosta é um fator de estabilidade muito importante. Isso porque com o aumento da inclinação da encosta aumenta o efeito da força de gravidade em relação à força de atrito. Desta forma, quanto maior a encosta maior a tendência de movimento dos materiais sobre ela. A estabilidade dos materiais em encostas com diferentes inclinações é definido pelos fatores anteriormente mencionados. Qualquer fator que altere a inclinação das encostas pode, portanto, alterar a estabilidade das mesmas.

A utilização acerca deste conceito é muito utilizada no Roteiro de Cadastro e é visualmente exposta como mostra a figura 29:

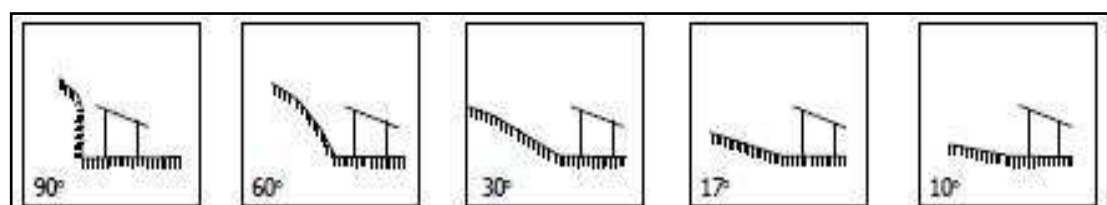


Figura 29 – Desenhos utilizados para exemplificar os graus de inclinação de uma encosta (extraído de Macedo, 2001).

3.1.3 Os movimentos de massa

Ainda como parte importante do modelo a ser aplicado para os alunos, utilizamos movimentos de massa possíveis de ocorrer na área de estudo. São eles: rastejo (*Creep*), escorregamentos (*slides*), quedas (*falls*) e corridas (*flows*).

As ilustrações e descrições que foram utilizadas em sala de aula para exemplificar os conceitos desse item encontram-se no Capítulo 2 (item 2.2) deste trabalho.

3.2 PRODUZINDO MATERIAIS DIDÁTICOS PARA DIVULGAÇÃO E ENSINO DOS PROBLEMAS DE RISCO GEOLÓGICO

3.2.1 Confeção da maquete de áreas de risco

Utilizando materiais recicláveis e de baixo custo (como isopor, argila, ervamate, cola branca) os alunos confeccionaram uma maquete utilizando como base a figura sobre áreas de risco do Atlas Ambiental de Porto Alegre.

A materialização dos conceitos vistos anteriormente, agora é reproduzida em forma de material didático e infiltra-se como uma memória do lugar. A escola passa nesse momento, a ser vista como um centro de saberes para quem por ali passar.

As etapas do processo de confecção da maquete estão ilustradas nas figuras 30, 31, 32 e 33:



Figura 30 – Orientações aos alunos por meio da utilização do Atlas Ambiental.



Figura 31 – Placas de sinalização dos principais fatores atuantes nas áreas de risco.



Figura 32 – Agente mirim explicando a maquete.



Figura 33 – Agente mirim exibindo o gráfico de inclinação relacionando-o com a maquete.

3.2.2 Novas mídias

Com a democratização do acesso à internet, a utilização de vídeo passou a ser uma importante ferramenta de educação aliada ao lazer. A produção por meio de programas é muito simples e requer criatividade, atraindo o aluno para a assunto em questão.

As novas mídias e tecnologias da informação fazem parte hoje do cotidiano de empresas e escolas. O programa *You Tube*, por exemplo, chegou à marca de 100 milhões de vídeos assistidos por dia em Julho de 2006 (Fortes, 2006). Trata-se de um sistema bastante amigável para compartilhar vídeos. As regras são simples: o arquivo deve ter um tamanho de até 100 Mb ou duração de 10 minutos. Além disso, não pode ter copyright, ou pode ser uma produção do próprio autor.

O vídeo produzido no contexto da experiência desse trabalho pode ser encontrado no *Youtube* com o título de *Aprendendo sobre as áreas de risco com o LIAU*, e tem duração de 6 minutos. Antes da postagem definitiva no sítio da internet,

utilizamos o *software Movie Maker*, onde adicionamos vozes dos alunos do LIAU e músicas às imagens (ver Fig. 34).



Figura 34 – Alguns quadros de ilustrações que compõem o vídeo produzido pelos alunos.

3.3 ROTEIRO DE CADASTRO DE RISCO.

O cadastro de risco é uma ferramenta que utiliza uma série de passos e serve para:

- a) avaliar o quanto uma moradia está vulnerável, por meio dos alunos do LIAU, aos perigos naturais e ou decorrentes da ação humana no meio natural;
- b) Contribuir na formação de agentes socioambientais locais, favorecendo a discussão do problema, tanto na escola quanto com a população envolvida
- c) Melhoria das condições de gestão ambiental.

Foi adaptada a uma linguagem mais simplificada, com termos voltados ao nível de compreensão dos agentes socioambientais e adaptada à área de estudo.

Após a discussão dos conceitos em sala de aula, foram feitas saídas de campo para aplicação do Roteiro de Cadastro de Risco. Cada aluno ficou responsável por preencher o cadastro de pelo menos uma casa, sendo que a avaliação foi feita sempre em grupo.

Foram priorizadas duas áreas para efetuar a avaliação pormenorizada. A primeira área localiza-se na rua Dezenove de Setembro. Essa rua demarca um limite entre a ocupação urbana e a rural. Na área selecionada, casas foram construídas sobre um antigo lixão.

A segunda área de estudo está localizada na rua Aquidaban, onde existe uma antiga pedreira desativada do município, onde foram edificadas cerca de 30 casas. O local apresenta áreas alagadiças, rochas fraturadas, blocos e matacões passíveis de queda. A rede de drenagem é precária ou não existente e o abastecimento d'água dá-se por meio de mangueiras fornecidas pelo DMAE. Segundo um morador local, no verão é costumeira a falta de água por até dois dias. As casas são em geral de alvenaria e, as de madeira, são em muitos casos, deterioradas. As fundações de são precárias, situando-se em encostas inclinadas, e, por vezes, ficam expostas e assentam-se diretamente sobre o solo.

3.3.1 Introdução ao roteiro

A figura 35 mostra a introdução do roteiro na qual se expõe o nome do projeto da Escola Judith Macedo Araújo, uma explicação geral sobre os objetivos do trabalho, o número do roteiro e a data.

CADASTRO DE RISCO DE ESCORREGAMENTOS	
Nº do cadastro:	
Data: / /2011	
a)	O cadastro é feito a partir de um conjunto de passos e tem por objetivo auxiliar a tomada de decisão sobre as moradias que estão sob risco de escorregamentos;
b)	Ao final do preenchimento será possível identificar o nível de risco ao qual está sujeita a moradia;
c)	O preenchimento deve ser feito passo-a-passo. Para cada passo existem instruções que devem ser lidas com atenção. Nos espaços em branco devem ser preenchidos com as informações solicitadas.
d)	Converse com os moradores das casas e vizinhos. As pessoas têm a tendência de tentar esconder fatos, pensando nos problemas que uma remoção pode lhes causar. Quando for possível pergunte para crianças.

Figura 35 – Ficha de introdução ao roteiro, adaptada ao local de estudo. Contêm instruções para capacitar nas tomadas de decisão do usuário (adaptado de Macedo, 2001).

3.3.2 Roteiro de cadastro 1º Passo – Dados gerais

A figura 35 apresenta o passo inicial com dados gerais sobre a moradia. As informações obtidas nesse item são essenciais para localização da moradia e o acompanhamento dos processos a qual estão sujeitas.

1º PASSO	
DADOS GERAIS SOBRE A MORADIA	
Instruções:	Este campo deverá permitir que qualquer pessoa possa chegar (retornar) ao local.
Localização/Endereço:	
Nome do morador:	
Numero de pessoas na moradia:	
Telefone:	
E-mail:	
Condições de acesso à área:	
	<input type="checkbox"/> rua de terra
	<input type="checkbox"/> escadaria
	<input type="checkbox"/> rua asfaltada
Tipo de moradia:	
	<input type="checkbox"/> Alvenaria
	<input type="checkbox"/> Madeira
	<input type="checkbox"/> Misto (alvenaria e madeira)

Figura 36 – Ficha inicial do roteiro de cadastro: levantamento de dados gerais sobre a moradia ou conjunto de moradias (adaptado de Macedo, 2001).

3.3.3 Roteiro de cadastro 2º Passo – Caracterização do local

A moradia é classificada dentre 4 classificações possíveis dentro da área de estudo (Fig.37):

- Tipologia de talude;
- Tipologia do material: solo aterro, rocha
- Presença de materiais: blocos de rocha/matacões, lixo ou entulho;
- Inclinação da encosta ou corte;
- Distância da moradia ao topo ou base dos taludes;

Para a determinação dos graus de inclinação da encosta, foram feitas experiências e material didático de apoio (ver Capítulo sobre as experiências em sala de aula).

O ângulo de 17º vem da Lei Lehman ou Lei de número 6766/79 como referência para planejadores municipais. Acima dessa inclinação, há sérias restrições legais para construção e habitação.

2º PASSO – CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL				
<p>Instruções: Descrever o terreno onde está a moradia. Marque com um “X” a condição encontrada. Antes de preencher dê um “passeio” em volta da casa. Olhe com atenção os barrancos (taludes) e suba neles se for necessário.</p>				
<p><input type="checkbox"/> Encosta Natural Altura ____ metros</p> <p>Inclinação (marque um “x” no desenho com a condição mais parecida da situação)</p>				
<p><input type="checkbox"/> Talude de corte Altura ____ m</p> <p>Inclinação (marque um “x” no desenho com a condição mais parecida da situação)</p>				
<p>Distância da moradia: ____ m da base da encosta/talude ____ m do topo da encosta/talude</p>				
<p><input type="checkbox"/> Aterro Lançado Altura ____ m</p> <p>Inclinação (marque um “x” no desenho com a condição mais parecida da situação)</p>				
<p>Distância da moradia: ____ m da base do aterro ____ m do topo do aterro</p>				
<p><input type="checkbox"/> Presença de parede rochosa Altura ____ m</p> <p>Inclinação (marque um “x” no desenho com a condição mais parecida da situação)</p>				
<p>Presença de blocos de rocha e matacões? Presença de lixo/entulho?</p>				

Figura 37 – Segundo passo do roteiro de cadastro: caracterização do local de moradias ou grupo de moradias em relação ao tipo de talude, material, inclinação da encosta/corte e distância da moradia em relação ao talude (adaptado de Macedo, 2001).

3.3.4 Roteiro de cadastro 3º Passo – Água

Ao analisar os caminhos que a água (Fig. 38) percorre o terreno, tratamos de um dos agentes deflagradores do escorregamento. A chuva, bem como esgotos e água servidas podem influenciar na perda de coesão do solo.

3º passo: Os caminhos da água			
Instruções: A água é uma das principais desencadeadora de escorregamentos. A sua presença pode ocorrer de várias formas e deve ser sempre observada. Pergunte aos moradores de onde vem a água (servida) e o que é feito dela depois do uso e o que ocorre com as águas das chuvas.			
Concentração de água de chuva em superfície		Lançamento de água servida em superfície (a céu aberto ou no quintal)	
Sistema de drenagem superficial	inexistente	precário	satisfatório
Para onde vai o esgoto?			
fossa canalizado lançamento em superfície (céu aberto)			
De onde vem a água para uso na moradia?			
Prefeitura/DMAE		mangueira	
Tanques de água naturais		Caminhão pipa	
Existe vazamento na tubulação?			
SIM (esgoto		água)	NÃO
Olho d'água no barranco (talude)			
no pé		no meio	topo do talude ou aterro

Figura 38 – Terceiro passo do roteiro de cadastro: referente ao papel da água nos locais de moradia. (adaptado de Macedo, 2001).

3.3.5 Roteiro de cadastro 4º Passo – Vegetação no talude ou proximidades

A presença de vegetação retém os processos de perda de solo ao longo do tempo. Entretanto, bananeiras podem aumentar a quantidade de água infiltrada no

solo diminuindo a coesão e aumentando a instabilidade da encosta. Na figura 39, há um detalhamento dos aspectos vegetacionais do local.

4º PASSO	
VEGETAÇÃO NO TALUDE OU PROXIMIDADES	
Instruções: o tipo de vegetação pode ser boa ou ruim para a segurança da encosta. Anotar a vegetação que se encontra na área que está sendo avaliada, principalmente se existirem bananeiras.	
Presença de árvores	Vegetação rasteira (arbustos, capim, etc)
Área desmatada	Área de cultivo (banana) _____

Figura 39 – Quarto passo do roteiro de cadastro: análise do tipo de vegetação nas encostas (adaptado de Macedo, 2001).

3.3.6 Roteiro de cadastro 5º Passo – Sinais de movimentação (Feições de instabilidade)

Um passo muito importante do Roteiro de cadastro é a avaliação dos sinais de movimentação (Fig. 40) e serão mais úteis quanto mais lentos forem os processos. As trincas podem e devem ser monitoradas. Os degraus de abatimento indicam que o processo já está desencadeado. A inclinação e embarrigamento da base de troncos de árvores, postes e muros podem evidenciar o processo de rastejo. A cicatriz de escorregamento alerta para o fato de ocorrências anteriores das instabilizações ocorridas.

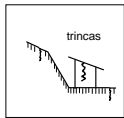
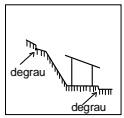
5º PASSO	
SINAIS DE MOVIMENTAÇÃO E INSTABILIDADE	
Instruções: Antes de ocorrer um escorregamento, a encosta dá sinais que está se movimentando. A observação desses sinais é muito importante para a classificação do risco, a retirada preventiva de moradores e a execução de obras de contenção.	
Trincas no terreno na moradia	Degraus de abatimento
	
Inclinação árvores postes muros	Muros/paredes "embarrigados"
Cicatriz de escorregamento próxima à moradia	

Figura 40 – Quinto passo do roteiro de cadastro: sobre sinais de algum tipo de movimentação das encostas, como trincas, degraus, inclinação e cicatrizes de escorregamentos, com desenho para facilitar a análise. É o parâmetro mais importante para a determinação de risco iminente (adaptado de Macedo, 2001).

3.3.7 Roteiro de cadastro 6º Passo – Tipo de processos de instabilização esperados ou já ocorridos

É uma avaliação do processo mais provável de acontecer na nossa área de estudo (Fig. 41). O rolamento de blocos é um processo sempre esperado, pela exposição do granito.

6º PASSO			
TIPOS DE PROCESSOS DE INSTABILIZAÇÃO ESPERADOS OU JÁ OCORRIDOS			
<p>Instruções: Em função dos itens anteriores é possível se prever o tipo de problema que poderá ocorrer na área de análise. Leve em conta a caracterização da área, a água, a vegetação e as evidências de movimentação. A maioria dos problemas ocorre com escorregamentos. Existem alguns casos de queda ou rolamento de blocos de rocha, que são de difícil observação. Neste caso, encaminhe o problema para um especialista.</p>			
Escorregamentos	no talude natural	no talude de corte	no aterro
Queda de blocos		Rolamento de blocos	

Figura 41 – Sexto passo do roteiro de cadastro: provável processo esperado ou ocorrido na área analisada (adaptado de Macedo, 2001).

3.3.8 Roteiro de cadastro 7º Passo – Determinação do grau de risco

Com base em todos os passos anteriores do roteiro, o aluno decide entre Risco Iminente (providência imediata); Risco Não-Iminente (manter em observação as feições de instabilidade) ou Baixo Risco (ou sem risco) (Fig. 42).

7º PASSO
DETERMINAÇÃO DO GRAU DE RISCO
<p>Instruções: Junte todos os passos anteriores e avalie, principalmente usando os sinais, se esta área está em movimentação ou não e se o escorregamento poderá atingir alguma moradia.</p>
RISCO IMINENTE / Providência imediata
RISCO NÃO IMINENTE / Manter local em observação
RISCO BAIXO

Figura 42 – Sétimo passo do roteiro: determinação do grau de risco com base nos passos anteriores. Classificam-se em Risco iminente, Risco não—iminente e Baixo risco. Entram aqui níveis de acerto baseado em conceitos técnicos (adaptado de Macedo, 2001).

3.3.9 Roteiro de cadastro 8º Passo – Necessidade de remoção

Caso o aluno optou em marcar a situação de risco iminente, deverá colocar também uma estimativa de quantas moradias estão em risco e o número de pessoas (Fig. 43).

8º PASSO	
NECESSIDADE DE REMOÇÃO	
Instruções: apenas para moradias em risco iminente! Esta é uma informação para a Defesa Civil e para o pessoal que trabalha com as remoções.	
Número de moradias em risco: _____	Estimativa do nº de pessoas p/ remoção: _____

Figura 43–Oitavo passo do roteiro de cadastro: informações sobre risco iminente, com necessidade urgente de remoção (adaptado de Macedo, 2001).

3.3.10 Roteiro de cadastro – Informações adicionais

Foi proposto um desenho para representação em planta ou perfil da encosta de situação da moradia, permitindo àqueles que não participaram do cadastro visualizar um possível problema (Fig. 44).

DESENHO 1 – PLANTA	DESENHO 2 – PERFIL
Instruções: Neste espaço faça um desenho de como chegar até a área. Coloque a casa, os taludes, os sinais de movimentação, árvores grandes, etc.	Instruções: Neste espaço faça um desenho com um perfil da área ou a casa vista de lado, com a distância e altura do talude e do aterro, posição dos sinais de movimentação, etc.

Figura 44 – Informações adicionais do roteiro de cadastro para anotações que sejam importantes. (adaptado de Macedo, 2001).

3.3.11 Roteiro de cadastro – Lembrete importante

Como os alunos não têm uma formação técnica, podem ocorrer dúvidas ao avaliar uma área de risco. Então, a procura por um especialista é uma ferramenta necessária (Fig. 45).

LEMBRETE IMPORTANTE:
Em caso de dúvidas encaminhe o problema para
um técnico especialista mais experiente.

Figura 45 – Lembrete importante do roteiro de cadastro quanto ao encaminhamento de problemas. Em geral, junto com a assinatura da equipe técnica (adaptado de Macedo, 2001).

3.4 AVALIAÇÃO FINAL A PARTIR DO ROTEIRO DE CADASTRO DE RISCO

A aplicação do roteiro de cadastro de risco permitiu aos agentes socioambientais colocar em prática os conhecimentos adquiridos em sala de aula. O mesmo roteiro também foi aplicado pela autora para uma descrição mais técnica antes da classificação final do grau de risco das moradias. Segue abaixo, o detalhamento da avaliação, casa por casa, da área 1 e área 2.

Na área 1, pode-se constatar que o local situa-se em aterro lançado em encosta com alta inclinação (Fig. 46) constituído, segundo Guimarães (2004) por depósitos de resíduos, lixo, calça e entulhos. A ocupação desse setor deu-se na última década e, antes disso, a deposição irregular e clandestina de lixo era constante (Guimarães, 2004) (Fig. 45). As casas analisadas, algumas de alvenaria, situam-se sobre esse aterro. O sistema de drenagem é inexistente e por isso, há o acúmulo de água e também esgoto na estrada frontal, aumentando a probabilidade de ocorrer escorregamentos.



Figura 46 – Talude de alta inclinação, resultante de aterro lançado encosta abaixo.



Figura 47 – Aterro de entulhos e lixo antes da ocupação na área 1, mostrando a alta declividade do talude e os fortes processos erosivos atuantes no lado direito da imagem.

A moradia número 1 (área 1), localiza-se no bordo oeste com alta inclinação (maior que 60°). A vegetação abaixo da casa é densa e de difícil acesso. Ao lado da casa, há uma drenagem, com sinais de erosão (Fig. 48). Essas características

avaliadas levam à classificação da moradia como sendo de risco iminente. A avaliação final do agente mirim classificou-a como sendo “risco não iminente”. Contudo, o agente mirim poderá ter sido induzido mais pela qualidade da construção de alvenaria, que contrasta com as de madeira, do que pela situação morfológica do terreno.



Figura 48 – Drenagem ao lado da moradia número 1.

A moradia número 2 (área 1), edificada com madeira, situa-se no patamar de talude de aterro com alta declividade (maior que 60°), lado a lado com outras moradias, cujo peso final pode favorecer a instabilidade do aterro e sua compactação heterogênea. Há presença de rachaduras no solo, por onde a água infiltra-se e aumenta o desenvolvimento de sulcos, facilitando a desagregação do aterro e formação de dutos internos. A presença de depósitos antropogênicos de natureza diversa (aterro lançado, lixo, entulho), amplia o risco de desmoronamento (Fig. 49). Tecnicamente pode-se avaliar, portanto, como sendo uma situação de risco iminente; a avaliação pelo agente mirim classificou-a como risco não-iminente, pela percepção da moradia ser de madeira (menos peso) e estar um pouco mais distante, em relação às casas vizinhas, situadas mais próximas à borda do talude, o que pareceria estar menos sujeita à queda.



Figura 49 – O aterro de entulho acarreta baixo empacotamento e grande descoesão interna o que, além do peso da moradia, favorece ao escorregamento.

A moradia de número 3 (área 1) está localizada em uma área onde há concentração de água meteórica e esgoto, aumentando o risco de desmoronamento (Fig. 50). A falta do controle de escoamento e consequente acúmulo é uma situação agravante. Há concentração de depósitos de lixo e entulho. Como indício de movimento de massa, verificou-se a presença de um poste e uma cerca inclinados. Foi classificada tecnicamente como sendo risco iminente e, pelo agente mirim, como não iminente, possivelmente pelo fato de ser uma construção de madeira muito recente e sem feições de debilidade da edificação.



Figura 50 – Acúmulo de água na estrada aumenta a probabilidade de escorregamento na área 1.

Moradia número 4 (área 1), casa mista, é caracterizada pela grande precariedade na construção e houve consenso tecnicamente e pelo agente mirim em classificar como risco iminente, devido à possibilidade de ruptura do aterro e consequente desmoronamento. Localiza-se na borda do talude, onde o risco de queda é alto. Está assentada sobre um aterro inconsolidado, apresentando fissuras que indicam ruptura (Fig. 51). Não há canalização da água.



Figura 51 – Fissura no terreno evidenciando sinais de instabilidade.

A moradia número 5 (área 1), de alvenaria em condições precárias, é a última casa nesse trecho. Há falta de disciplinamento no escoamento das águas superficiais, tornando-a suscetível ao escorregamento. A declividade diminui em relação às outras moradias, mas ainda assim é maior que 40°. Há blocos próximos da casa e apresenta a exposição de rocha alterada e fraturada (Fig. 52). Classificou-se, tecnicamente como risco iminente, enquanto a classificação do agente mirim foi de risco não-iminente, possivelmente por não avaliar corretamente o grau de inclinação da encosta, que embora mais suavizado, ainda apresenta risco.



Figura 52 – Exposição do granito fraturado na borda do talude.

A avaliação final, por parte dos agentes socioambientais, teve como resultado uma percepção diferente da qual tecnicamente se apresenta no Quadro 2. Entretanto, os passos do roteiro de cadastro foram preenchidos de maneira correta pelos alunos.

Quadro 2 – Avaliação final do grau de risco das moradias da área 1

	Agentes socioambientais	Avaliação técnica
Morada 1	Risco não iminente	Risco iminente
Morada 2	Risco não iminente	Risco iminente
Morada 3	Risco não iminente	Risco iminente
Morada 4	Risco iminente	Risco iminente
Morada 5	Risco não iminente	Risco iminente

A classificação final feita pelos agentes mirins encontra-se ilustrada na figura 53.



Figura 53 – Vista aérea da área 1, com indicação das cinco casas avaliadas pelos alunos.

Parte da área 2 situa-se em um local onde funcionava uma pedreira para extração de granito e saibro, onde há áreas alagadiças e precariedade no sistema de drenagem. E, outra parte, limitada com a anterior pela rua Aquidaban, situa-se na encosta declivosa do morro, onde vielas apresentam sulcos de erosão (Fig. 54). A inclinação da encosta é alta, favorecendo a técnica de preparação do terreno de construção por meio de corte de talude e aterro lançado. Em geral, as casas apresentam alicerces precários, sobre solo intemperizado e exposto.



Figura 54 – Vias de acesso na área 2, com sulcos causados pelo escoamento da água e esgoto.

A moradia de número 1 (área 2) é de madeira em estado precário. As vigas que sustentam a casa (Fig. 55) apresentam inclinações e os pilares de madeira apóiam-se sobre o solo exposto, podendo ocorrer rupturas planares. Na lateral da casa há acúmulo de água com lixo misturado. A cerca de madeira apresenta-se inclinada, com possibilidade de queda. Houve consenso entre a avaliação técnica e do agente mirim em classificá-la como risco iminente.



Figura 55 – Moradia 1 na área 2 classificada como risco iminente.

A moradia 2 (área 2), apresenta indícios de instabilidade representados pelo embarrigamento (Fig. 56) da cerca que detém o aterro lançado. Localiza-se no degrau da antiga pedreira, junto ao talude de corte, com altura próxima a 3 metros. Em frente à casa, a rua é intransitável pelo acúmulo de água, esgoto e lama (Fig. 57) e, próximo à moradia, há cicatriz de escorregamento. A classificação é de risco iminente.



Figura 56 – Moradia 2, apresenta feições de instabilidade como o embarrigamento da cerca que detém o aterro lançado.



Figura 57 – Acúmulo de água e esgoto em frente à moradia 2.

A moradia número 3 da área 2 é de alvenaria e está assentada sobre matacões de granito (Fig. 58). Não apresenta sinais evidentes de instabilidade, motivo pelo qual a agente mirim classificou-a como sendo de baixo risco. Entretanto, por situar-se próximo ao talude de corte da pedreira desativada (Fig. 59), a classificação técnica é de risco não-iminente.



Figura 58 – Moradia 3 construída sobre matacões. Vista frontal da moradia.



Figura 59 – Vista superior da rua Aquidaban para a moradia 3, situada próxima ao talude de corte de pedra desativada.

A moradia número 4 é de alvenaria e situa-se em patamar na borda do talude da pedra desativada (Fig. 60), junto à rua Aquidaban. Próxima ao corte do talude, não apresenta nenhuma obra de contenção para dar estabilidade ao alicerce. A altura do corte foi avaliada em mais de 10 metros e classificada como sendo de risco iminente, tanto na avaliação técnica como na do agente mirim.

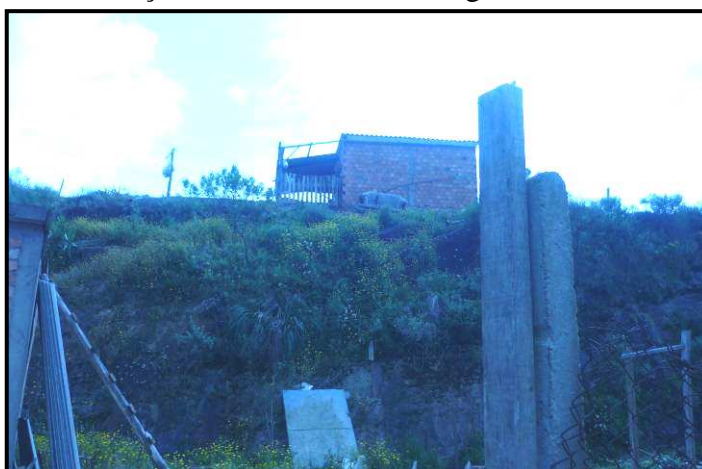


Figura 60 – Moradia número 4 no topo do talude de corte da antiga pedra.

A moradia número 5 da área 2 é de alvenaria e encontra-se assentada no corte de talude da pedra desativada (Fig. 61). A lateral da casa também está muito próxima à parede do corte, com mais de 3 metros de altura. Há evidência de cicatriz de escorregamento recente e queda de matacão ao lado da casa. Há concentração de água na estrada de acesso e o sistema de drenagem é precário.

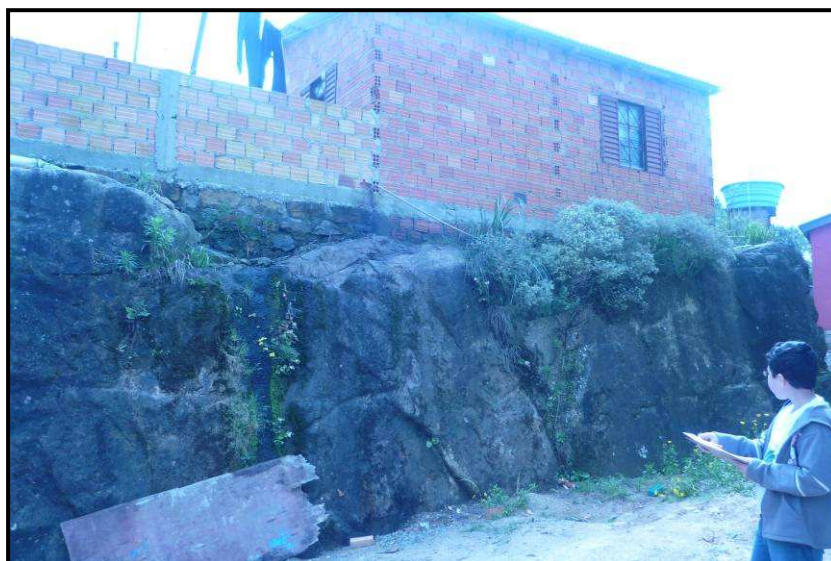


Figura 61 – Moradia de número 5 no bordo do talude da pedreira desativada com percolação de água nas fraturas.

A moradia número 6 da área 2 é de madeira e localiza-se na encosta do lado norte da rua Aquidaban. É caracterizada pela precariedade da construção e dos pilares de madeira sobre solo exposto, com possibilidade de solapamento (Fig. 62). A água que desce pela superfície da encosta é o principal agente erosivo, pois não há canalização ou direcionamento do fluxo aquoso. Há presença de bananeiras, que acentuam o risco por reterem água em suas raízes rasas. Pela precariedade da construção, a classificação técnica e do agente é de risco iminente.



Figura 62 – Moradia 6 em condições precárias, com pilares de sustentação apoiados diretamente no solo exposto.

A moradia número 7 da área 2 é de alvenaria e localiza-se muito próximo ao corte do talude (Fig. 63), de aproximadamente 3 metros. A rede de drenagem é precária, com vazamento da caixa de água da casa localizada acima na encosta que atinge a lateral da moradia analisada. Presença de esgoto e lixo da moradia na lateral da casa. A declividade da encosta é superior a 30° e há depósitos de lixo e entulho (Fig. 64).



Figura 63 – Moradia próxima ao talude de corte com inclinação de 90° , onde percolam água e esgoto sem canalização.



Figura 64 – Vista da encosta de alta declividade e onde há concentração de depósitos antropogênicos.

A avaliação final das moradias da Rua Aquidaban, chamada de área 2, está contida no Quadro 3.

Quadro 3 – Avaliação final do grau de risco das moradias da área 2

	<i>Agentes socioambientais</i>	<i>Avaliação técnica</i>
Moradia 1	Risco iminente	Risco iminente
Moradia 2	Risco iminente	Risco iminente
Moradia 3	Baixo risco	Risco não iminente
Moradia 4	Risco iminente	Risco iminente
Moradia 5	Risco iminente	Risco iminente
Moradia 6	Risco iminente	Risco iminente

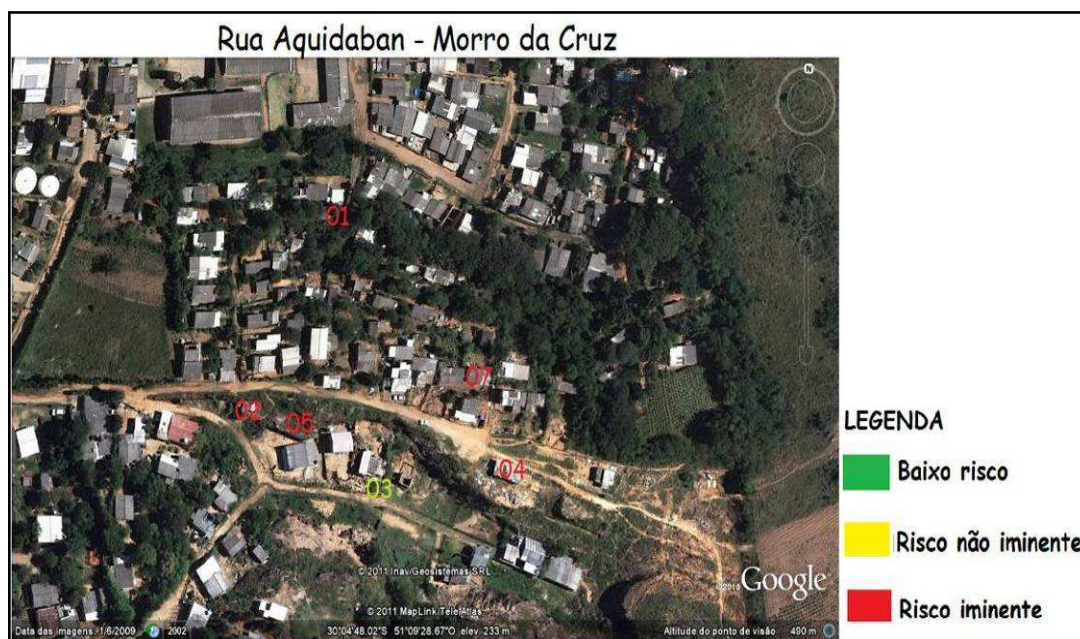


Figura 65 – Vista aérea da área 2. A rua Aquidaban é a estrada de terra no sentido leste-oeste que passa próxima a área central da imagem.

4 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES:

As situações de risco geológico devem ser avaliadas por diagnósticos técnicos precisos. Porém, os sistemas de gestão de risco precisam considerar, também, a capacidade de uma comunidade entender os processos que causam os riscos e as medidas para evitar, diminuir e mitigar as consequências. Como levar os moradores a entenderem os riscos e os processos avaliativos passa a ser uma questão fundamental na gestão. Para tanto, propôs-se desenhar uma tecnologia social para difundir o conhecimento sobre as causas do risco ao mesmo tempo em que exercita roteiros de avaliação do risco no local onde as pessoas vivem.

Para esse exercício, considerou-se a hipótese de treinamento para capacitação de agentes socioambientais, de modo a elaborarem cadastros de situações de risco que apontassem casos mais graves e que merecessem tratamento prioritário, denominados durante esta pesquisa de “risco iminente”. A outra hipótese trabalhada diz respeito à transferência do conhecimento exercitado por meio do LIAU para toda a comunidade escolar, implantando desse modo uma cultura de caráter preventivo em relação aos perigos naturais.

Quanto à primeira hipótese, afirma-se que é possível o treinamento de agentes socioambientais mirins conforme o roteiro de aula apresentado no curso de capacitação. Todas as etapas, desde as atividades em sala até a saída de campo para aplicação do roteiro, foram cumpridas com êxito. Entretanto, a necessidade de observação de mais moradias em situação de risco é fundamental para melhorar a decisão do agente mirim na classificação final de risco iminente ou não iminente, a qual teve, em alguns casos, resultados não condizentes com a situação técnica.

Quanto à segunda hipótese, a transferência de tecnologia mostra-se como uma ferramenta de boa aceitação na comunidade escolar a partir dos materiais didáticos produzidos. Os agentes socioambientais mirins, por meio do LIAU, têm a possibilidade de investigar mais casos para posteriormente apresentar aos colegas por meio da maquete, vídeo e roteiro de cadastro, as percepções derivadas das suas incursões pelo bairro.

Como questões futuras, colocam-se estudos mais aprofundados sobre as terminologias do ISDR também podem ser mais explorados a fim de difundirem-se os conceitos padronizados em 2009 por esse órgão.

O plano municipal de redução de riscos, por meio dos núcleos comunitários de Defesa Civil, pode promover a formação de mais agentes ambientais, dos mais variados níveis de idade e formação, por meio dessa tecnologia social.

Como alternativa de intervenção nas áreas com risco não iminente, propõe-se melhorias na infraestrutura urbana capazes de melhorar as condições de segurança. No entanto, considerando a dinâmica natural dos processos de instabilização, como, por exemplo, na área 1, não há intervenções que garantam total eliminação dos risco. Nesse caso, a realocação dessas famílias em áreas sem risco é indicada.

5 REFERÊNCIAS

- Allasia, D.G., Tassi, R., Villanueva, A., Neves, M.G.P., Cruz, M.A.S., Tucci, C.E. M. 2003. Estudo de caso: Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre/RS. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 15., 2003, Curitiba. *Anais...* Curitiba, v. 1. p.1-725. Disponível em www.rhama.net/download/artigos/artigo62.pdf . Acessado em 16 de dezembro de 2010.
- Bastos, C.A.B. 1993. Cartografia Geotécnica de Porto Alegre. *In: FÓRUM NACIONAL SOBRE GEOLOGIA DE MEIOS URBANOS*, 1., 1993, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, APSG, p. 134-142.
- Bastos, C.A.B., Valente, A.L.S., Dias, R.D. 2006. Mapa Geotécnico de Solos (Escala 1:100.000). *In: Menegat, R., Porto, M.L., Carraro, C.C., Fernandes, L.A.D.* 2006. *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. 2. ed. Porto Alegre : Editora da Universidade, p. 45-46.
- Carraro, C.C., Carara, A.L. 2006. Mapa de ocupação urbana (escala 1:160.000). *In: Menegat, R., Porto, M.L., Carraro, C.C. & Fernandes, L.A.D.* 2006. *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. 3. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, p. 102.
- Carvalho, Edézio Teixeira de.1999. *Geologia Urbana para Todos: uma visão de Belo Horizonte*. Belo Horizonte, Eleonora Santa Rosa, 176p.
- Chanan, L.M.C. 2006. Mapa de vulnerabilidade à ocupação urbana (Escala 1:100.000). *In: Menegat, R., Porto, M.L., Carraro, C.C., Fernandes, L.A.D.* 2006. *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. 3. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, p. 155-156.
- Chanan, L.M.C., Faertes, R. 2006. Mapa de declividade (Escala 1:208.000). *In: Menegat, R., Porto, M.L., Carraro, C.C., Fernandes, L.A.D.* 2006. *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. 3. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, p. 45
- Chanan, L.M.C., Faertes, R., Oliveira, J.M.M.T. 2006. Mapa dos indicadores de áreas de risco geológico (Escala 1:72.000). *In: Menegat, R., Porto, M.L., Carraro, C.C., Fernandes, L.A.D.* 2006. *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. 3. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, p. 154
- Duarte, R. J. P. 2002. *Avaliação Geoambiental da Sub-bacia do Arroio Moinho, Município de Porto Alegre, RS*. Porto Alegre, 71p. Trabalho de graduação. Instituto de Geociências, Curso de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Guimarães, L. S. 2004. *Estudo Integrado de Riscos Ambientais e Geológico-Geotécnicos do Sistema Urbano do Morro da Cruz, Porto Alegre, RS*. Porto Alegre, 125p. Trabalho de graduação. Instituto de Geociências, Curso de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Hickel, H.T., Albano, M.T.F., Pavlick, I.M.B., Bettioli, D. 2006a. A organização urbana. *In: Menegat, R., Porto, M.L., Carraro, C.C., Fernandes, L.A.D.* 2006. *Atlas*

- Ambiental de Porto Alegre*. 3. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, pp. 107-118
- Hickel, H.T., Albano, M.T.F., Pavlick, I.M.B., Bettiol, D. 2006b. Mapa do modelo espacial da cidade (Escala 1:100.000). In: Menegat, R., Porto, M.L., Carraro, C.C., Fernandes, L.A.D. 2006. *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. 3. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, pp. 107-108
- IBGE. 2000. *Censo Demográfico 2000 - Resultados do universo*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>.
- Kirchheim, R.E & Menegat, R. 2006. Águas subterrâneas e mapa de aquíferos. In: Menegat, R., Porto, M.L., Carraro, C.C., Fernandes, L.A.D. 2006. *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. 3. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, pp. 41-42.
- Macedo, E.S. de. 2001. *Elaboração de cadastro de risco iminente relacionado a Escorregamentos: avaliação considerando experiência profissional, formação acadêmica e subjetividade*. Rio Claro, 234p. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Instituto de Geociências. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.
- Menegat, R. 2009. Geoparques como laboratórios de inteligência da Terra. *Geologia USP*, Publ. Epec., (5): 91-103.
- Menegat, R, Silva, C. C. & Oliveira, T. S. 2008. Ciências da Terra, cognição e educação para a sustentabilidade: estratégias a partir do Laboratório de Inteligência do Ambiente Urbano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 44, 2008, Curitiba. Anais... Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, p. 1.657.
- Menegat, R. 2000. Educação ambiental integrada: o exemplo do Atlas Ambiental de Porto Alegre. In: Krug, A. (org.). 2000. *Utopia e democracia "os inéditos viáveis" na educação cidadã*. Porto Alegre, EDUFRGS.
- Menegat, R. & Carraro, C. C. 2008. Atlas ambiental de Porto Alegre : uma visão pioneira sobre a cidade a partir da geologia urbana. In: Frantz, J.C. & Ianuzzi, R. (Org.). *50 Anos de Geologia, Contribuições*. Porto Alegre: Instituto de Geociências, p. 385-396.
- Menegat, R. 2008. A emergência da tecnourbesfera e os novos desafios da geologia urbana. In: Machado, R. (Org.). 2008. *As ciências da Terra e sua importância para a humanidade*. Curitiba: SBG, p. 76-91.
- Menegat, R., Porto, M.L., Carraro, C.C. & Fernandes, L.A.D. 2006. *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. 3. ed. Porto Alegre : Editora da Universidade. 297p.
- Mohr, F.V. & Porto, M.L. 2006. Mapa de declividade (Escala 1:208.000). In: Menegat, R., Porto, M.L., Carraro, C.C., Fernandes, L.A.D. 2006. *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. 3. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, p. 81-83
- Oliveira, J.M.M.T., Chanan, L.M.C. & FAERTES, R. 2006. Áreas de risco geológico: ocupação urbana inadequada. In: Menegat, R., Porto, M.L., Carraro, C.C. & Fernandes, L.A.D. 2006. *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. 3. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, p. 153-156
- Porto, M. L. 2006. As formações vegetais: evolução e dinâmica da conquista. In: Menegat, R., Porto, M.L., Carraro, C.C., Fernandes, L.A.D. 2006. *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. 3ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, pp. 47-50

Porto, M. L. 2006. Mapa dos biótopos naturais potenciais (escala 1:100.000). In: Menegat, R., Porto, M.L., Carraro, C.C., Fernandes, L.A.D. 2006. *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. 3. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, pp. 59-60

Porto, M. L., Menegat, R. 2006. Mapa da vegetação natural potencial (escala 1:100.000). In: Menegat, R., Porto, M.L., Carraro, C.C., Fernandes, L.A.D. 2006. *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. 3. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, pp. 51-52

Press, F., Siever, R., Grotzinger, J. & Jordan, T. 2006. *Para entender a Terra*. 4. ed. Porto Alegre, Bookman, 656 p.

Rheinheimer, C.G., Guerra, T. 2010. Processos formativos associados a projetos de intervenção como estratégia de imersão da educação ambiental no contexto escolar. *Ambiente & Educação da FURG*, (15): 91-119.

Tavares, P.R. Deslizamento de terra restringe tráfego pela Bento Gonçalves, na Capital. *Correio do Povo*, Porto Alegre, 22 jul. 2010. Em www.correiodopovo.com.br/Noticias/?Noticia=171917 Acessado em 10 de novembro de 2010.

Uszacki, D. L. 2004. *Tipificação da contaminação dos riscos ambientais nas nascentes do afluente do Arroio Moinho*. Porto Alegre, 88p. Trabalho de graduação. Instituto de Geociências, Curso de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prefeitura Municipal de Porto Alegre (PMPA). Sistema Municipal de Defesa Civil de Porto Alegre. 2010. *Projetos e ações*. Disponível em www.portoalegre.rs.gov.br/codec. Acesso em 27 de outubro de 2010.

Vasconcellos, H. S. R. A pesquisa-ação em projetos de Educação Ambiental. In: Pedrini, A. G. (Org.). *Educação Ambiental*. São Paulo, Editora Vozes, p. 260-287.