

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

ANNA MARIA DE CARVALHO LUCAS

**ESTUDO GEOFÍSICO E GEOTÉCNICO EM UMA ÁREA DE RISCO NO
MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL, RS**

**CAÇAPAVA DO SUL
2015**

ANNA MARIA DE CARVALHO LUCAS

**ESTUDO GEOFÍSICO E GEOTÉCNICO EM UMA ÁREA DE RISCO NO
MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL, RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geologia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. José Waldomiro Jiménez Rojas

Coorientador: Prof. Dr. Maximilian Fries

CAÇAPAVA DO SUL

2015

ANNA MARIA DE CARVALHO LUCAS

**ESTUDO GEOFÍSICO E GEOTÉCNICO EM UMA ÁREA DE RISCO NO
MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL, RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Geologia da Universidade Federal
do Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em Geologia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 30/11/2015

Banca examinadora:

Prof. Dr. José Waldomiro Jiménez Rojas
Orientador
UNIPAMPA

Prof. Dr. Vicente Guilherme Lopes
UNIPAMPA

Prof. Msc. Rafael Lima Dessart
UNIPAMPA

Dedico este trabalho aos meus pais, João e Enezia.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente aos meus pais, por sempre me apoiarem e acreditarem em mim. Ao meu Pai que mesmo de longe, sempre está do meu lado presente em todos os momentos cuidando e iluminando meus passos. A minha mãe, mulher guerreira e de fibra que sempre me ensinou a lutar pelos meus ideais com caráter e honestidade. Aos meus irmãos, Sirley e João Paulo.

Aos meus amigos/irmãos, Paulo, Daniela e Joice por sempre estarem ao meu lado nas horas boas e ruins, e por sempre me lembrarem do valor da verdadeira amizade.

Aos meus filhos de quatro patas, Lunna e Maguilla que me ensinaram o valor da lealdade e companheirismo.

Agradeço também ao meu orientador José Waldomiro e ao meu coorientador Maximilian Fries, por sempre me auxiliarem no desenvolvimento desta pesquisa e pela paciência e compreensão. Ao professor Rafael Dessart, por sempre em ajudar mesmo quando não era o papel dele, e sempre priorizar o verdadeiro significado de ser professor. E o professor Luiz Delfino Albarnaz por me ajudar ao longo da graduação.

Agradeço também ao Lenon, Daniel, Marcelo Lusa, Professor Vicente, Professor Marcus Vinicius, Victor Hugo e Hasan por me ajudarem no desenvolvimento desta pesquisa.

Aos meus amigos, que graças a essa graduação ganhei um presente para vida toda, Maiara Bettinelli, Natassja, Roberta, Luisa, Ícaro, Caleb, William Lucas, Fernanda, Shay, Gabriela e Jean.

RESUMO

Áreas de risco são locais sujeitos à ocorrência de fenômenos de natureza geológico-geotécnica e hidráulica, que implicam na possibilidade de perdas de vidas e/ou danos materiais. Estes locais são, predominantemente, ocupação de fundo de vales sujeitos a inundações e solapamentos, ou encostas de alta declividade passíveis de escorregamentos e desmoronamentos. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo geológico-geotécnico em uma área de ocupação de risco na região central do município de Caçapava do Sul, RS, visando a prevenção de um desastre futuro à população ali instalada. O delineamento metodológico seguirá os seguintes tópicos de estudos: interpretação de fotos aéreas da região, geofísica aplicada à estabilidade do talude e deslizamentos, geologia do corpo rochoso, análises *in situ* da área e análise geotécnica da encosta. Os principais resultados foram: comprovação da eficácia do método geofísico (eletrorresistividade) para mapeamentos de área de risco e a geração de mapa de zoneamento da vulnerabilidade geotécnica e ambiental da área em estudo, estabelecendo níveis de fragilidade. A partir destes dados foi possível estabelecer os níveis de fragilidade e, com isso, contribuir com o conhecimento científico e técnico para a prefeitura de Caçapava do Sul.

Palavras-chave: Áreas de risco; Estudo geológico-geotécnico; Mapa de zoneamento.

ABSTRACT

Hazard areas are places where the occurrence of geological, geotechnical and hydraulic phenomena may involve the loss of lives and/or properties damage. These sites are predominantly bottom occupying valleys subject to flooding, or slopes of steep subject to landslides and cave-ins. Thus, this paper aims to conduct a geological and geotechnical study in a hazardous urban area in northeastern of Caçapava do Sul / RS for the prevention of a possible future disaster. The methodological plan will follow the following topics of study: the interpretation of aerial photos of the region; soil analysis, geophysics applied to the slope stability and landslides, geology, in geological analysis of the area and geotechnical analysis of the slope. The expected results for this work are the creation of a geotechnical map and a map of the environmental vulnerability from the studied area. Therefore, establishing a map of fragile areas, and so presenting the technical knowledge to the local government of Caçapava do Sul. Presenting a Social Engineering solution for the hazard areas which are populated

Keywords: Hazard area; Geological study; Geological zoning map.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Ilustração do desenvolvimento da área urbana de Caxias do Sul.	6
Figura 2 - Mapa de riscos geotécnicos, realizado no Litoral Norte de São Paulo. Tipos de riscos: (R1)- riscos a escorregamentos; (R2)- riscos à inundação; (R3)- riscos a recalque.....	9
Figura 3 - Imagem elétrica 2D com interpretação geológica e identificação das camadas geoeletricas e suas distribuições laterais – CE 01.....	11
Figura 4 - Imagem elétrica 2D com interpretação geológica e identificação das camadas geoeletricas e suas distribuições laterais – CE 02.....	12
Figura 5 - Mapa geológico da região estudada, com a marcação da área de estudo.....	14
Figura 6 - Mapa geológico da região de Caçapava Sul, mostrando as fácies do Complexo Granítico Caçapava do Sul, as estruturas que tendem a NW e que controlam a subdivisão do corpo intrusivo.	15
Figura 7 - Gráfico representando o balanço hídrico mensal do município de Caçapava do Sul, RS.....	16
Figura 8 - Mapa Geomorfológico do estado do Rio Grande do sul.....	18
Figura 9 - Mapa de localização e situação da área, localização da área de estudo está representando pelo triângulo em verde.	20
Figura 10 - Mapa de situação da área.	20
Figura 11- Residências na margem da encosta.	21
Figura 12- Casas na beira da encosta com plantações de bananeiras.	21
Figura 13 - Espaçamento muito pequeno, entre a encosta e a casa.	22
Figura 14 - A região é caracterizada por falta de saneamento básico.....	23
Figura 15 – Esquema de Caminhamento Elétrico utilizando o Arranjo Dipolo-Dipolo.....	26
Figura 16 - Equipamento Syscal, disponível na UNIPAMPA.....	27
Figura 17 - Localização do Caminhamento elétrico.	29
Figura 18 - Obtenção dos dados geofísicos em campo.....	30
Figura 19 - Imagem elétrica 2D com interpretação geológica.....	31
Figura 20- Imagem elétrica 2D com interpretação geológica.....	32
Figura 21 - Mapa de zoneamento com os graus de risco da área de estudo.	34
Figura 22- Mapa de zoneamento com os locais mais agravantes.	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Justificativa.....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1 Cartas geotécnicas e geológicas	3
2.2 Mapeamento de área de risco	7
2.3 Geofísica aplicada a geotecnia (estabilidade de taludes).....	10
3. CONTEXTO GEOLÓGICO	13
3.1 Geologia Regional	13
3.1 Geologia Local	14
3.2.2 Fácies Sienogranito (Sgn).....	14
4. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DA ÁREA DE ESTUDO	16
4.1 Aspectos climáticos	16
4.2. Aspectos demográficos.....	17
4.3 Geomorfologia.....	17
4.4 Pedologia	18
5. MÉTODOS E MATERIAIS	19
5.1 Considerações iniciais	19
5.2. Estudo de caso	19
5.4 Elaboraões de mapas.....	23
5.5 Métodos	24
5.6 Materiais e equipamentos	24
6. RESULTADOS	28
6.1 Caminhamento elétrico – CE.....	28
6.2. CHECK-LIST	32
6.3. MAPA DE ZONEAMENTO	33
7. CONCLUSÕES	37
7.1 Sugestões para trabalhos futuros	37
REFERÊNCIAS	39
ANEXO I	42

1. INTRODUÇÃO

Desastres naturais são eventos do meio físico que podem acarretar vítimas ou não. Segundo Tominaga (2009) esses eventos são gerados por diversos fenômenos, tais como, inundações, escorregamentos, erosão, terremotos, tornados, furacões, tempestades, estiagem, entre outros. O acelerado processo de urbanização verificado nas últimas décadas, em várias partes do mundo, inclusive no Brasil, levou ao crescimento das cidades, muitas vezes em áreas impróprias à ocupação, aumentando as situações de perigo e de risco a desastres naturais.

Em teoria, os desastres naturais ameaçam igualmente qualquer pessoa, mas na prática, proporcionalmente, atingem os mais desfavorecidos, devido a uma conjunção de fatores: há um número alto de populações de baixa renda, vivendo em moradias mais frágeis, em áreas mais densamente povoadas e em terrenos de maior suscetibilidade aos perigos.

No Brasil, os principais fenômenos relacionados a desastres naturais são derivados da dinâmica externa da Terra, tais como, tempestades, inundações e enchentes, escorregamentos de solos e/ou rochas. Estes fenômenos ocorrem normalmente associados a eventos pluviométricos intensos e prolongados, nos períodos chuvosos que correspondem ao verão na região sul e sudeste e ao inverno na região nordeste. O Brasil encontra-se entre os países do mundo mais atingidos por inundações e enchentes, tendo registrado 94 desastres cadastrados no período de 1960 a 2008, com 5.720 mortes e mais de 15 milhões de pessoas desabrigados. Considerando somente os desastres hidrológicos que englobam inundações, enchentes e movimentos de massa, em 2008 o Brasil esteve em 10º lugar entre os países do mundo em número de vítimas de desastres naturais, com 1,8 milhões de pessoas afetadas.

As intervenções antrópicas nestes terrenos, tais como, desmatamentos, cortes, aterros, alterações nas drenagens, lançamento de lixo e construção de moradias, efetuadas, na sua maioria, sem a implantação de infraestrutura adequada, aumentam os perigos de instabilização. Quando ocorre um adensamento destas áreas por moradias precárias, os desastres, associados aos escorregamentos e inundações, assumem proporções catastróficas causando grandes perdas econômicas e sociais Fernandes et. al. (2001), Carvalho e Galvão (2006), Lopes (2006) e Tominaga (2007).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Aplicação de uma metodologia de estudo de áreas de risco, considerando análises geológicas e geofísicas em uma área selecionada a partir de critérios de interesse no município de Caçapava do Sul.

1.1.2 Objetivos específicos

- Gerar um mapa de zoneamento, com a finalidade de determinar a instabilidade ou não da área em estudo;
- Estudar e analisar a área de estudo através de ferramentas geofísicas;
- Elaborar um relatório descritivo e quantitativo da região estudada.

1.2 Justificativa

A avaliação do perigo é resultante da combinação das informações do meio físico (tipo de solo, declividade, clima, etc.) e do mapa de inventário de processos como os de escorregamentos e de erosão. Os atributos descritos neste mapa podem ser analisados qualitativamente, classificando-se, por exemplo, em baixo, médio ou alto perigo.

O mapa de perigo representa, portanto, o potencial de ocorrência, em uma área ou região, de processos que podem ser causadores de desastres naturais e, desta forma, contribui com importantes subsídios para o adequado planejamento do uso e ocupação do solo visando o controle e redução dos desastres naturais.

A finalidade deste trabalho é mapear e diagnosticar problemas de áreas de riscos na região de Caçapava do Sul/RS, com o auxílio de estudos geológicos-geotécnicos e geofísicos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A preocupação atual com as questões que objetivam o controle e o reconhecimento de áreas de risco apresenta relevância extrema no âmbito de estudos geológico-geotécnicos. É cada vez mais difundida a preocupação com questões de uso e ocupação do solo em áreas urbanas, onde o crescimento desordenado e acelerado leva a ocupações irregulares em zonas de risco, facilitando ocorrência de desastres naturais.

Os estudos geológico-geotécnicos auxiliam nas medidas para a recuperação e ocupação segura para essas áreas.

2.1 Cartas geotécnicas e geológicas

O trabalho de Zaine (2000) apresenta as definições de cartas geotécnicas e geológicas, além de uma análise dos diferentes tipos de cartas, mapas geotécnicos, de suas características e denominações. Agrupando as cartas e/ou mapas geotécnicos em quatro tipos:

- Geológico-geotécnico
- De riscos geológicos
- De suscetibilidade
- De atributos ou parâmetros

Em sua pesquisa, Zaine (2000) define que o mapeamento geológico-geotécnico analisa de forma conjunta o comportamento e as propriedades das rochas e dos solos (características geotécnicas) e sua gênese (características geológicas), isto é, reúne um determinado número de informações e análises extensivas, para toda a área estudada e orientada pelas base geológica. Desta forma, pode reunir os subsídios do meio físico geológico, tanto para o planejamento da ocupação futura, quanto para a correção dos problemas de natureza geológico-geotécnica instalados nos núcleos urbanos.

Zaine (2000) realizou o mapeamento geológico-geotécnico de áreas urbanas. Foram realizadas análises dos dados do meio físico geológico, e representação cartográfica de unidades geológicas. O estudo envolveu a análise das metodologias utilizadas nos trabalhos de cartografia geotécnica, dando um enfoque especial para duas linhas metodológicas brasileiras, ele utilizou a metodologia utilizada pela Escola de Engenharia de São Carlos e pelo IPT.

O método de detalhamento progressivo é apresentado em sua pesquisa como uma alternativa aos estudos geológico-geotécnico, sendo o objetivo principal a produção de instrumentos adequados para a gestão e o planejamento urbano. O autor cita em seu trabalho que segundo Cerri et.al. (1996) o método de detalhamento progressivo prevê a realização dos trabalhos em três grandes etapas, o desenvolvimento do mapeamento geológico-geotécnico em fases sucessivas, sendo que cada fase determina os temas técnicos e o nível de aprofundamento necessário ao desenvolvimento da fase subsequente.

As três etapas que o autor utilizou estão no Quadro 1.

Quadro 1: Síntese das etapas do método do detalhamento progressivo.

	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
PRODUTOS	Cartas e/ou mapas geológico-geotécnicos na escala 1:50.000 ou 1:25.000.	Cartas e/ou mapas geológico-geotécnicos na escala 1:25.000 (1ª etapa=1:50.000) ou 1:10.000 (1ª etapa = 1:25.000. detalhamento da caracterização do meio físico realizado na etapa anterior com identificação dos problemas geológico-geotécnicos instalados.	Estudos geológicos - geotécnicos temáticos específicos na escala 1:5.000 ou maior (se necessário). Com base nos resultados das etapas anteriores são selecionados os temas técnicos e aéreas para estudo de detalhe.
OBJETIVOS	Caracterização do meio físico com a identificação de suas limitações e potencialidades ante as necessidades impostas pelo uso urbano do solo.	Fornecer subsídios para adequado planejamento e gestão do uso do solo.	Subsidiar a elaboração de projetos de obras de engenharia para sanar problemas já instalados e/ou a implantação de novos empreendimentos.
ÁREA DE ESTUDO	Já urbanizada, com perspectiva de urbanização a médio prazo (10 a 20 anos), e áreas adjacentes (nas quais é fundamental a caracterização do meio físico). A definição da área de estudo é função: a) do porte do núcleo urbano e b) das características do meio físico.	Já urbanizada, com perspectiva de urbanização a médio prazo, em áreas de adensamento e/ou expansão urbana, selecionadas a partir do mapa geológico-geotécnico da 1ª etapa. A definição da área é função: a) das prioridades do estudo b) das características do meio físico. Regiões metropolitanas e núcleos urbanos de grande porte: priorizar setores destas áreas, mesmo que descontínuos.	Restrita (podem ser realizados vários estudos, nas respectivas áreas de interesse). Definição da área é função dos estudos temáticos.
QUANTIFICAÇÃO	Somente quando viável ante o objetivo e condições de execução do trabalho. Deve ser restrita a aspectos mais gerais, como por exemplo, a profundidade do nível freático ou a espessura de unidades de cobertura.	Desejável (declividades, profundidades do N.A., espessura de unidades de cobertura, profundidade do topo rochoso, etc.).	Indispensável , exceto nos casos em que a capacitação técnica acumulada (teórica e/ou empírica) seja plenamente suficiente para permitir a adequada elaboração de projetos de obras de engenharia.

Fonte: Zaine (2000).

Outra metodologia utilizada na pesquisa do autor foi do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), a mesma metodologia também será utilizada neste trabalho.

Segundo Zaine (2000) alguns autores explicam que a representação dos problemas apresentados deve servir como subsídio para um melhor planejamento e gestão do uso do solo. Conforme Prandini et.al. (1995), a metodologia adotada pelo IPT segue os seguintes procedimentos:

- **Formulação de uma hipótese/modelo inicial orientador:** identificação objetiva dos recursos e problemas existentes ou aguardados, pelo conhecimento da dinâmica da ocupação

local; submerge o conhecimento das solicitações e transformações inerentes às formas de uso do solo, e dos elementos fundamentais dos processos e comportamentos da geologia, geomorfologia e da geotecnia local; este adequa um esboço fisiográfico primário dos terrenos, do ponto de vista de seu uso, resultando em um primeiro ensaio de compartimentação ante os problemas e recursos esperados;

•**análise fenomenológica e de desempenho:** análise e identificação das causas e do desenvolvimento dos fenômenos ou situações causadoras dos problemas previamente detectados, formando as características fisiográficas de interesse para a ocupação;

•**mapeamento e compartimentação:** estabelecimento das principais evidências acessíveis à investigação das características de interesse, fixando critérios de correlação, extrapolação e interpolação das diversas áreas de conhecimento, derivando na configuração espacial da distribuição de tais características. Orientação das informações e expressões geográficas das características de importância, através de operações de coleta e análise das informações; reconhecimento/mapeamento por sensoriamento remoto, levantamentos de campo, investigações laboratoriais e *in situ*; compartimentação homogênea, segundo a maior possibilidade de ocorrência de problemas, ou as características de interesse, ou as unidades homogêneas, quanto à aptidão a determinada forma de uso e ocupação, bem como a minimização de possíveis efeitos;

•**representação:** exposição dos resultados de modo a facilitar o acesso público interessado.

Portanto, com base no desenvolvimento do trabalho e na experiência adquirida na Prefeitura Municipal de Rio Claro, que o método do detalhamento progressivo representa uma ferramenta de efetiva utilização de mapas e estudos geológico-geotécnicos por parte dos órgãos públicos.

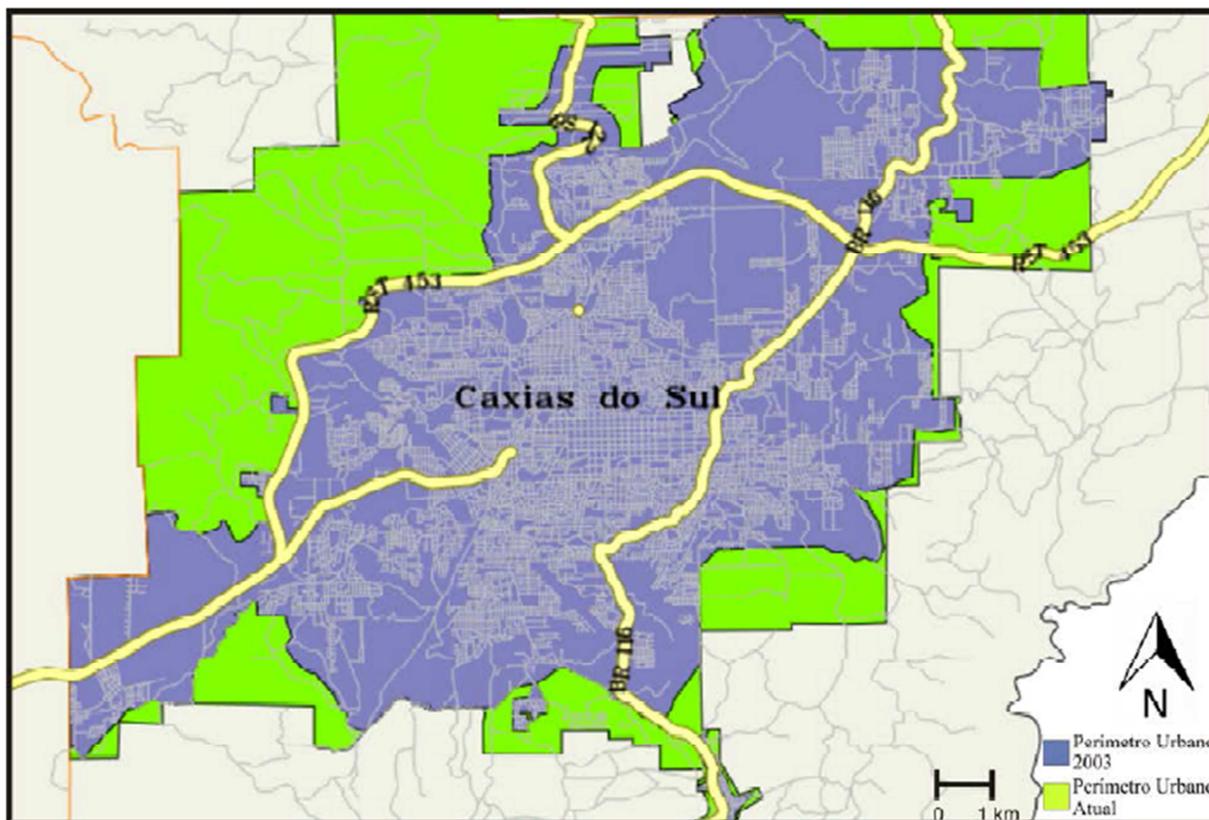
Borsatto (2011) realizou uma pesquisa de relevância nesta área, que ressalta as medidas que áreas de risco necessitam, enfatizando que os municípios precisam formular e implementar políticas relacionadas à ocupação inadequada do solo, salientando que os estudos geológicos e geotécnicos constituem ótimos instrumentos de análise do meio físico.

O autor ainda cita o trabalho de Pejon & Rodrigues (1987, apud Noronha, 2007) que apresenta resultados sob a forma cartográfica é a melhor maneira de representar as informações adquiridas, pois facilita o entendimento, conhecimento e uso.

Em seu trabalho Borsatto (2011) refere como o crescimento das áreas urbanas leva ao crescimento de moradias em áreas de risco, e que a identificação destas áreas auxilia na definição de prioridades e nas tomadas de decisões para a prevenção de desastres, a Figura

ilustra o crescimento urbano nas zonas periféricas em um curto espaço de tempo apresentado em seu trabalho.

Figura 1- Ilustração do desenvolvimento da área urbana de Caxias do Sul.



Fonte: Borsatto (2011).

O objetivo da sua pesquisa visava coletar novos dados de campo e de escritório, e reinterpretar dados de geologia, geomorfologia existente, para melhor compreender as propriedades e características do solo e subsolo urbano do Município de Caxias do Sul. E como resultado final o mapeamento geotécnico de novas regiões da cidade que fazem parte da área urbana no município, obtendo como resultado um material com maiores informações e detalhamento do solo e subsolo. Todos os dados adquiridos pelo autor foram desenvolvidos na forma de um SIG (Sistema de Informações Geográficas).

O autor além de fazer o mapeamento da área, com análises pedológicas e petrográficas (análise química e análise de lâminas), ele utilizou em sua pesquisa a análise química por fluorescência de raio-x, difratometria por raio-x e ensaios geotécnicos. Para os ensaios geotécnicos, ele realizou a análise granulométrica das amostras como também o cálculo do peso específico real dos grãos, cálculo do limite de liquidez e cálculo do limite de plasticidade.

Os resultados da sua pesquisa, segundo Borsatto (2011), foram empregados por diferentes técnicas nos materiais, rocha e solo. E o autor chegou à conclusão que o método de mapeamento de unidades geotécnicas, baseado no cruzamento de dados adquiridos com a análise qualitativa da geologia, geomorfologia e pedologia, mostrou-se adequado para a área urbana de Caxias do Sul.

2.2 Mapeamento de área de risco

Um dos trabalhos de relevância na área realizado por Andretta et al., (2013), que gerou mapas e classificação de áreas de risco na zona urbana da cidade de Manaus, com destaque ao bairro de Gilberto Mestrinho. O trabalho teve o auxílio de fotos aéreas, imagens de satélite, cartas topográficas e hidrográficas, levantamento de eventos pretéritos, análise e campo com descrição de solo, geologia, fatores geotécnicos e antrópicos que juntos caracterizaram e desenvolveram os riscos da área.

Como resultado do trabalho foram gerados mapas com as feições geológico-geotécnicas e os setores de risco segundo os critérios de classificação propostos pelo IPT, classificando em quatro graus de risco. Concluindo e tendo como resultado final a identificação de 21 áreas de risco Muito Alto e 26 com risco Alto, resultando em aproximadamente 1320 moradias dos locais em alerta durante os períodos de chuva e orientações junto a Defesa Civil da Prefeitura do município de Manaus quanto à recuperação e realocação de algumas famílias.

Os critérios de classificação utilizados por Andretta et al., (2013) foi à metodologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, IPT (1980) para a determinação da potencialidade de ocorrência de acidentes. O Quadro 2 apresenta os critérios adotados pelo IPT (1980).

Inicialmente identificaram-se os limites físicos dos setores de risco da área pesquisada e os processos de instabilização atuantes em cada setor. Os principais parâmetros analisados foram à tipologia da moradia, dos taludes e dos materiais constituintes do solo; geometria do local com descrição da inclinação da encosta e distâncias das moradias; situação das obras pluviais e águas servidas; existência de cobertura vegetal, sinais de movimentação com descrição da tipologia dos processos esperados ou já ocorridos. E como último passo o autor utilizou esses parâmetros para realizar a classificação dos graus de risco.

Quadro 2: Critérios para definição do grau de probabilidades de ocorrência de processos de instabilização.

Grau de probabilidade	Descrição
R1 BAIXO	Os condicionantes geológicos - geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Não há indícios de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens. É a condição menos crítica. Mantidas as condições existentes, não se espera a ocorrência de eventos destrutivos no período de um ciclo chuvoso.
R2 MÉDIO	Os condicionantes geológicos- geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa-se a presença de alguma(s) evidencia(s) de instabilidade encostas e margens de drenagens, porém incipiente(s). Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de um ciclo chuvoso.
R3 ALTO	Os condicionantes geológicos- geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa-se a presença de significativa(s) evidencia(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes etc.). Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de um ciclo chuvoso.
R4 MUITO ALTO	Os condicionantes geológicos- geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. As evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradia ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de escorregamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação ao córrego etc.) são expressivas e estão presentes em grande número e /ou magnitude. É a condição mais crítica. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de um ciclo chuvoso.

Fonte: Andretta (2013).

É importante salientar que os mapas de áreas de riscos são essenciais para a Gestão de Riscos e Desastre Naturais, a importância do estudo e realização destes mapas é frisada também por Macedo (2014) pesquisador do IPT, que salientou que os mapas são elaborados através do conhecimento, mitigação de problemas e o manejo de desastres. E são eles que indicam as características, prevêm comportamentos e mostram os possíveis usos para as áreas analisadas.

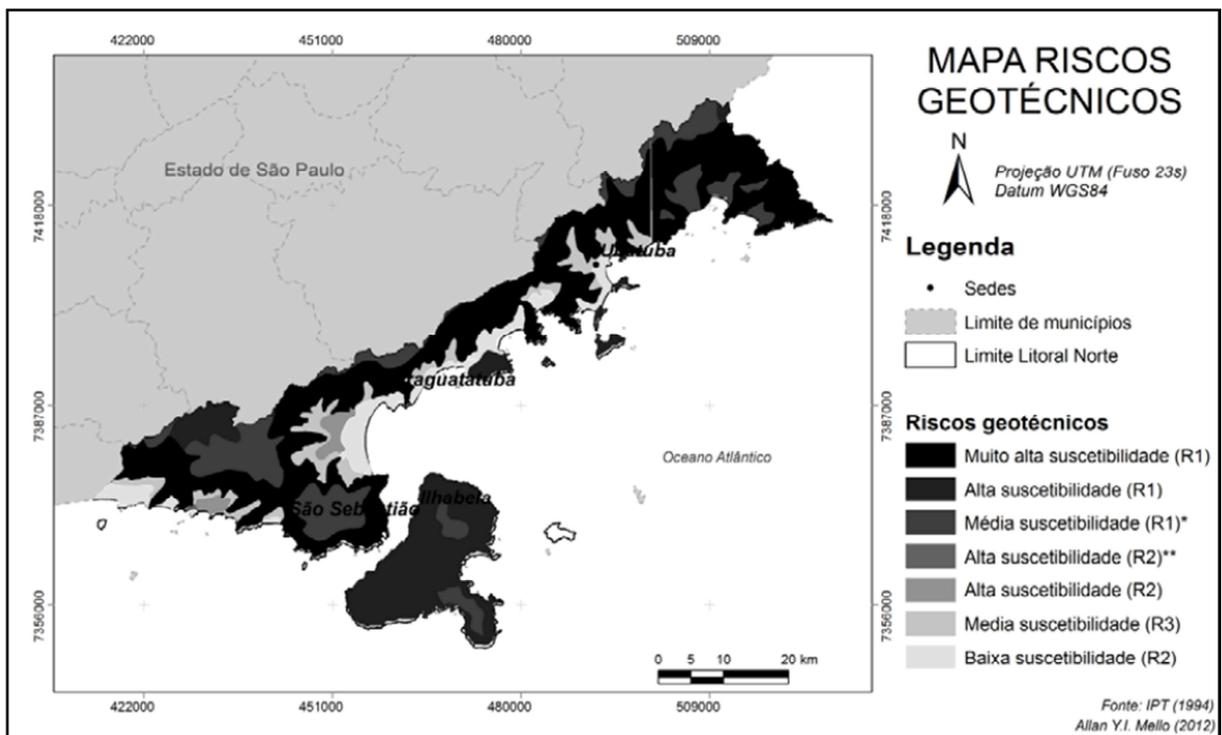
Existem leis que regem esse tipo de desastre, no dia 10 de abril de 2012, a Presidente da República sancionou a Lei 12.608/12, de conversão da Medida Provisória nº 5478/11, determinou que a União, Estados e Municípios realizem a identificação e mapeamento de ameaças, suscetibilidade e vulnerabilidade nos territórios municipais. Ressaltada pelo autor

que a nova lei, produto de discussões e negociações entre os vários ministérios com responsabilidades no tema de desastres e o Congresso Nacional, foi gestada a partir dos graves acidentes na região serrana do Rio de Janeiro, no início de 2011.

O trabalho realizado por Mello, Batistella e Ferreira, (2012), que trata sobre os riscos geotécnicos e vulnerabilidades sociais no Litoral Norte de São Paulo, traz como resultado final, mapas de áreas de riscos.

Os autores utilizaram mapeamento de riscos geotécnicos anteriores, realizado pelo IPT. Neste mapeamento ele dividiu os riscos à escorregamentos/deslizamentos (R1), inundações (R2) e recalques diferenciais/instabilizações do solo (R3) a partir destes critérios o IPT gerou um mapa de riscos geotécnicos com os graus de susceptibilidade (Figura 2).

Figura 2 - Mapa de riscos geotécnicos, realizado no Litoral Norte de São Paulo. Tipos de riscos: (R1)- riscos a escorregamentos; (R2)- riscos à inundações; (R3)- riscos a recalque.



Fonte: Mello, Batistella e Ferreira, (2012).

Com a análise dos mapas e da metodologia do IPT aplicada em campo, o autor chegou aos resultados finais, que apresentam a distribuição das áreas de riscos no Litoral Norte de São Paulo. Mello, Batistella e Ferreira (2012), a predominância dos riscos foi de Muito Alta ou Alta susceptibilidade aos escorregamentos em Caraguatatuba, Ilhabela e São Sebastião e, em Ubatuba uma distribuição predominante de riscos a recalques e instabilização do terreno e à inundações. Á partir destes resultados o autor enfatiza a importância de maior atenção para

estes locais, auxiliando no gerenciamento de riscos no Litoral Norte de São Paulo e nas medidas preventivas e adaptações necessárias de infraestrutura.

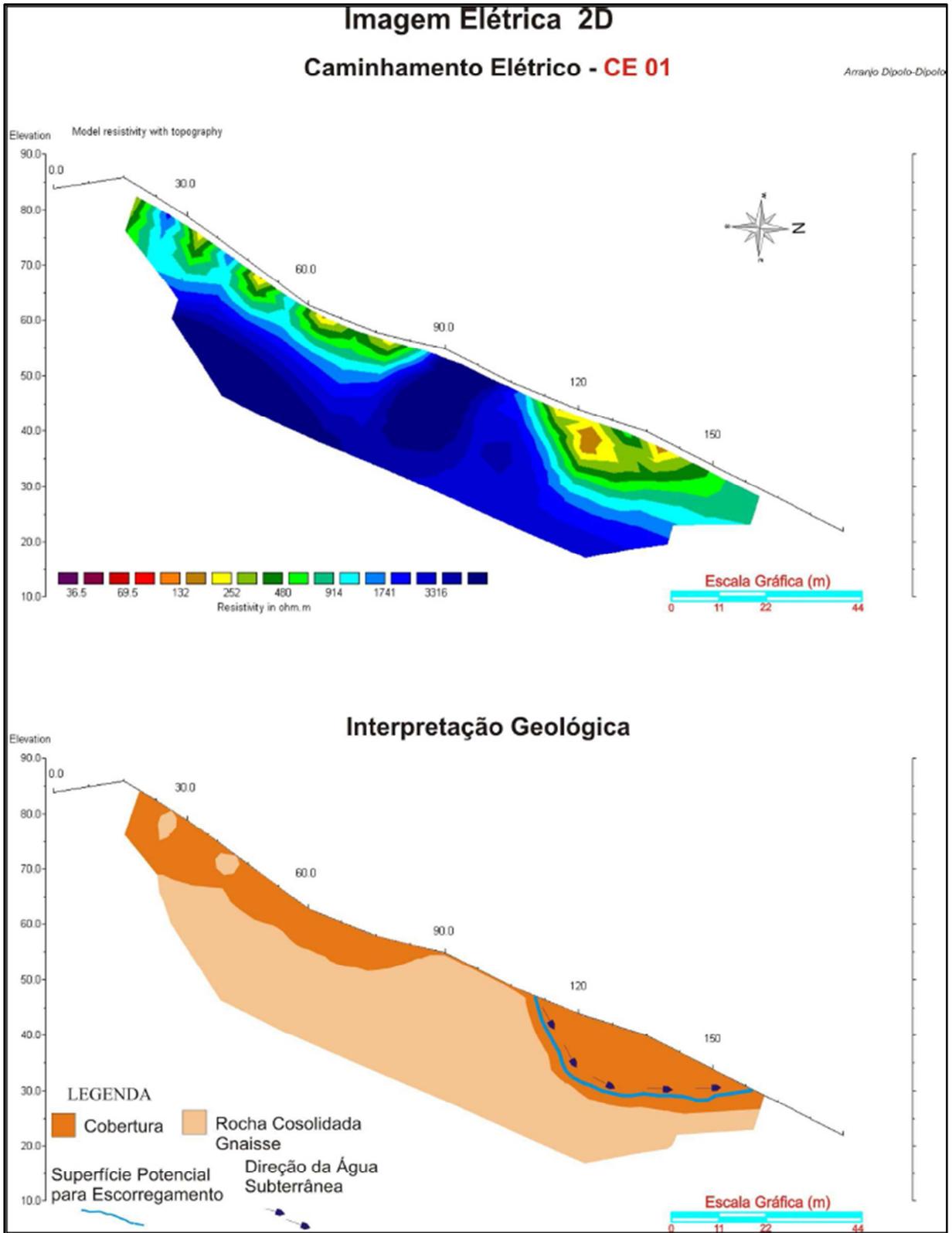
2.3 Geofísica aplicada a geotecnia (estabilidade de taludes).

A aplicação da geofísica em áreas de riscos vem se tornando muito importante, principalmente porque esse método é não invasivo que não agrava a situação já existente, de instabilidade do talude. O trabalho de Xavier (2012) mostra a aplicação e resultados da Geofísica Elétrica aplicada a Geotecnia para investigação de estabilidade de taludes. O estudo iniciou após um escorregamento em uma propriedade privada na cidade de Joinville, SC, e o principal objetivo do estudo foi conhecer riscos futuros e ações a serem tomadas a curto, médio e longo prazo.

Em seu estudo Xavier (2012) concentrou a Geofísica na investigação e definição da espessura do solo, posição da rocha, nível freático, presença de blocos, direção preferencial do fluxo subterrâneo e planos preferenciais de escorregamentos, obtendo informações importantes e confiáveis de como se comporta o subsolo na área de estudo permitindo o melhor direcionamento e programação das fases posteriores, de prevenção e remediação.

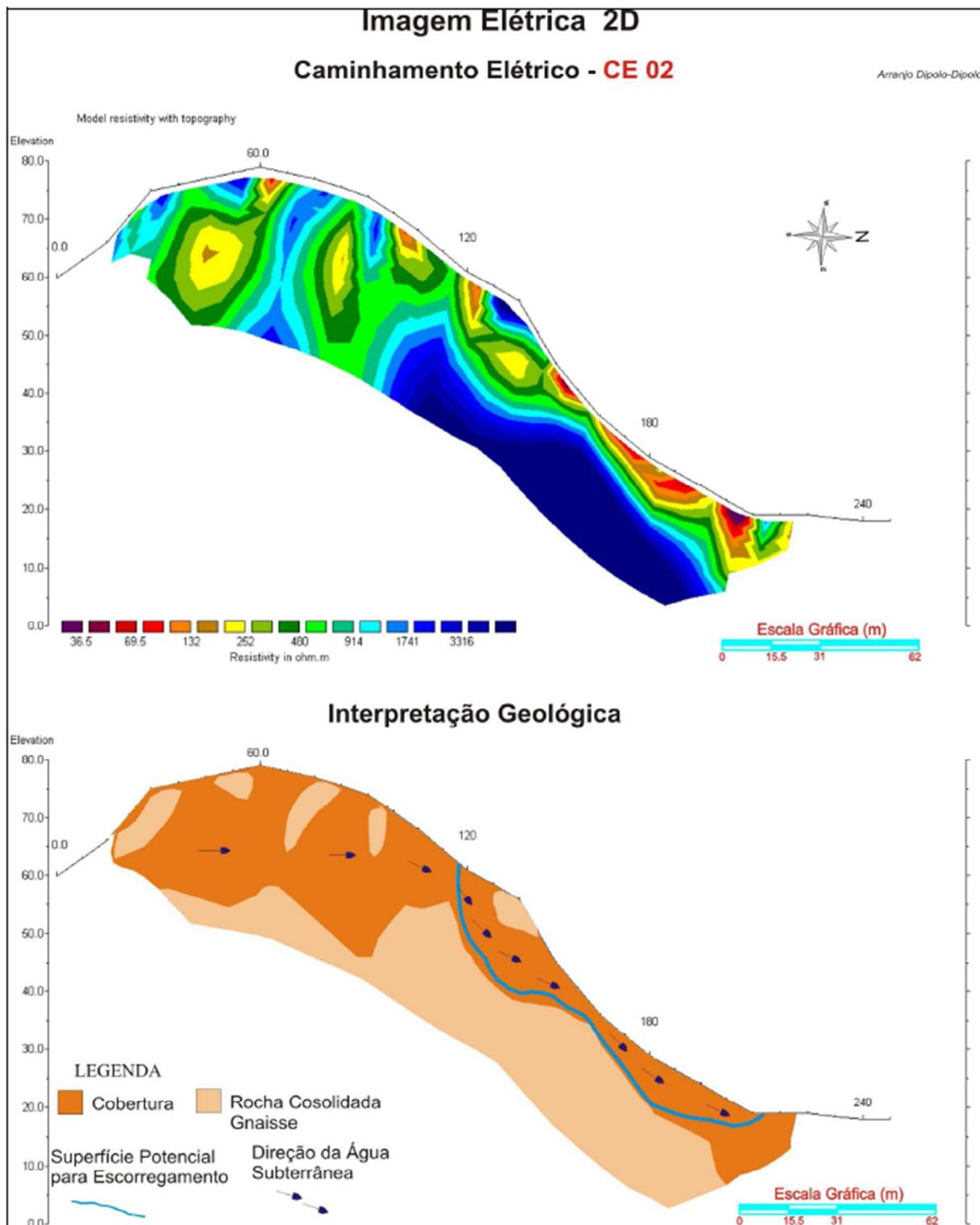
Foi utilizado o método de caminhamento elétrico (CE), os CEs tiveram como principal objetivo a identificação das camadas geoeletricas e suas distribuições laterais. Nas figuras 3 e 4 estão dispostos os perfis que foram gerados e suas respectivas interpretações geológicas.

Figura 3 - Imagem elétrica 2D com interpretação geológica e identificação das camadas geoeletricas e suas distribuições laterais – CE 01.



Fonte: Xavier (2012).

Figura 4- Imagem elétrica 2D com interpretação geológica e identificação das camadas geoeletricas e suas distribuições laterais – CE 02.



Fonte: Xavier (2012).

A partir dos dados geofísicos o autor teve mais facilidade para a interpretação do risco do local. O método da eletrorresistividade mostrou ser uma ferramenta eficiente na definição dos principais parâmetros de avaliação dos processos de formação dos movimentos de massa,

como por exemplo, espessura de cobertura, perfil contínuo do topo rochoso, presença de blocos e matacões, nível do lençol freático e planos de movimentação. Desta forma colaborando na correta ação preventiva ou em intervenções posteriores na área estudada.

3. CONTEXTO GEOLÓGICO

3.1 Geologia Regional

3.2.1 Suíte Granítica Caçapava do Sul

A área de estudo situa-se em cima da Suíte Granítica Caçapava do Sul (Figura 5), que compreende um corpo intrusivo de forma alongada na direção Norte-Sul e dômica, com dimensões de aproximadamente 25 km x 12 km segundo Bitencourt, (1983). Sua idade magmática é de aproximadamente 550 Ma, com datação por isocrônica Rb/Sr (Sartori e Kawashita, 1985) e zircão U/Pb (Leite et al. 1995). O evento intrusivo ocorreu em uma zona de cisalhamento (Nardi e Bitencourt, 1989), em fases tardias do Ciclo Brasileiro/Pan-Africano.

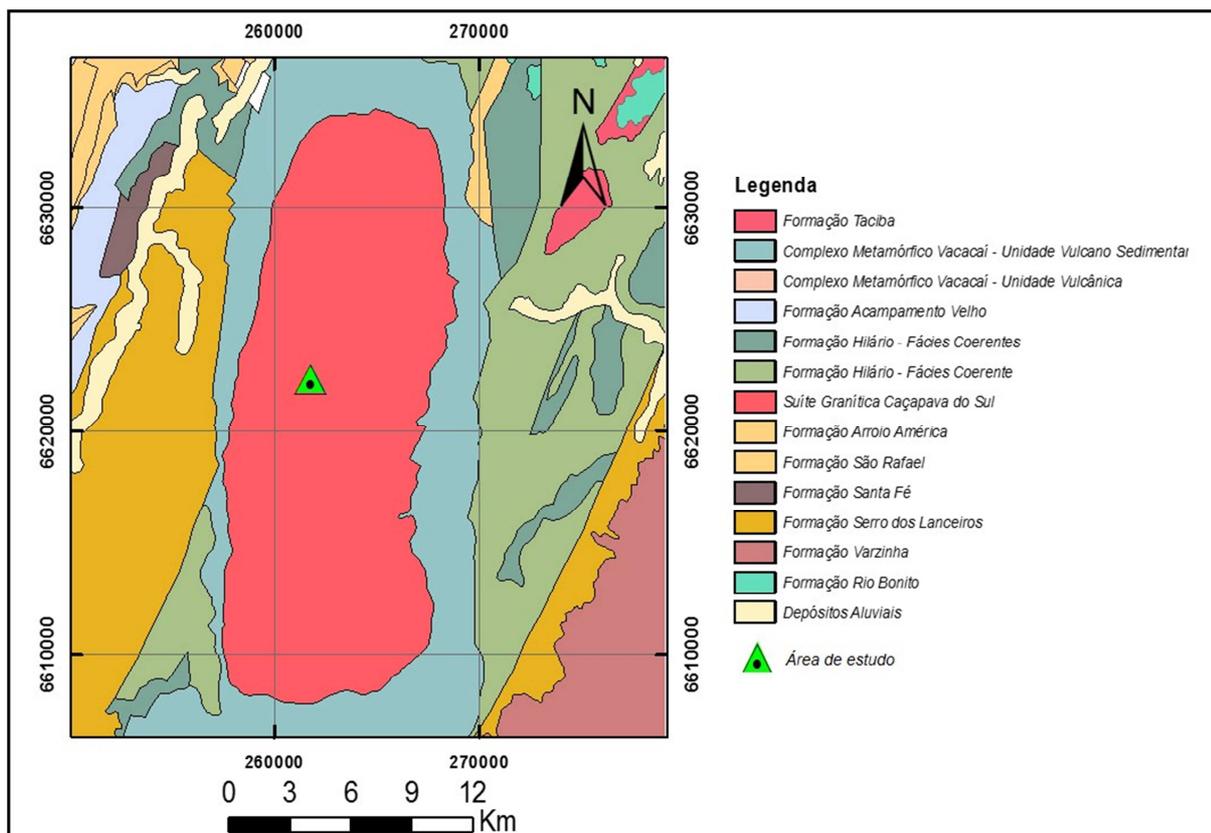
A Suíte Granítica Caçapava do Sul (SGCS) também ocorre sob a forma de apófises intrudidas no Complexo Metamórfico Passo Feio. Esta suíte subdivide-se em três diferentes fácies de acordo com a composição e o arranjo mineralógico, sendo essas as fácies Monzogranito Granodiorito, fácies Sienogranito e fácies Sienogranito Milonitizado.

No norte da SGCS ocorre predominância de leucogranitos, particularmente sobre topografias altas. Já em sua porção sul, os leucogranitos estão praticamente ausentes, porém granitóides biotita (monzogranitos, granodioritos e porções diorítica) são predominantes. Isso levou Nardi e Bitencourt (1989) a propor que o bloco sul representa uma parte mais profunda da intrusão.

Esta proposição é apoiada por dados gravimétricos que mostram que existe uma origem de 4 km de profundidade sob a área do norte, enquanto que a espessura total preservada no bloco sul é menos de 2,5 km. A porção sul também contém os Gnaisses Neto Rodrigues de 2,45 Ga, que são reconhecidos e interpretados por Remus et al. (1996) como uma possível ocorrência Paleoproterozóica.

Bordeando a SGCS está o Complexo Metamórfico Vacacaí (Bitencourt, 1983) é composto por anfibolitos e xistos formados por metamorfismo regional, a partir de protólitos vulcânicos, sedimentares clásticos e carbonáticos.

Figura 5- Mapa geológico da região estudada, com a marcação da área de estudo.



Fonte: Autora, adaptado da carta geológica do Rio Grande do Sul CPRM (2006).

3.1 Geologia Local

3.2.2 Fácies Sienogranito (Sgn)

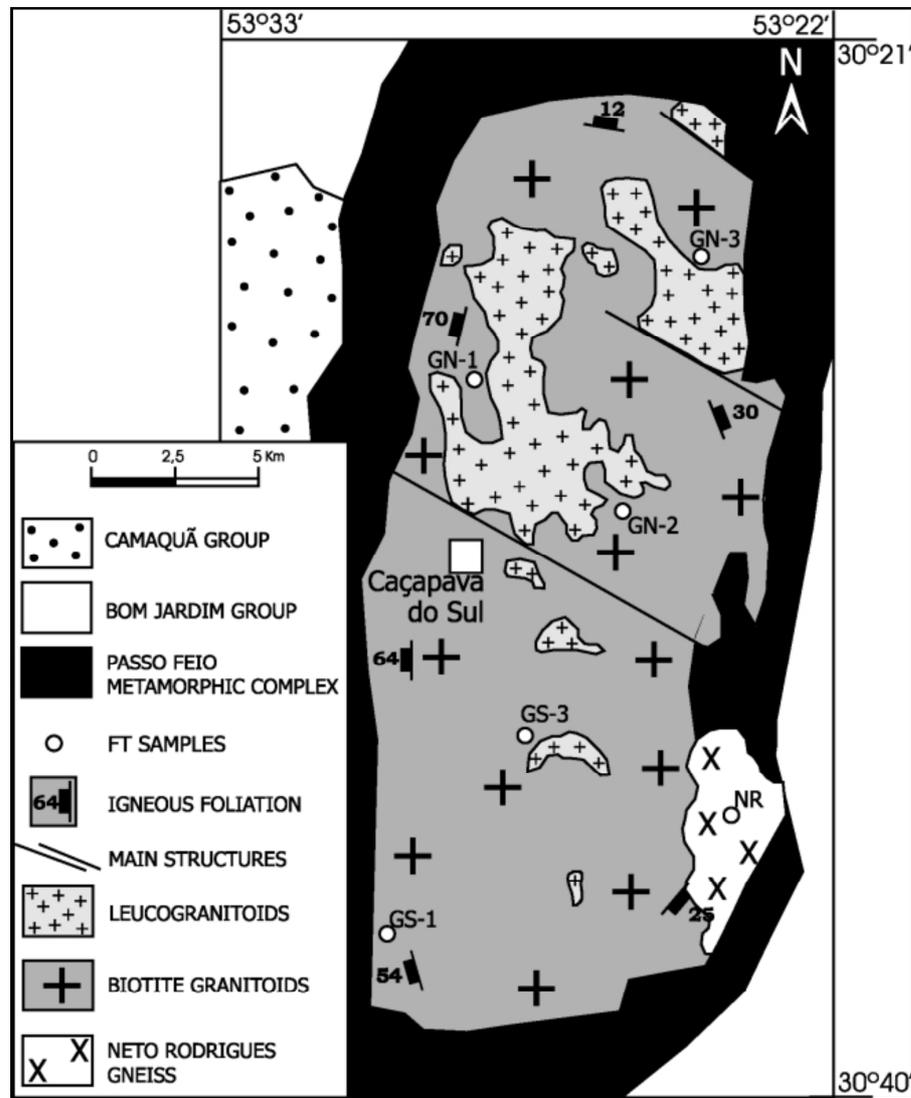
A fácies constituída na área de estudo são os Sienogranitos, que são rochas que possuem textura equigranular que varia de fina a média, compostas em maiores proporções respectivamente por feldspato alcalino, quartzo e plagioclásio como minerais félsicos, além de biotita e anfibólios como minerais máficos. Os feldspatos alcalinos constituem até 60% do volume total da rocha, enquanto que os minerais máficos constituem menos de 10% do volume total da rocha.

A Fácies Sienogranito compreende a maior parte da Suíte Granítica Caçapava do Sul (Figura 6) e ocorre como um grande corpo alongado na direção Norte-Sul. Limita-se com as fácies Monzogranito Granodiorito e Sienogranito Milonitizado na forma de contatos graduais.

Esta fácies possui dois sentidos principais de fraturamento: Leste-Oeste e Nordeste-Sudoeste. Este fraturamento pode ter sido ocasionado durante a separação do Gondwana e/ou durante a exumação da Suíte Granítica Caçapava do Sul devido a um alívio de pressão ocasionado.

Em geral, esta fácies está representada por afloramentos em blocos e matacões, lajedos geralmente muito alterados e, pontualmente, cortes de estradas e drenagens.

Figura 6 - Mapa geológico da região de Caçapava Sul, mostrando as fácies do Complexo Granítico Caçapava do Sul, as estruturas que tendem a NW e que controlam a subdivisão do corpo intrusivo.



Fonte: Borba *et.al.* (2002)

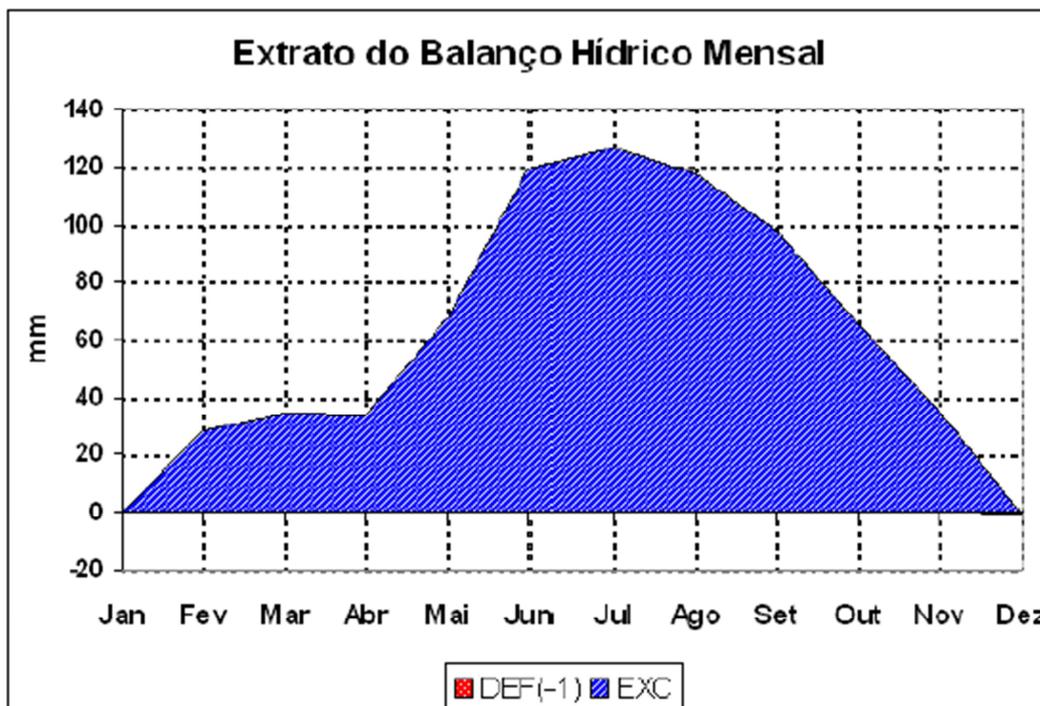
4. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é localizada na região central do estado do Rio Grande do Sul, no município de Caçapava do Sul, com possível acesso por duas das principais rodovias do estado, a BR-392 e BR-290, que fazem ligação entre a capital e o interior.

4.1 Aspectos climáticos

O clima da região de Caçapava do Sul pode ser considerado temperado e úmido, sem período definido de secas e com ocorrência de precipitação em todos os meses do ano. É classificado como Cfa (clima temperado úmido com verão quente) de acordo com. A temperatura média do mês de janeiro é de 23,1 °C, a temperatura média do mês de junho é de 12,9 °C e a temperatura média anual é de 17,6 °C. Quanto à distribuição anual do regime das chuvas, o mês mais seco é dezembro, com média pluviométrica mensal de 111 mm, e o mês mais chuvoso é Julho, com média pluviométrica mensal de 142 mm. A média pluviométrica anual é de 1533 mm segundo Cunha (2010). Abaixo segue um gráfico do balanço hídrico normal mensal do município (Figura 7).

Figura 7- Gráfico representando o balanço hídrico mensal do município de Caçapava do Sul, RS.



Fonte: Embrapa (2010).

4.2. Aspectos demográficos

A cidade de Caçapava do sul foi a segunda capital Farroupilha, possui uma área de 3.047 km², representando 1,0814% do Estado, sendo o décimo oitavo maior município em extensão territorial do Rio Grande do Sul. A população total do município é de 33.223 mil habitantes, conforme dados de 2008.

O padrão da população localizada na zona rural teve uma evolução a partir da década de 1970, onde a maior parte da população habitava zonas rurais. A partir de então, a zona urbana começou a ter o aumento da sua população, até o padrão inverter e a zona urbana ter maior número de habitantes que a zona rural, segundo Campão et. al., (2010). A Tabela 1 apresenta um resumo destes dados.

Tabela 1: Comparativo da população Rural e Urbana.

Comparativo entre População Rural e Urbana		
Ano	Rural	Urbana
1970	20.395	13.434
1980	15.614	17.360
1991	14.269	20.349
2000	15.614	19.328
2008	12.627	20.596
2010	8.280	25.410

Fonte: Cunha, (2010).

4.3 Geomorfologia

O estado do Rio Grande do Sul, a compartimentação geomorfológica é dividida em três grandes domínios segundo Justus et al., (1986). O domínio dos Depósitos Sedimentares, o Domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares e o Domínio dos Embasamentos em Estilos Complexos.

Nestes domínios são compartimentadas três regiões geomorfológicas, conforme apresentado na Tabela 2. Segundo Cunha (2010), essas compartimentações são divididas em Planície Continental, Depressão Central e Planalto Sul-riograndense. Essas unidades são contextualizadas respectivamente, pela Planície Aluvio-Coluvionar, Depressão Rio Jacuí, Planaltos Residuais Canguçu- Caçapava do Sul e Planalto Rebaixado Marginal.

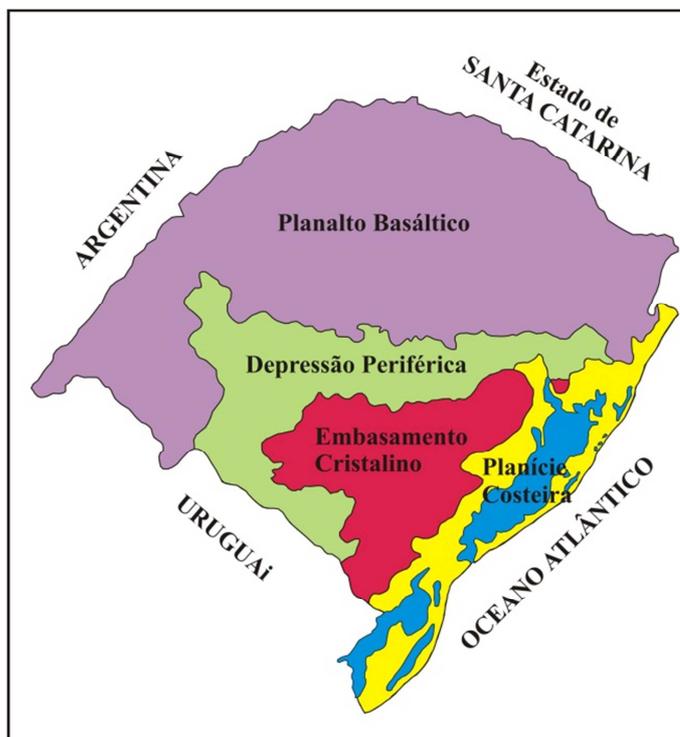
Tabela 2: Descrição geomorfológica do município de Caçapava do Sul

Domínios Morfoestruturais	Regiões Geomorfológicas	Unidades Geomorfológicas
I – Depósitos Sedimentares	Planície Continental	Planície Alúvio-Coluvionar
II – Bacias e Coberturas Sedimentares	Depressão Central Gaúcha	Depressão Rio Jacuí
III – Embasamento em Estilos Complexos	Planalto Sul-Rio-Grandense	Planaltos Residuais Canguçu-Caçapava do Sul
		Planalto Rebaixado Marginal

Fonte: RADAMBRASIL (1986).

A área de estudo está localizada no domínio do Escudo Cristalino (Figura 8). Esse escudo forma uma faixa com idades e diferentes domínios geológicos.

Figura 8 - Mapa Geomorfológico do estado do Rio Grande do sul.



Fonte: Pereira, (2014).

4.4 Pedologia

Conforme Cunha (2010), a província do Escudo Sul-riograndense tem ampla diversidade geológica, com predomínio de litologias pré-cambrianas. Na porção noroeste, entre as cidades de Vila Nova, Caçapava do Sul, Santana da Boa Vista e Lavras do Sul, ocorrem áreas expressivas de solos com alta fertilidade química, originados de xisto, como os Neossolos regolíticos.

5. MÉTODOS E MATERIAIS

5.1 Considerações iniciais

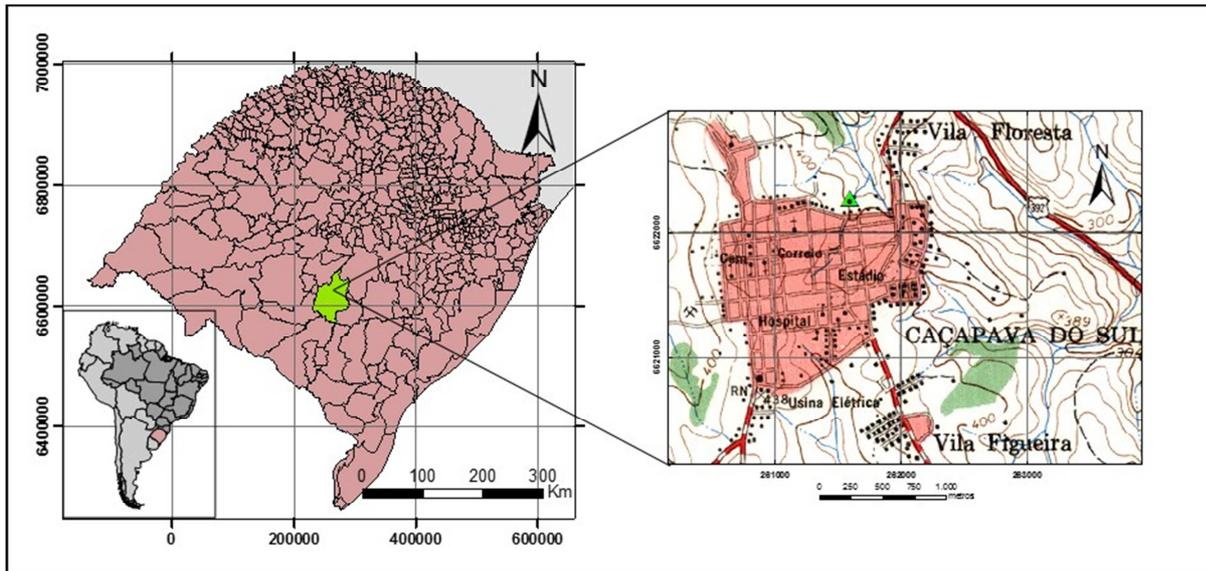
Neste capítulo, apresenta-se a metodologia utilizada e os métodos que serão realizados no desenvolvimento do estudo. As etapas da pesquisa estão detalhadamente descritas neste capítulo, bem como a descrição dos materiais, os métodos que serão utilizados na aquisição de dados de campo e laboratório e detalhes de execução de ensaios e equipamentos utilizados ao decorrer da pesquisa.

5.2. Estudo de caso

5.2.1 Apresentação da área de estudo

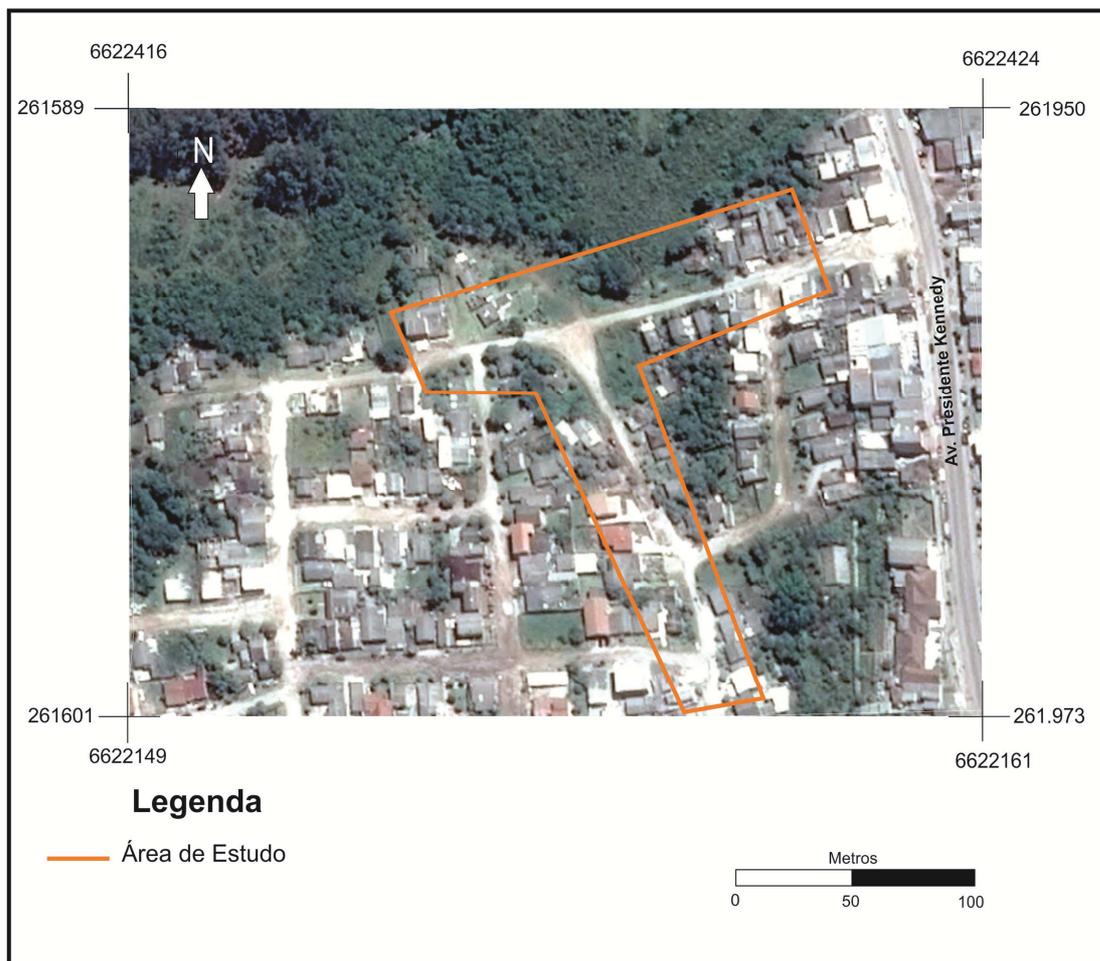
O município de Caçapava do Sul, local de estudo, esta localizada na região central do estado do Rio Grande do Sul (Figura 9), com possível acesso por duas das principais rodovias do estado, a BR-392 e BR-290, que fazem ligação entre a capital e o interior. A área de estudo está localizada no centro da cidade de Caçapava do Sul, na Rua Dom Pedro II. (Figura 10). A área está inserida em uma região de encosta (Figura 11, 12 e 13), em uma zona de periferia e esquecida socialmente, é um local sem saneamento básico como ilustrado na Figura 15, com famílias de baixa renda e com moradias precárias. Todos estes fatores citados estão ligados diretamente a áreas de risco.

Figura 9- Mapa de localização e situação da área, localização da área de estudo está representando pelo triângulo em verde.



Fonte: Autora.

Figura 10- Mapa de situação da área.



Fonte: Autora, imagem do Google Earth.

Figura 11- Residências na margem da encosta.



Fonte: Autora.

Figura 12- Casas na beira da encosta com plantações de bananeiras.



Fonte: Autora.

Figura 13- Espaçamento muito pequeno, entre a encosta e a casa.



Fonte: Autora.

A falta de coleta específica e tratamento do esgoto sanitário fizeram com que os efluentes domésticos sejam despejados diretamente no solo ou lançados em corpos hídricos (Figura 14). Esta sistemática contamina o solo e conseqüentemente o lençol freático e causa degradação nos recursos hídricos, conforme destaca Lopes (2013). A falta de saneamento básico é um fator de extrema vulnerabilidade dos solos desta região, propiciando ainda mais os processos de solapamentos.

Figura 14- A região é caracterizada por falta de saneamento básico.



Fonte: Autora.

5.4 Elaborações de mapas

Segundo Carvalho e Galvão (2006) a elaboração de mapas é realizada através de etapas que conjuntamente, resultarão no mapa de risco. As etapas a serem realizadas para a confecção do mapa são as seguintes caracterizações:

- Distribuição espacial dos eventos;
- conteúdo: tipo, tamanho, forma e estado de atividade;
- informações de campo, fotos e imagens;
- Realização de checklist;
- Utilização de métodos geofísicos
- E análise do talude.

Após todas essas etapas será realizada a confecção do mapa de zoneamento.

5.5 Métodos

Primeiramente foi realizada uma análise das condições da área de estudo, verificando os dados topográficos, análise do talude (análise geotécnica) e análise geofísica.

5.5.1 Análise Geotécnica

Esta análise foi baseada na utilização de métodos geotécnicos para a mitigação de futuros deslizamentos na encosta em estudo. O estudo geotécnico mediu camada de solo e rocha, dados topográficos, análise de estruturas e análise do talude.

5.5.2 Análise Geofísica

Áreas previamente identificadas como geologicamente instáveis são alvo dos levantamentos geofísicos onde se avalia a espessura e geometria do solo.

O mapeamento de subsolo, seja raso, profundo ou muito profundo, através dos diversos métodos geofísicos tem um princípio em comum, são ensaios não destrutivos ou não invasivos, ou seja, sem penetração física no meio investigado. Souza (1988) e Souza (2006) apresentam vários exemplos que ratificam a importância da Geofísica nos tempos atuais, principalmente no que se refere às interferências no meio ambiente, a legislação ambiental e a excelente relação custo-benefício.

Os levantamentos geofísicos tem gerado informações consistentes, sendo possível a partir deles elaborar um projeto de estabilização da massa de solo que visem preservar edificações que se encontram abaixo da área afetada.

Utilizaremos na área o método da eletrorresistividade, que se apresenta como um diagnóstico geotécnico e ambiental. É uma investigação sem qualquer impacto físico, de baixo custo, com rapidez de execução e de resultados.

Neste trabalho o método geofísico será utilizado para elaborar um perfil geotécnico, determinando assim a camada de solo e qual sua profundidade.

5.6 Materiais e equipamentos

5.6.1 Método da Eletrorresistividade

A eletrorresistividade é um método geofísico pertencente aos 'geoeletricos'. É amplamente usado em estudos de geofísica rasa, geotecnia, prospecção de águas subterrâneas

e meio ambiente. Seu princípio é baseado na determinação elétrica dos materiais (solo e rocha) em subsuperfície. Esses materiais possuem propriedades eletromagnéticas ao serem submetidos a correntes elétricas geradas artificialmente Kearey, (2009). A heterogeneidade dos diversos tipos de solo e rochas no meio geológico atua como “interfaces de contraste” que são detectadas nos valores de resistividade elétrica. Esta propriedade física, devidamente detectada, medida e, inserida em modelos ou seções de resistividade serve para caracterizar o grau de alteração, fraturamentos, depósitos minerais e conduzir investigações em diferentes profundidades de forma indireta ou não invasiva.

Esse método pode ser definido pela lei de Ohm, no qual é dada a seguinte equação:

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (\text{ohms}) \quad \text{Equação (1)}$$

Utilizando a Equação (2), podemos definir que L é o comprimento e S é a seção transversal do condutor. Temos que ρ é um coeficiente dependente da natureza e estado físico denominado de eletrorresistividade. Isolando ρ pode-se definir a resistividade elétrica como sendo:

$$\rho = R \frac{S}{L} \quad (\text{ohm.m}) \quad \text{Equação (2)}$$

Logo a dimensão da resistividade é um produto de uma resistência elétrica ao longo de um corpo. A resistividade pode ser compreendida como sendo a dificuldade de propagação de uma corrente elétrica em um determinado material, isso está ligado a leis elétricas que está ligada aos mecanismos que a corrente elétrica se propaga. Em algum caso de corpos tridimensionais, como a Terra, a corrente elétrica não flui por uma reta, um único caminho, a corrente elétrica se propaga em todas as direções. Aplicando a Equação (2) em semi-espaço e isolando ρ , obteremos a seguinte equação Telford (1990):

$$\rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (\text{ohm.m}) \quad \text{Equação (3)}$$

Onde V é o potencial, I é a corrente e r é a distância entre o eletrodo de corrente e o ponto que foi medido o potencial. Obtendo assim a resistividade ρ .

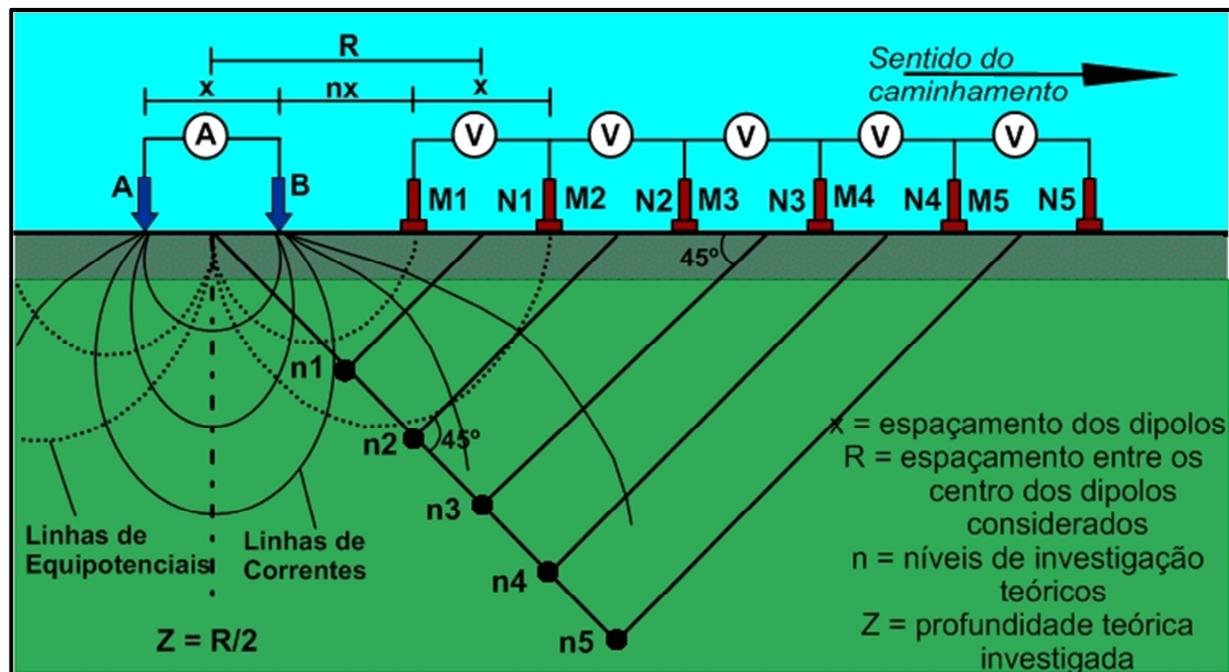
a) Caminhamento Elétrico – CE

A técnica do CE, consiste basicamente na obtenção de medidas de resistividade elétrica aparente, ao longo de uma seção/linha, obtendo informações que podem ajudar na investigação em níveis de profundidade e em continuidade lateral.

Braga (1999) apresenta vários tipos de arranjo que podem ser utilizados com essa técnica, desde Polo-Dipolo, Gradiente, Schlumberger, Wenner, Dipolo-Dipolo. Para este trabalho, é proposto a utilização de um arranjo Dipolo-Dipolo, sendo, portanto, descrito apenas este de forma detalhada. Outras técnicas e arranjos são detalhados em Kearey (2009), Braga (1999) e Telford (1990).

O desenvolvimento desse arranjo caracteriza-se por um espaçamento igual entre os eletrodos de detecção MN e de injeção AB, com um deslocamento da corrente elétrica e detecção da resistividade aparente, a partir do centro de ambos os dipolos (Figura 15). A profundidade de investigação aumenta na medida em que o espaçamento entre os eletrodos aumenta, teoricamente igual a $R/2$.

Figura 15– Esquema de Caminhamento Elétrico utilizando o Arranjo Dipolo-Dipolo.



Fonte: Braga (1999).

b) Equipamento

Ao longo das últimas décadas, diferentes equipamentos foram desenvolvidos no estudo da eletrorresistividade. No emprego da técnica do Caminhamento Elétrico, são

utilizados atualmente equipamentos que possibilitam o envio de corrente para os eletrodos de forma automática e na potência ajustada de acordo com o contato eletrodos/solo/rocha.

Para a realização deste trabalho será usado um resistivímetro da Iris Instruments, de fabricação francesa, modelo Syscal Pro com operação em 10 canais de saída e potência de 250 watts (Figura 16). Após o arranjo de campo ser previamente montado, o equipamento fica no centro e através de programação prévia, as medidas em profundidade teóricas e lateralmente são efetuadas.

Figura 16- Equipamento Syscal, disponível na UNIPAMPA.



Fonte: Resistivity.org.

c) Caracterização Geométrica

Segundo Braga, (1999) Para que ocorra a efetuação adequada com parâmetros geológicos em uma determinada área de estudo, é fundamental a localização geográfica e o entendimento da geologia local em termos estratigráficos. Entretanto, para a interpretação dos dados do método da eletrorrestividade, alguns critérios para efetuar a associação

resistividade/litologia podem ser observados e seguidos. Em uma área estudada, as margens de variação são bem mais reduzidas e em geral podem identificar as rochas em função das resistividades.

No Quadro 3 são apresentados faixas de variações mais frequentes, nos valores de resistividade e cargabilidade para alguns tipos de sedimentos e rochas.

Quadro 3 - Valores de resistividade com alguns tipos litológicos principais.

TIPO LITOLÓGICO	Cargabilidade (mV/V)	Resistividade (ohm.m)
Zona não saturada	0,4 a 23,4	100 a 30.000
Argiloso	1,5 a 1,9	≤ 20
Argilo-Arenoso		20 a 40
Areno-Argiloso	7,1 a 45,0	40 a 60
Siltito Argiloso		10 a 60
Siltito Arenoso		
Arenoso	0,1 a 5,8	≥ 60
Argilito	1,5 a 1,9	10 a 20
Arenito	0,1 a 5,8	80 a 200
Basalto/Diabásio	20,0 a 30,0	200 a 500
Calcário		500 a 1.000
Granito/Gnaiss	10,0 a 20,0	3.000 a 5.000

Fonte: Braga, (1999).

5.6.2 Checklist do IPT

O checklist tem como objetivo auxiliar a tomada de decisão sobre as moradias que estão sob risco de escorregamentos. Ao final do checklist será possível estabelecer o nível de risco ao qual estão sujeitas as moradias.

6. RESULTADOS

6.1 Caminhamento elétrico – CE

O método de caminhamento elétrico foi realizado para obter uma maior compreensão da camada de solo, contado rocha e solo, dimensão da zona saturada e os planos preferenciais de escorregamento.

Os caminhamentos elétricos (CE), foram distribuídos em duas ruas perpendiculares mais susceptíveis a solapamentos (Figura 17 e 18), nomeadas de CE 1 e CE 2. O arranjo

utilizado foi o dipolo-dipolo com espaçamento de 5 metros e uma investigação vertical de aproximadamente 30 metros.

Figura 17 – Mapa de localização do perfil.



Fonte: Autora.

Figura 18 - Obtenção dos dados geofísicos em campo.



Fonte: Autora.

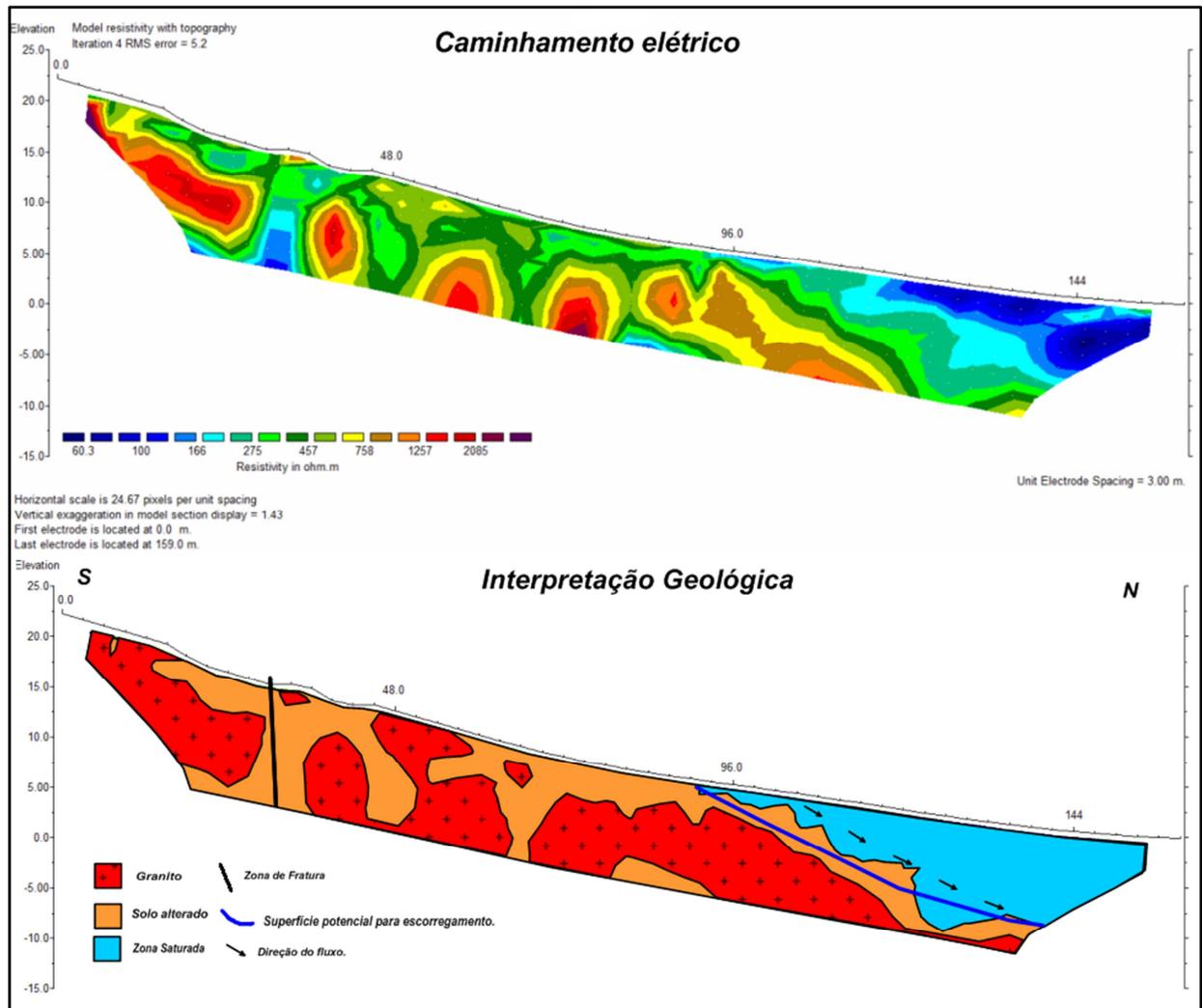
O processamento dos perfis foram realizadas através do software RES 2D INV, onde foram gerados 2 perfis de eletrorresistividade. O principal objetivo foi o modelamento geolétrico das camadas. A interpretação geolétrica partiu do princípio dos limites dos valores de eletrorresistividade, onde foram definidos os valores de até +/- 250 ohm.m como a zona saturada (solo saturado). Os valores de +/- 400 ohm.m até +/- 650 ohm.m foram definidos como o material rochoso alterado/fraturado ou solo (regolito). Já para a rocha são os valores ficaram acima de 700 ohm. M, valores definidos através da literatura Braga, (1999).

6.1.1. Perfil 1

Observa-se de acordo com a Figura 19, que a rocha são encontra-se bem alterada e fraturada, possivelmente uma fratura separou os blocos da esquerda para a direita. O solo

alterado encontra-se em torno da rocha, sendo característico da alteração do granito. E a zona saturada é onde se encontra o caminho preferencial da água infiltrada, indicando nestes locais a preferência para os movimentos de massas.

Figura 19 - Imagem elétrica 2D com interpretação geológica.



Fonte: Autora.

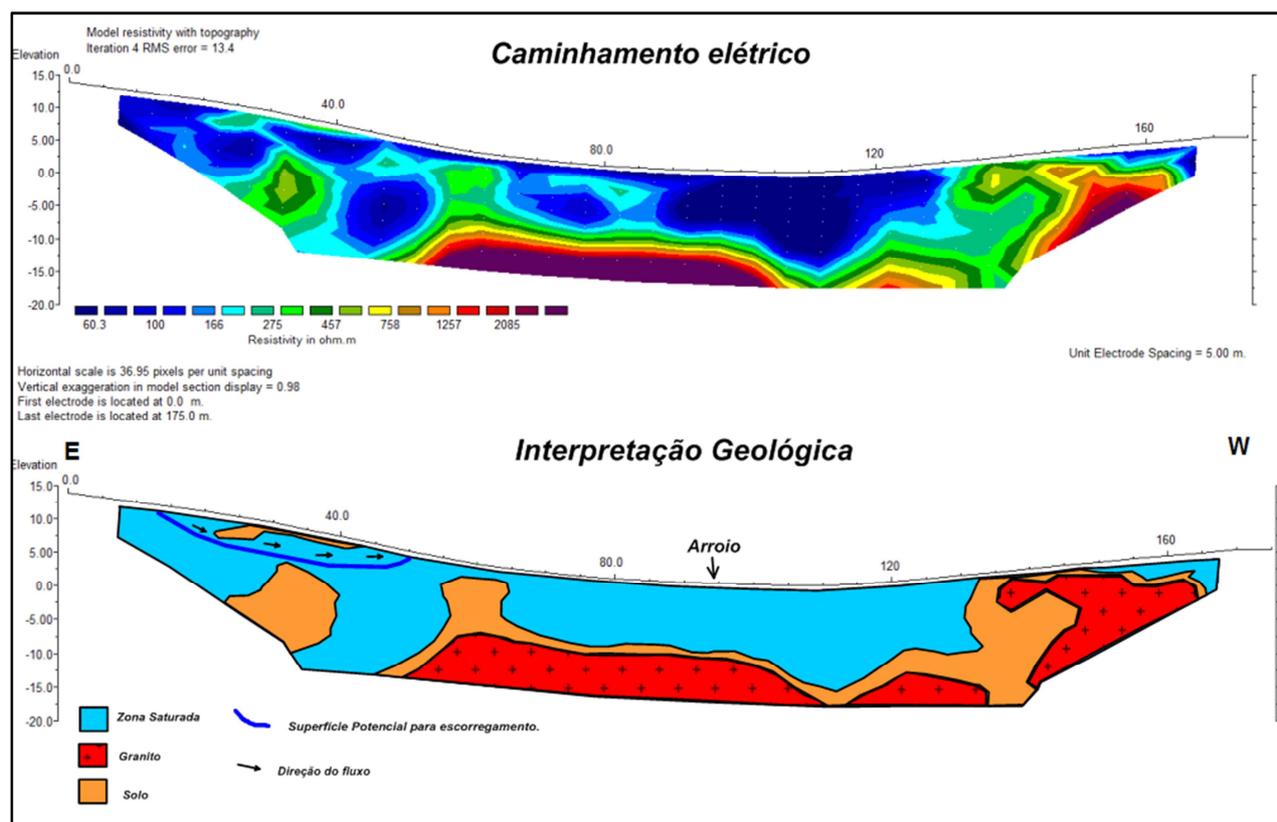
6.1.2. Perfil 2

A rocha sã encontra-se mais consolidada, mas com planos de fraturas. A zona saturada encontra-se em destaque no meio do perfil, este valor baixo foi colaborado devido ao fato que o arroio passa a menos de 3 metros da linha do CE, sendo esse fator um potencial tanto para a interferência da obtenção dos dados quanto para uma superfície de potencial escorregamento. A camada de regolito neste perfil não é tão presente, sendo a zona saturada o grande predomínio neste CE. De leste para oeste neste perfil o potencial de escorregamento é alto,

por se tratar de uma zona íngreme e com um solo muito saturado. Todos esses fatores somados aumentam o risco destes locais (Figura 20).

É importante ressaltar que os dados foram obtidos no período que ocorreu chuvas nos dias anteriores ao levantamento.

Figura 20- Imagem elétrica 2D com interpretação geológica.



Fonte: Autora.

6.2. CHECK-LIST

A primeira etapa para a realização do mapeamento de áreas de risco é a pré-setorização do local, que é a percepção dos parâmetros básicos de um mapeamento de área de risco. A segunda etapa é a setorização, que é feita com o auxílio de fichas de campo (checklist). Na setorização (checklist) foram utilizadas análise de imagens de satélite, uso de fotografias, trabalho de campo e visitas técnicas. Portanto depois da realização dessas etapas foi possível determinar o grau de probabilidade de ocorrência do processo ou mesmo do risco de escorregamentos e a confecção do mapa de zoneamento.

O mapa de zoneamento tem como principal objetivo auxiliar no gerenciamento das zonas de riscos e prever desastre futuros. O checklist realizado em campo encontra-se em anexo.

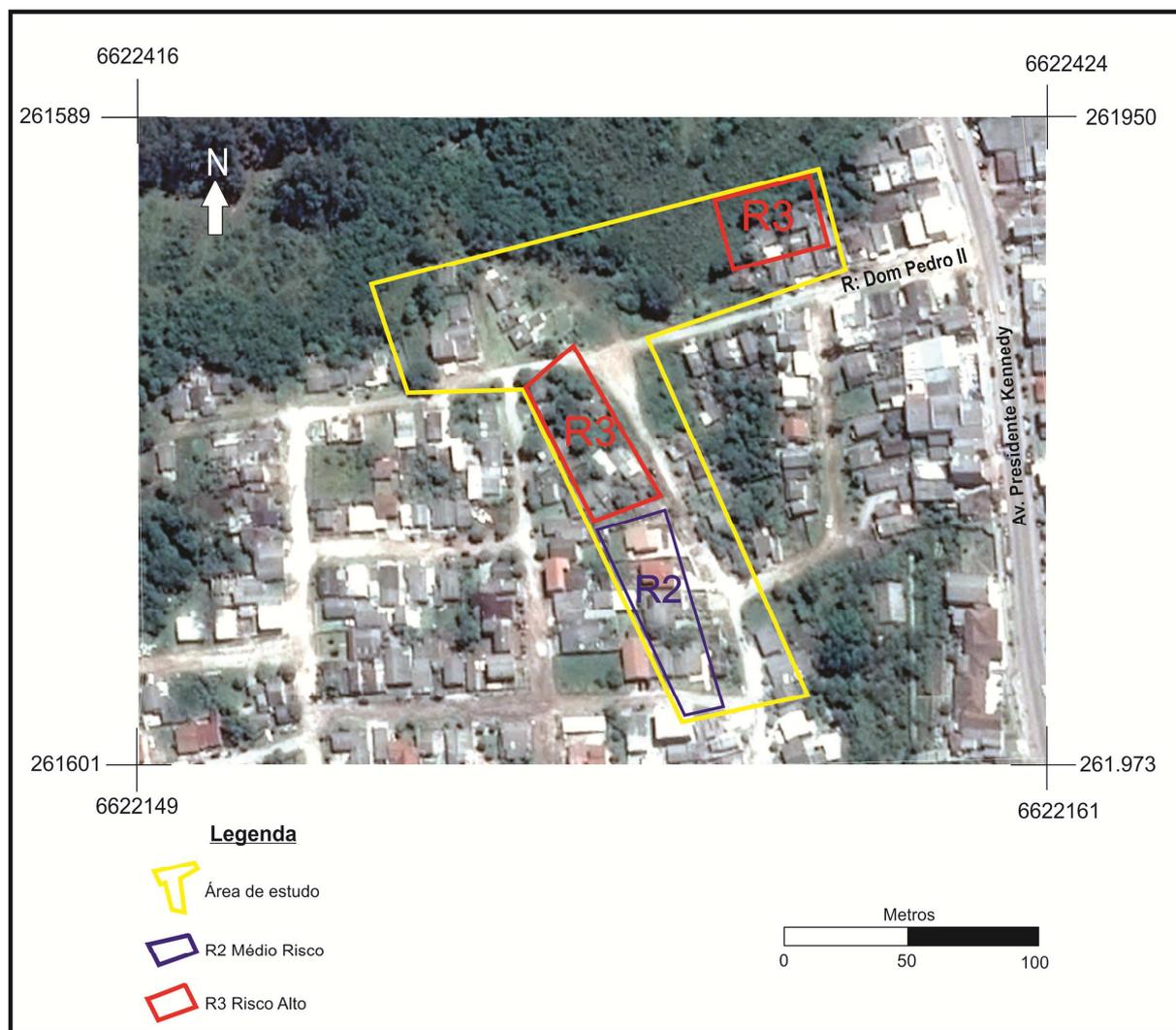
6.3. MAPA DE ZONEAMENTO

Mapas de zoneamento são de fundamental importância no planejamento e desenvolvimento das estratégias de redução de desastres. Por ser uma das principais ferramentas no gerenciamento e prevenção de desastres naturais que a partir da geração deste mapa será possível tomarem decisões e prevenções futuras para o local de estudo.

Após a realização de todos os métodos foi possível classificar a área em Risco Alto (R3) e Risco Médio (R2). Sendo o R3 um nível de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. O R2 é caracterizado por possuir condicionantes geológicos- geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos.

Portanto, a avaliação de risco envolve o uso sistemático de informações para determinar a probabilidade de que certos eventos ocorram e a dimensão de suas possíveis consequências, sendo o mapa de zoneamento uma das principais ferramentas para a prevenção desses eventos. Abaixo encontra-se o mapa de zoneamento da área de estudo (Figura 21).

Figura 21 - Mapa de zoneamento com os graus de risco da área de estudo.



Fonte: Autora.

Os resultados através da geração do mapa de zoneamento é a classificação de duas zonas de risco, risco alto e médio.

O risco médio é caracterizado pelos condicionantes geológicos- geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno etc.) e o nível de intervenção no setor é de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa-se a presença de alguma evidencia de instabilidade encostas e margens de drenagens, porém incipiente. Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de um ciclo chuvoso.

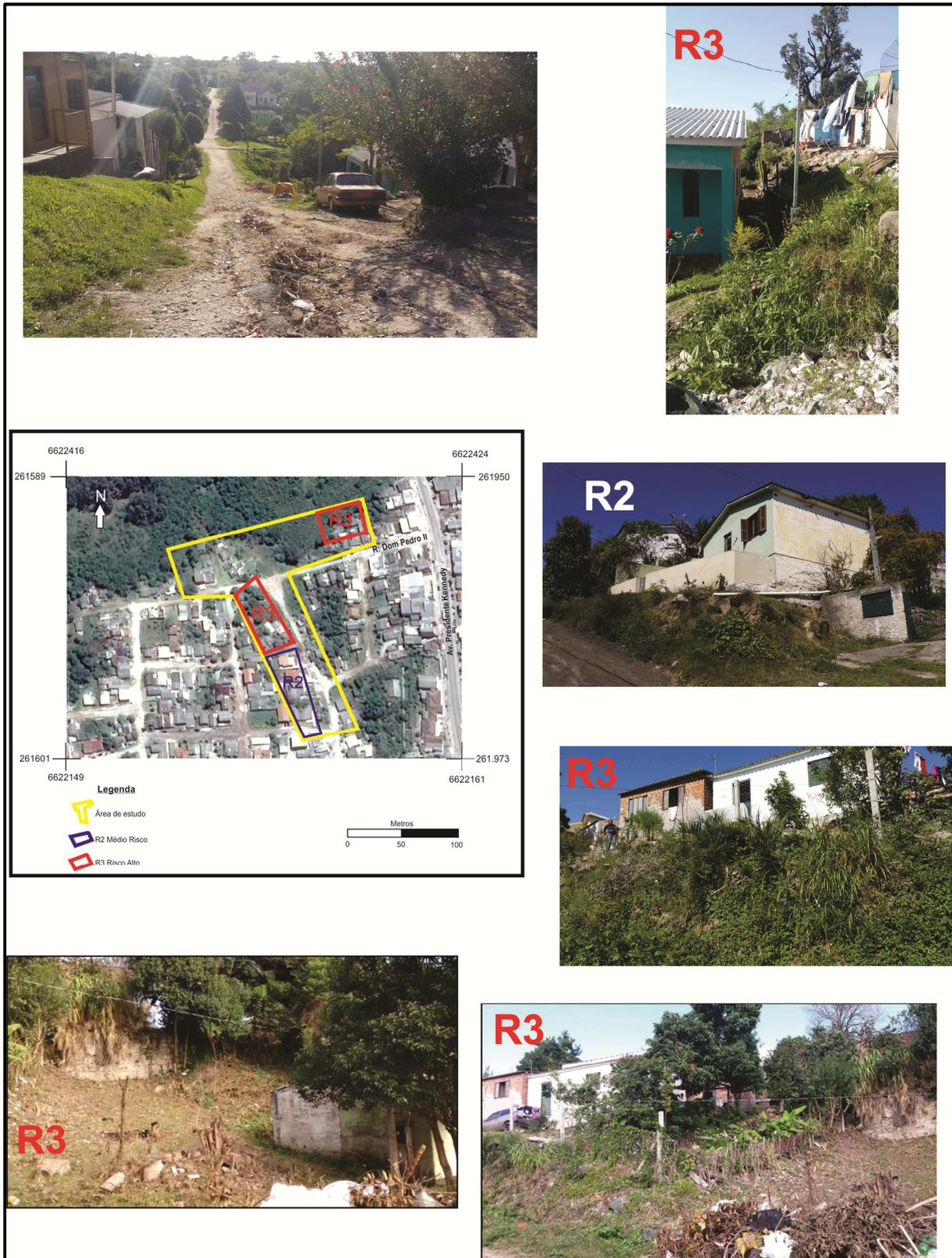
Já o risco alto é caracterizado pelos condicionantes geológicos- geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta

potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Ocorre presença de significativa evidencia de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes etc.). E mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de um ciclo chuvoso.

Através de medidas mitigadoras e trabalhos estruturais da prefeitura do município, é possível a recuperação destas áreas sem que ocorra um impacto social as famílias ali instaladas.

A figura 22 ilustra o mapa de zoneamento com as fotos dos locais mais agravantes.

Figura 22- Mapa de zoneamento com os locais mais agravantes.



Fonte: Autora.

7. CONCLUSÕES

A área mapeada neste trabalho de conclusão de curso está inserida no Granito Caçapava, os valores e litologias obtidos pela eletrorresistividade foram compatíveis com a literatura. Foram mapeadas camadas de solo saturado, camadas de solo alterado (Regolito), rocha sã (Granito Caçapava), zonas de fraturas e planos preferenciais de movimentos de massas (caminho da água subterrânea).

A geofísica se mostrou uma excelente ferramenta para estudos de mapeamentos de áreas de risco, pois é uma investigação não invasiva e tem como resultados todos os fatores necessários para um mapeamento de área de risco, como espessura da camada de solo, contato solo e rocha, zonas de fraturas e alterações, zona saturadas e possíveis zonas que podem ocorrer escorregamentos de massas.

Foi possível realizar o mapa de zoneamento de risco, com dados da eletrorresistividade e do checklist, classificando a área de estudo como sendo de Risco Alto e Risco Médio. Risco Alto são zonas com condicionantes para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos, sendo que é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de um ciclo chuvoso. O Risco Médio tem condicionantes de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos, sendo que mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de um ciclo chuvoso.

A partir dos estudos realizados neste trabalho foi possível concluir que a área de estudo está em risco, sendo que este trabalho será um documento orientador para a prefeitura do município para colaborar com a correta ação preventiva em intervenções posteriores.

7.1 Sugestões para trabalhos futuros

A partir dos estudos realizados neste trabalho e verificando a possibilidade de um estudo mais aprofundado em mapeamento de áreas de risco, destacam-se as seguintes sugestões para trabalhos futuros:

- Produzir um documento específico e orientador para o município de Caçapava do Sul – RS;
- Aplicar outros métodos geofísicos e correlacioná-los;

- Realizar coleta de solos e analisar em laboratório;
- Realizar ensaios de permeabilidade e correlacioná-los com resultados geotécnicos e geofísicos.

REFERÊNCIAS

- ANDRETTA, E. R. et al. **Mapeamento Das Áreas De Risco No Bairro Gilberto Mestrinho, Zona Leste De Manaus - AM.** Serviço Geológico do Brasil. p. 10. 2013.
- BITENCOURT, M. F. A. S. Metamorfitos da região de Caçapava do Sul, RS - Geologia e relações com o corpo granítico. **Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia SBG**, Porto Alegre, p. 37-49, 1983.
- BORBA, A. W. D.; MIZUAKI, A. M. P. **Significado Tectônico dos Depósitos de LEques Aluviais da Formação Santa Bárbara (Eo-Paleozóico) na Região de Caçapava do Sul (RS, Brasil).** UFRGS. Porto Alegre. 2002.
- BORSATTO, S. **Contribuição ao Estudo Geológico-Geotécnico da Área Urbana De Caxias Do Sul - RS.** UFRGS. Porto Alegre, p. 97. 2011.
- BRAGA, A. C. O. **Métodos Geométricos Aplicados. Apostila do Curso de Geologia.** Rio Claro SP: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 1999.
- CAMPÃO, C. A. D. L. et al. **PLANO ESTRATÉGICO DE DESENVOLVIMENTO DO COREDE CAMPANHA (RS).** COREDE CAMPANHA CONSELHO REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO. Caçapava do Sul, p. 227. 2010.
- CARVALHO, C. S.; GALVÃO., T. **Ação de apoio à prevenção e erradicação de riscos em assentamentos precários.** Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006. 10-17 p.
- CERRI, L. E. S. Carta Geotécnica: contribuição para uma concepção voltada as necessidades brasileiras. **Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia**, Salvador, v. 1, p. 309-317, 1990.
- CERRI, L. E. S. et al. Cartas e mapas geotécnicos de áreas urbanas: reflexões sobre as escalas de trabalho e proposta de elaboração com o emprego do método de detalhamento progressivo. **Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia**, Rio de Janeiro, v. 2, p. 537-548, 1996.
- CPRM, C. D. P. D. R. M. **Mapa Geológico do Estado Rio Grande do Sul.** CPRM. Porto Alegre, p. Escala 1:750.000. 2006.
- CUNHA, C. W. **Relatório Técnico do Município de Caçapava do Sul, RS.** Caçapava do Sul, p. 276. 2010.
- EM-DAT. Centre for Research on the Epidemiology of Dissasters. **OFDA/CRED.** Disponível em: <[http://www.emdat.be/ Database](http://www.emdat.be/Database)>. Acesso em: julho 2009.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília : Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2010.
- FERNANDES, L. A. D. et al. Evolução tectônico do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-Riograndense. **Revista Brasileira de Geociências**, p. 351-374, 1995.

FERNANDES, N. F. et al. Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologia e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, p. 51-71, 2001.

FERNANDES, R. M. & L. A. D. **A reappraisal of the nature and age of the late-orogenic basins of the Neoproterozoic Dom Feliciano Belt in southern Brazil**. Tectonic Studies Group Annual Meeting. UK. 2001.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ED. SÃO PAULO: ATLAS, 2007.

IPT, I. D. P. T. D. E. D. S. P.-. **Carta geotécnica dos morros de Santos e São Vicente - SP**. IPT. São Paulo. 1980.

JUSTUS, J. O.; MACHADO, M. L. A.; FRANCO., M. S. M. **Levantamento de recursos naturais**. IBGE. Rio de Janeiro, p. 404. 1986.

KEAREY, P.; BROOKS, M.; IAN, H. **Geofísica de exploração**. Tradução de Maria Cristina Moreira Coelho. São Paulo: Oficina de textos, 2009. 438 p.

LEITE, J. A. D. et al. SHRIMP U/Pb zircon dating applied to the determination of tectonic events: the example of the Caçapava do Sul Batholith, Pedreira Inducal. **Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos**, Gramado, p. 389-390, 1995.

LOPES, R. D. F. **Plano Municipal De Saneamento Básico**. Prefeitura Municipal De Caçapava do Sul, RS. Caçapava do Sul, p. 71. 2013.

MACEDO, E. S. D. Elaboração de Mapas. **Desastres Naturais.**, São Paulo., Maio 2014. 2.

MELLO, A. Y. I. D.; BATISTELLA, M.; FERREIRA., L. C. **Riscos geotécnicos e vulnerabilidades sociais no Litoral Norte de São Paulo**. NEPAM-UNICAMP E EMBRAPA. Campinas, p. 10. 2012.

NARDI, L. V. S.; BITENCOURT, M. F. Geologia, petrologia e geoquímica do Complexo Granítico de Caçapava do Sul, RS. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 19, p. 153-169, 1989.

NORONHA, F. L. **Estudo Geológico-Geotécnico da área urbana de Santa Cruz do Sul - RS**. UFRGS. Porto Alegre, p. 104. 2007.

PEREIRA, L. B. **Mapeamento Geotécnico Aplicado ao Crescimento Urbano da Cidade De Caçapava do Sul**. UNIPAMPA. Caçapava do Sul, p. 39. 2014.

PRANDINI, F. L.; NAKAZAWA, V. A.; DINIZ, C. G. L. F. D. & N. C. **Cartografia Geotécnica nos planos diretores regionais e municipais**. São Paulo: ABGE IPT-DIGEO, 1995. 187-202 p.

RADAMBRASIL. **Levantamento de recursos naturais: Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial do solo**. Projeto RADAMBRASIL. Porto Alegre. 1986.

REMUS, M. et al. Gold in the Neoproterozoic juvenile Bossoroca Volcanic Arc of southernmost Brazil: isotopic constrains on timing and sources. **Journal of South America Earth Sciences**, v. 12, p. 349-366, 1996.

RESISTIVITY. **Resistivity.org**. Disponível em: <<http://www.resistivity.org/>>. Acesso em: 10 maio 2015.

SARTORI, P. L. P.; KAWASHITA, K. Petrologia e Geocronologia do Batólito Granítico de Caçapava do Sul, RS. **Anais do Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia**, p. 102-107, 1985.

SOUZA, L. A. P. As técnicas geofísicas de Sísmica de reflexão de alta resolução e sonografia aplicada ao estudo de aspectos geológicos e geotécnicos em áreas submersas. **35º Congresso Brasileiro de Geologia**, Belém, p. 1551-1564, 1988.

SOUZA, L. A. P. **Revisão crítica da aplicabilidade dos métodos geofísicos na investigação de áreas submersas rasas**. Instituto Oceanográfico, USP. São Paulo, p. 311. 2006.

TELFORD, W. M.; GELDART, L. P.; SHERIFF, R. E. **Applied Geophysics**. 2. ed. New Work: Cambridge University Press., 1990.

TOMINAGA, L. K. **Avaliação de Metodologias de Análise de Risco a Escorregamentos; Aplicação de um Ensaio em Ubatuba, SP**. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 220. 2007.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres Naturais Conhecer para Prevenir**. 1º. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196 p.

ZAINE, J. E. **Mapeamento Geológico-Geotécnico Por Meio do Método do Detalhamento Progressivo: Ensaio de Aplicação na Área Urbana do Município de Rio Claro (SP)**. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, p. 189. 2000.

ZUQUETTE, L. V. **Análise crítica da cartografia geotécnica e prospota metodológica para as condições brasileiras**. Escola de Engenharia de São Carlos USP. São Carlos. 1987.

XAVIER, F.F. **Geofísica aplicada a Geotecnia para investigação de estabilidade de taludes**. Tecgeofísica. Florianópolis, Santa Catarina.

ANEXO I

Roteiro – Mapeamento de risco de escorregamentos

Este roteiro objetiva auxiliar a tomada de decisão sobre as moradias que estão sob risco de escorregamentos. Ao final do preenchimento será possível se estabelecer o nível de risco ao qual estão sujeitas as moradias.

Os passos estarão listamos a seguir:

1 Passo – Características da área

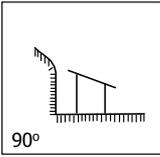
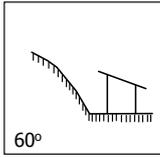
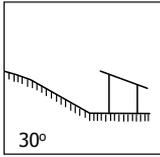
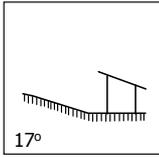
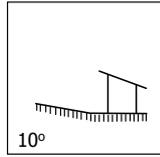
Este campo deve ser preenchido com cuidado, pois deverá permitir que qualquer pessoa possa chegar (retornar) ao local. Colocar a localização (“endereço”) das moradias (usar nome ou número da rua, viela, escadaria, ligação de água ou luz, nomes de vizinhos), nomes de moradores e as condições de acesso à área, como por exemplo: via de terra, escadaria de cimento, rua asfaltada, boas ou más condições, etc. Mencionar os tipos de moradias (se em alvenaria, madeira ou misto dos dois).

Município:	Área:
Nome da área	Setor:
Equipe:	Data: / /
Localização:	
Coordenadas:	
Condição de acesso a área:	
Nome de Moradores	

Unidade de Análise	
Encosta	Margem de Córrego
Inclinação Média do Setor: ____ °	
Tipos de moradias: Alvenaria Madeira Misto (alvenaria e madeira)	

2º Passo – Condicionantes

Nesta etapa devemos descrever o terreno onde estão as moradias. Utilize o desenho no primeiro quadro como referência para as condições encontradas. Antes de preencher dê um “passo” no entorno das moradias. Olhe com atenção os barrancos (taludes) e suba neles se for necessário.

<p>Encosta Natural</p> <p>Altura max ____ m Inclinação: ____°</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">      </div> <p>Dist. das moradias: ____m da base da encosta ou ____m do topo da encosta</p>
<p>Talude de corte</p> <p>Altura max ____ m Inclinação: ____°</p> <p>Dist. das moradias: ____m da base do talude ou ____m do topo do talude</p>
<p>Maciço rochoso</p> <p>Altura max ____ m Inclinação: ____°</p> <p>Dist. das moradias: ____m da base do maciço ou ____m do topo do maciço</p> <p>Há estrutura desfavorável à estabilidade? _____</p>
<p>Presença de blocos de rocha e matacões _____</p>
<p>Depósito de encosta sobre:</p> <p>Encosta Natural Talude de corte Talude de aterro Talude marginal</p> <p>Material presente: Solo Lixo Entulho Obs: _____</p>
<p>Drenagens Naturais</p> <p>retificado natural retilíneo meandrante assoreado lixo entulho</p> <p>Obs: _____</p>
<p>Talude marginal _____</p> <p>Altura max ____ m Dist. das moradias: ____m do topo do talude marginal</p>

3º Passo – Água

A água é uma das principais causas 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)	
Vazamento de tubulação	Fossa	Surgência d'água	
Sistema de drenagem superficial	inexistente	precário	satisfatório

4º Passo - Vegetação na área ou proximidades

Dependendo do tipo de vegetação, ela 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 _____

5º passo – Evidências de movimentação (feições de instabilidade)

Lembre-se que 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 na moradia	Trincas no terreno
Degraus de abatimento	Muros/paredes embarrigados
Árvores, postes, muros inclinados	Solapamento de margem
Cicatriz de escorregamento	Fraturas no maciço

6º Passo - Tipos de processos de instabilização esperados ou já ocorridos

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.

Escorregamento em encosta natural	Queda de bloco
Escorregamento em talude de corte	Rolamento de bloco
Escorregamento em dep. de encosta	Desplacamento
Solo Lixo Entulho	Corrida
Erosão	Solapamento de margem

7º Passo - Determinação do grau de risco

Agora junte tudo o que você viu: caracterização do local das moradias, a água na área, vegetação, os sinais de movimentação, os tipos de escorregamentos que já ocorreram ou são esperados. Avalie, principalmente usando os sinais, se esta área está em movimentação ou não e se o escorregamento poderá atingir alguma moradia. Utilize a tabela de classificação dos níveis de risco. Caso não haja sinais, mas a sua observação dos dados mostra que a área é perigosa, coloque alto ou médio, mas que deve ser observada sempre. Cadastre só as situações de risco, marcando também as de baixo risco.

RISCO MUITO ALTO – R4
RISCO ALTO – R3
RISCO MÉDIO – R2
RISCO BAIXO – R1
Número de moradias em cada Setor: ____

8º Passo – Necessidade de remoção

Esta é uma informação para a Defesa Civil e para o pessoal que trabalha com as remoções. Marque quantas moradias estão em situação que necessite remoção imediata e mais ou menos quantas pessoas talvez tenham que ser removidas.

Número de moradias com necessidade de remoção:____	Estimativa do nº de pessoas p/ remoção:_____
----------------------------------------------------	----------------------------------------------

9º Passo – Outras informações

Escreva neste espaço quaisquer informações adicionais que você julgar importante.

--

<p>DESENHO 1 – PLANTA</p> <p>Instruções: Neste espaço faça um desenho de como chegar até a área. Coloque a casa, os taludes, os sinais de movimentação, árvores grandes, etc.</p>	<p>DESENHO 2 – PERFIL</p> <p>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.</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

EQUIPE TÉCNICA (NOME / INSTITUIÇÃO)	ASSINATURA

ROTEIRO DE VISTORIA PARA BLOCOS ROCHOSOS EM ENCOSTAS

VISTORIA TÉCNICA PARA BLOCOS ROCHOSOS EM ENCOSTAS	
DADOS GERAIS	
Município:	Nº do Cadastro:
Bairro:	DATA:
Localização:	
Legenda: “F” = Favorável a estabilidade “C” = Contra a estabilidade	
1. TIPOLOGIA	
1.1 TALUDE ROCHOSO F) VERTICAL (80° A 90°) <input type="checkbox"/> C) INCLINADO <input type="checkbox"/>	1.2 TALUDE EM SOLO F) VERTICAL <input type="checkbox"/> C) INCLINADO <input type="checkbox"/>
2. LOCALIZAÇÃO DOS BLOCO ROCHOSO	
F) IMERSO NO SOLO <input type="checkbox"/> C) DEPOSITADO NO TOPO DO TALUDE DE SOLO <input type="checkbox"/> F) DEPOSITADO NO TOPO DO TALUDE EM ROCHA <input type="checkbox"/> C) FAZ PARTE DO TALUDE EM ROCHA <input type="checkbox"/>	
3. CONDIÇÕES DE CONTATO DO BLOCO ROCHOSO	
3.1 Rocha/Rocha F) CONTATO LISO <input type="checkbox"/> C) CONTATO PREENCHIDO <input type="checkbox"/>	3.2 Solo/Rocha F) CONTATO SECO <input type="checkbox"/> C) SOLO SATURADO <input type="checkbox"/> C) EROSÃO NO CONTATO <input type="checkbox"/>
4. ÂNGULO DO PLANO BASAL (GRAUS)	
F) 0° – 15° <input type="checkbox"/> F) 15° – 35° <input type="checkbox"/> C) MAIOR QUE 35 graus <input type="checkbox"/>	
5. CONDIÇÕES DE EQUILÍBRIO ESTÁTICO	
F) 70% EM CONTATO <input type="checkbox"/> C) < 70% EM CONTATO <input type="checkbox"/>	
6. CONDIÇÕES DE ALTERAÇÃO DO MATERIAL	
F) SÃO <input type="checkbox"/> F) MÉDIO A POUCO ALTERADO <input type="checkbox"/> C) MUITO <input type="checkbox"/> C) DESAGREGA MANUAL/ <input type="checkbox"/>	

VISTORIA TÉCNICA PARA BLOCOS ROCHOSOS EM ENCOSTAS	
7. FORMA GEOMÉTRICA	8. POSIÇÃO
F) LASCAS (extremidades finas) <input type="checkbox"/> F) LAJES (largura ou espessura bem menor que o comprimento) <input type="checkbox"/> C) ARREDONDADOS OU CÚBICOS <input type="checkbox"/>	F) ÁREA MAIOR DO BLOCO EM CONTATO <input type="checkbox"/> C) ÁREA MENOR DO BLOCO EM CONTATO <input type="checkbox"/>
	9. DIMENSÕES
	LARGURA COMPRIMENTO ALTURA F) Maior que 20/x20x20cm <input type="checkbox"/> C) Menor que 20x20x20cm <input type="checkbox"/>
10. ESTRUTURA	
10.1 Talude Em Rocha F) 01 família de fraturas <input type="checkbox"/> C) 02 famílias de fraturas <input type="checkbox"/> C) 03 ou mais famílias <input type="checkbox"/>	10.2 TALUDE EM SOLO F) Associado a solo natural <input type="checkbox"/> C) Associado a aterro <input type="checkbox"/>
11. DESENHO DA SITUAÇÃO	12. OBSERVAÇÕES:(EX.: É CAMINHO D'ÁGUA)
	Quantidade de Favorável a estabilidade=___ Quantidade de Contra a estabilidade=___ 1. Se $C \geq F$ - EXISTE RISCO 2. Se $C \gg$ - EXISTE RISCO IMINENTE 3. Se $C < F$ - ESTÁVEL

1. MONITORAR ($C = F$ OU $C > F$, com dif. até 1)
2. SOLICITAR INSPEÇÃO TÉCNICA ($C \gg \gg F$)
3. ESTÁVEL ($C < F$)