

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Isabela Coutinho

**ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA NA ÁREA URBANA DO
MUNICÍPIO DE RODEIO – SC.**

Florianópolis
2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Isabela Coutinho

**ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA NA ÁREA URBANA DO
MUNICÍPIO DE RODEIO – SC.**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de graduação em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Galvão Veronez Parizoto

Florianópolis
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Coutinho, Isabela

ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA NA
ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE RODEIO - SC. / Isabela Coutinho
; orientador, Daniel Galvão Veronez Parizoto ;
coorientador, Everton Silva. - Florianópolis, SC, 2016.
68 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de
Filosofia e Ciências Humanas. Graduação em Geologia.

Inclui referências

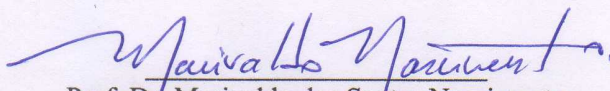
1. Geologia. 2. Movimentos de Massa. 3. Rodeio. 4.
Análise de Suscetibilidade. 5. Deslizamentos. I. Parizoto,
Daniel Galvão Veronez . II. Silva, Everton. III.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Geologia. IV. Título.

Isabela Coutinho

**ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA NA ÁREA URBANA DO
MUNICÍPIO DE RODEIO – SC.**

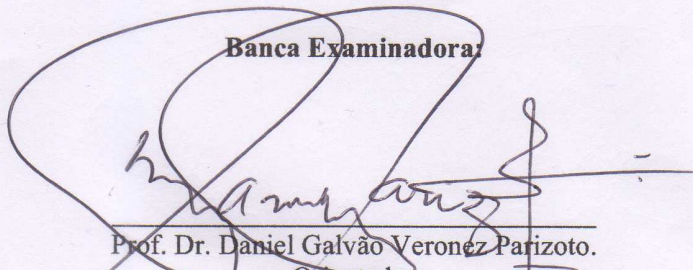
Esta Monografia foi julgada adequada para obtenção do Título de Graduado e aprovada em sua forma final. Qualquer citação atenderá as normas da ética científica

Florianópolis, 02 de Dezembro de 2016.

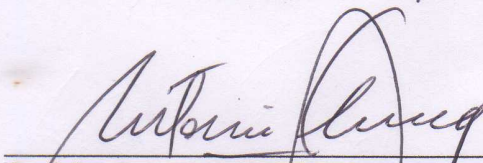


Prof. Dr. Marivaldo dos Santos Nascimento
Coordenador do Curso de Geologia
Departamento de Geociências - Universidade Federal de Santa Catarina

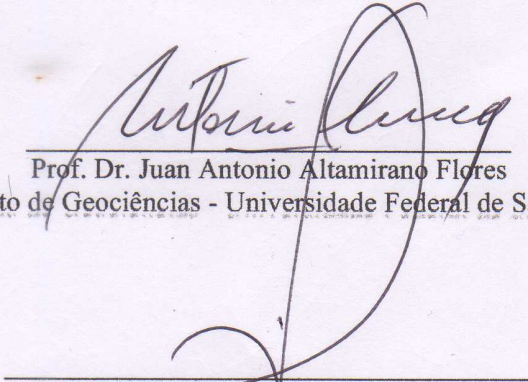
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Daniel Galvão Veronez Parizoto.
Orientador
Departamento de Geociências - Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. Juan Antonio Altamirano Flores
Departamento de Geociências - Universidade Federal de Santa Catarina



Dr. Maurício Pozzobon

Secretaria Municipal de Defesa do Cidadão - Prefeitura de Blumenau

“É triste pensar que a natureza fala e que o gênero humano não a ouve.”

Victor Hugo

A meus pais Angela e Raul

AGRADECIMENTOS

À minha família, meus pais, Angela e Raul, irmãos, Manoela, Filipe e Maicon, e ao Selen, que estão sempre prontos para me incentivar em cada novo projeto.

Ao professor Daniel, pela orientação dedicada e consistente, em todas as etapas deste trabalho.

À Secretaria Nacional de Acessibilidade e Programas Urbanos (SNAPU) pelo financiamento das atividades de campo e bolsa oferecida, que foram que fundamental importância para que esse trabalho pudesse ser realizado.

À população do município de Rodeio de modo geral, pela hospitalidade, e ao Cristiano, presidente da Defesa Civil, pela solicitude.

Ao professor Everton da Silva, pela ciência e oportunidades de aprendizado.

À professora Luana, pelo ombro amigo no momento mais necessário.

Aos amigos, Milena, Gabriela, Vítor, Marciéli, Ingrid, Dany, Laura, e Ana Cláudia pela parceria nessa viagem linda que é a Geologia.

RESUMO

O Brasil é um país que apresenta significativas ocorrências de desastres naturais. Os cenários de calamidade relacionados aos desastres mais recentes ocorridos levaram à criação da Lei 12.608/12, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil e delegou à União a competência de apoiar os estados e municípios na adoção de medidas para a redução dos riscos de desastres. Em complementação a essa lei, foi lançado em 08 de agosto de 2012 o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais, que tem por objetivo prevenir tragédias derivadas de desastres naturais por meio de um conjunto de ações, reunidas em 4 eixos de atuação. No eixo Mapeamento, o Ministério das Cidades em conjunto com universidades parceiras, é encarregado da elaboração de cartas geotécnicas de aptidão à urbanização, e o município de Rodeio figura entre as áreas de interesse do projeto. Rodeio está localizado na Microrregião do Médio Vale do Itajaí, área fortemente atingida pelos desastres ocorridos em novembro de 2008 em Santa Catarina, e possui casos de ocorrência de deslizamentos. O intuito desse trabalho foi apresentar uma análise de suscetibilidade à movimentos de massa da área urbana de Rodeio, através da determinação de fatores físicos relacionados direta ou indiretamente à instabilidade de vertentes. Foi utilizado o sistema de seleção de pesos de evidência para todos os fatores, e então elaborado o zoneamento final, classificando a superfície de acordo com os diferentes graus de suscetibilidade. Foram produzidos mapas de declividade, orientação de vertentes, geologia e pedologia, e então utilizado o *Raster Calculator* para gerar o mapa final de suscetibilidade a movimentos de massa da área urbana de Rodeio. Deslizamentos de terra são frequentes na região em épocas de chuvas e é o intuito desse trabalho auxiliar no gerenciamento de riscos e integrar as políticas de habitação, saneamento e defesa civil do município.

Palavras-chaves: análise de suscetibilidade, movimentos de massa, Rodeio.

ABSTRACT

Brazil is a country that presents significant occurrences of natural disasters. The calamity scenarios related to the most recent disasters have led to the creation of Law 12,608/12, which established the National Policy on Civil Protection and Defense and delegated to the Union the competence to support states and municipalities in adopting measures to reduce risk of disasters. In addition to this law, the National Plan for Risk Management and Response to Natural Disasters was launched on August 08, 2012, with the purpose of preventing tragedies derived from natural disasters through a set of actions, gathered in 4 axes of performance. In the mapping axis, the Ministry of Cities, together with partner universities, is in charge of the development of geotechnical charts for urbanization, and the municipality of Rodeio is among the areas of interest of the project. Rodeio is located in the Microregion of the Médio Vale do Itajaí, an area heavily affected by the disasters that occurred in November 2008 in Santa Catarina, and has cases of landslides. The aim of this work was to present an analysis of susceptibility to mass movements of the urban area of Rodeio, through the determination of physical factors directly or indirectly related to instability of slopes. We used the weight factor model, and then elaborated the final zoning, classifying the surface according to the different degrees of susceptibility. Slope, slope orientation, geology and pedology maps were produced, and then the Raster Calculator tool was used to generate the final map of susceptibility to mass movements of the urban area of Rodeio. Landslides are frequent in the region during times of persistent rainfall and the purpose of this work is to assist in risk management and to integrate the municipality's housing, sanitation and defense policies.

Keywords: susceptibility analysis, landslides, Rodeio.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.	5
Figura 2. Esquema de um deslizamento rotacional ou circular. Fonte: Highland e Bobrowsky, 2008.	11
Figura 3. Deslizamento rotacional ocorrido em La Conchita, Califórnia, 1995. Fonte: geohazards.cr.usgs.gov	12
Figura 4. Esquema de um deslizamento translacional ou planar. Fonte: Highland e Bobrowsky, 2008.	13
Figura 5. Deslizamento translacional ocorrido na Praia do Bananal, Ilha Grande, 2010. Fonte: aquafluxus.com.br	13
Figura 6. Esquema da disposição do manto de intemperismo em diferentes climas (Teixeira <i>et al</i> , 2009).	15
Figura 7. Etapas de trabalho do projeto.	16
Figura 8. Mapa da geologia local, com destaque para a área de estudo.	21
Figura 9. Mapa da geodiversidade local, com destaque para a área de estudo.	22
Figura 10. Distribuição da unidade geológica-ambiental dos complexos granitóides deformados em Santa Catarina. Fonte: CPRM, 2010.	22
Figura 11. Distribuição da unidade geológica-ambiental complexos gnaisse-migmatíticos e granulitos em Santa Catarina. Fonte: CPRM, 2010.	23
Figura 12. Movimentos de massa na Bacia do Itajaí em novembro de 2008, com o Morro do Baú ao fundo. Fonte: Joel Pellerin, 2008.	24
Figura 13. Movimentos de massa na região no Morro do Baú, em novembro de 2008. Fonte: Joel Pellerin, 2008.	24
Figura 14. Distribuição dos municípios que decretaram situação de emergência e estado de calamidade pública em novembro de 2008. Fonte: Sevegnani e Frank, 2009.	25
Figura 15. Recorte do Diário Oficial da União, N°68, do dia 9 de abril de 2009.	28
Figura 16. Notícia do jornal Folha de São Paulo, do dia 27 de novembro de 2008, sobre deslizamento ocorrido em Rodeio.	28
Figura 17. Piroxenito da Unidade Máfico-Ultramáfica Barra Velha (A) cortado por veios de pegmatito (B) e veio de quartzo (C). Fotos: D. G. V. Parizoto; E. R. Tomazzolli – Nov. 2015.	30
Figura 18. Elementos da Unidade Máfico-Ultramáfica Barra Velha: Gnaisse milonítico leucocrático (A) com fragmento de piroxenito; (B) afloramento natural de porção de corpo de rocha gabróica maciça; (C) borda de corpo de piroxenito em processo de assimilação magmática com ortogneisses; (D) fragmentos de rocha gabróica em estágio inicial de assimilação magmática. Fotos: E. R. Tomazzolli – Nov. 2015.	31
Figura 19. Elementos da Unidade Gnaisse Pomerode: (A) ortogneisse máfico; (B) fragmentos máfico ultra máficos e (C) enclaves máficos no ortogneisse. Fotos: D. G. V. Parizoto. – Dez. 2015.	32
Figura 20. (A e B) contatos gradacionais entre bandas quartzo feldspáticas rosadas (abaixo) e o ortogneisse (acima); (C) gnaisse félsico milonítico. Fotos: E. R. Tomazzolli e D.G.V. Parizoto – Dez. 2015.	33
Figura 21. Elementos da Unidade Granito Rodeio: (A e B) Metagranito Rodeio sendo explorado como rocha ornamental; (C) Metagranito Rodeio exibindo foliação e fenocristais de feldspato potássico orientados. Fotos: D. G. V. Parizoto – Dez. 2015.	34
Figura 22. (A) Área aplainada expondo argilitos e siltitos do Grupo Itajaí; (B e C) Acamamentos bem definidos dos sedimentos ora perturbados por deformações de origem tectônica. Fotos: D. G. V. Parizoto – Mar. 2016.	35
Figura 23. (A e B) aspecto geral dos depósitos de colúvio e das planícies de deposição aluvial. Fotos: D. G. V. Parizoto e I. Coutinho – Mar. 2016.	36

Figura 24. Elementos da Unidade Ortognaisse Pomerode: (A) Deslizamento do material intemperizado do gnaisse, interrompendo a estrada; (B) Intenso faturamento do ortognaisse fêlsico; (C) Intrusões máficas no ortognaisse fêlsico. Fotos: D. Parizoto – Dez. 2015.	37
Figura 25. Mapa da geologia do município de Rodeio.	38
Figura 26. Mapa de declividade do município de Rodeio.	40
Figura 27. Mapa de orientação das vertentes do município de Rodeio.	42
Figura 28. Mapa de pedologia do município de Rodeio.	46
Figura 29. Localização do município de Rodeio e estações meteorológicas utilizadas no estudo.	47
Figura 30. Mapa de precipitação com dados interpolados para o mês de novembro/2008.	48
Figura 31. Mapa de precipitação com dados interpolados para 5 dias acumulados.	48
Figura 32. Deslizamento no bairro Ipiranga.	49
Figura 33. Imagem do Google Earth que mostra a extensão do deslizamento no bairro Ipiranga. Fonte: Google Earth, 2016.	50
Figura 34. Cabeceira do deslizamento no bairro Ipiranga, com blocos rolados espalhados na encosta. Foto: I. Coutinho, 2016.	50
Figura 35. Caminho percorrido pelo deslizamento encosta abaixo. Foto: I. Coutinho, 2016.	51
Figura 36. Localização aproximada da residência atingida pelo deslizamento. Foto: I. Coutinho, 2016.	51
Figura 37. Deslizamento no bairro Kaspereit.	52
Figura 38. Cabeceira do deslizamento no bairro Kaspereit, indicada pela seta preta.	52
Figura 39. Deslizamento na divisa entre Ascurra e Rodeio.	53
Figura 40. Imagem do Google Earth que mostra a extensão do deslizamento na divisa entre Rodeio e Ascurra. Fonte: Google Earth, 2016.	53
Figura 41. Cabeceira do deslizamento entre Ascurra e Rodeio. Foto: Fernando Schmitt (2011).	54
Figura 42. Fluxograma dos fatores utilizados nos cálculos das camadas raster.	55
Figura 43. <i>Interface</i> da ferramenta <i>Raster Calculator</i> com a operação que gera o <i>raster</i> de suscetibilidade a movimentos de massa.	61
Figura 44. Mapa final de suscetibilidade a movimentos de massa da área urbana do Município de Rodeio.	63

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Distribuição da precipitação média mensal e dos valores registrados em novembro de 2008 na estação de Indaial. Fonte: INMET	26
Gráfico 2. Distribuição diária da precipitação no mês de novembro. Fonte: INMET	27

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1. Classificação de desastres quanto à origem (adaptada de Marcelino, 2008).	7
Quadro 2. Classificação dos desastres quanto à intensidade (adaptada de Castro, 1999 e Kobiyama, 2006).	8
Tabela 1. Estações meteorológicas e índices de precipitação acumulados (mm). Fonte: ANA (Hidroweb)	47
Tabela 2. Classes de Suscetibilidade e seus respectivos valores numéricos.	56
Tabela 3. Reclassificação das classes de declividade nos valores de suscetibilidade.	57
Tabela 4. Reclassificação das classes da geologia nos valores de suscetibilidade.	57
Tabela 5. Simbologia das Unidades Geotécnicas da área de estudo.	58
Tabela 6. Classes de fragilidade dos tipos de solos (adaptado de Ross, 2003).	58
Tabela 7. Fator de Segurança para as diferentes declividades consideradas para os solos associados às litologias presentes na área de estudo.	59
Tabela 8. Reclassificação das classes de unidades geotécnicas nos valores de suscetibilidade.	59
Tabela 9. Reclassificação das classes de orientação das vertentes nos valores de suscetibilidade.	60
Tabela 10. Pesos de cada fator de influência na instabilidade de vertentes.	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GERCO - Projeto Gerenciamento Costeiro

GIS - *Global Information System*

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MDE - Modelo Digital de Elevação

SDS - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável

SEPLAN - Secretaria de Estado de Planejamento

SIG - Sistemas de informações Geográficas

SHP - Formato *Shapefile*

UNISDR - United Nations International Strategy for Disaster Reduction

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
1.1. Justificativa.....	3
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Geral	4
1.2.2. Específicos.....	4
1.3. Localização e Acessos.....	4
2. REVISÃO CONCEITUAL.....	6
2.1. Conceitos Básicos sobre Desastres	6
2.2. Movimentos Gravitacionais de Massa	9
3. MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1. Procedimentos metodológicos.....	16
3.1.1. Levantamento bibliográfico, de dados e material cartográfico	16
3.1.2. Trabalhos de campo.....	16
3.1.3. Elaboração dos mapas temáticos.....	17
3.1.4. Confeção da Carta de Suscetibilidade a Movimentos de Massa	18
3.1.5. Análise dos resultados	18
3.2. Materiais.....	18
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	20
4.1.1. Breve Histórico da Ocupação de Rodeio	20
4.1.2. Geologia	20
4.1.3. Geodiversidade.....	21
4.1.4. Clima e Pluviosidade.....	23
4.1.5. Contexto Histórico	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
5.1. O Desastre de 2008 em Rodeio.....	26
5.2. Mapeamento Geológico de Rodeio.....	29
5.3. Movimentos de Massa e Aspectos Ambientais.....	36
5.3.1. Interação entre a Geologia e os Movimentos de Massa	36
5.3.2. Interação entre a Geomorfologia e Movimentos de Massa.....	39
5.3.2.1. Declividade.....	39
5.3.2.2. Orientação das Vertentes.....	41
5.3.3. Interação entre Pedologia e Movimentos de Massa	43
5.3.4. Interação entre Precipitação e Movimentos de Massa	45
5.4. Identificação dos Deslizamentos.....	48
5.4.1. Deslizamento no bairro Ipiranga	49

5.4.2. Deslizamento no bairro Kaspereit	51
5.4.3. Deslizamento na divisa entre Ascurra e Rodeio	53
5.5. Análise de Suscetibilidade a Deslizamentos	54
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países que apresenta significativas ocorrências de desastres naturais. Os cenários de calamidade relacionados aos desastres mais recentes ocorridos, como os eventos de 2008 no Vale do Itajaí, Santa Catarina (DIAS, 2009; SEVEGNANI e FRANK, 2009; TOMAZZOLI, 2012; PARIZOTO, 2014), 2011 na região serrana do Rio de Janeiro (DOURADO, 2012) e 2011 no litoral paranaense (PINTO 2012, 2015), levaram à criação da Lei 12.608/12, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil e delegou à União a competência de apoiar os estados e municípios na adoção de medidas para a redução dos riscos de desastres (BRASIL, 2012). Em complementação a essa lei, foi lançado em 08 de agosto de 2012 o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais, que tem por objetivo prevenir tragédias derivadas de desastres naturais por meio de um conjunto de ações, reunidas em 4 eixos de atuação: Eixo Prevenção, Eixo Mapeamento, Eixo Resposta, e Eixo Sistema de Monitoramento e Alerta (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO).

No Eixo Mapeamento, o Ministério das Cidades é encarregado da elaboração de cartas geotécnicas de aptidão à urbanização, visando fornecer subsídios para que os novos projetos de parcelamento do solo integrem diretrizes direcionadas para a prevenção dos desastres naturais, em especial aqueles associados a movimentos de massa, inundações e processos geológicos e hidrológicos correlatos (SOUZA; SOBREIRA, 2014). Sobreira e Souza (2012) esclarecem que as cartas de aptidão na escala de projeto urbanístico (>1:10.000) devem trazer informações sobre os aspectos geológicos e geomorfológicos locais, correlacionando as características do meio físico e os processos geodinâmicos que podem ocorrer, de modo a demarcar unidades quanto aos seus comportamentos geotécnicos frente à ocupação urbana, gerando unidades de aptidão ao uso urbano.

No evento de 2008, chuvas intensas, deslizamentos, enxurradas e enchentes colocaram 11 municípios da Bacia do Rio Itajaí-Açu em estado de calamidade pública, com um total de 135 óbitos registrados no estado (COMITÊ DO ITAJAÍ).

O município de Rodeio/SC, localizado na Microrregião do Médio Vale do Itajaí, foi uma das áreas fortemente atingida pelos desastres ocorridos em novembro de 2008 em Santa Catarina. Com 4 óbitos registrados no local, foi escolhido como área de estudo do presente projeto.

1.1. Justificativa

O processo de expansão urbana do município de Rodeio tem sido acompanhado de ocupações de forma desordenada, onde as áreas periféricas estão sujeitas a constantes transformações e degradações ambientais. Neste sentido, o município se torna, pela suas mudanças espaciais e ocupações em lugares com restrições, uma área propícia para realização de estudos relacionados a desastres naturais, uma vez que a população instalada nas encostas íngremes pode contribuir com os mecanismos deflagradores dos deslizamentos. Segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais

(2013), durante o período de 1991 a 2012 o município de Rodeio registrou 10 casos de fenômenos catastróficos¹ decorrentes em sua maioria dos processos hidrometeorológicos que afetam o estado.

Dado este cenário, o Governo instituiu a Lei Federal 12.608 de 10 de abril de 2012, que abrange as ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação voltadas à proteção e defesa civil (BRASIL, 2012). É previsto no Artigo 27º dessa lei que a *“aprovação do projeto de que trata o caput ficará vinculada ao atendimento dos requisitos constantes da carta geotécnica de aptidão à urbanização.”*

Sendo assim, o Ministério das Cidades através da Secretaria Nacional de Acessibilidade e Programas Urbanos, em parceria com a Universidade Federal de Santa Catarina, vem promovendo o desenvolvimento de metodologias de elaboração de cartas geotécnicas de aptidão à urbanização. Estas cartas estão sendo aplicadas frente aos desastres naturais em vários municípios catarinenses, entre os quais figura o município de Rodeio. Os resultados desse projeto fornecerá subsídios para que o Plano Diretor Municipal e os novos projetos de parcelamento do solo nos municípios alvos incorporem diretrizes voltadas para a prevenção dos desastres naturais no estado de Santa Catarina.

1.2. Objetivos

1.2.1. Geral

- Identificar as áreas suscetíveis a movimentos de massa no perímetro urbano do município de Rodeio.

1.2.2. Específicos

- Efetuar a caracterização física da área de estudo, como por exemplo da geologia, geomorfologia e de outros aspectos que possam influenciar a ocorrência de movimentos de massa na região do projeto;
- Analisar as formas de uso e ocupação presentes na área de estudo que possam potencializar a ocorrência de movimentos de massa estudados nesse trabalho;
- Subsidiar os Órgãos Gestores Municipais e setores do Planejamento Urbano da cidade, com intuito de servir de apoio na tomada de decisões e realizações de ações preventivas aos riscos naturais de deslizamentos.

1.3. Localização e Acessos

¹ Segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais – Volume Santa Catarina o município de Rodeio registrou 8 enxurradas e 2 inundações entre 1991 e 2012. Esses números relatam apenas os registros oficiais realizados no período.

O município de Rodeio é o foco de estudo do presente trabalho. Rodeio está localizado na Microrregião do Médio Vale do Itajaí, no estado de Santa Catarina, localizado na região Sul do Brasil. Situa-se a uma latitude de 26°55'22" sul e uma longitude 49°21'59" oeste, estando a uma altitude de 106 metros e possuindo 128,14 km² de área (Figura 1).

A área de estudo faz parte da Folha Timbó SG-22-Z-B-IV-3, de 1981, do IBGE, em escala 1:50.000. A Folha compreende também os municípios de Acurra, Benedito Novo, e Timbó, todos limítrofes de Rodeio.

O município de Rodeio dista de Blumenau 44.7km, e o principal acesso se dá pela BR 470. Até Florianópolis, são mais 141.3km, percorridos pela BR 101.

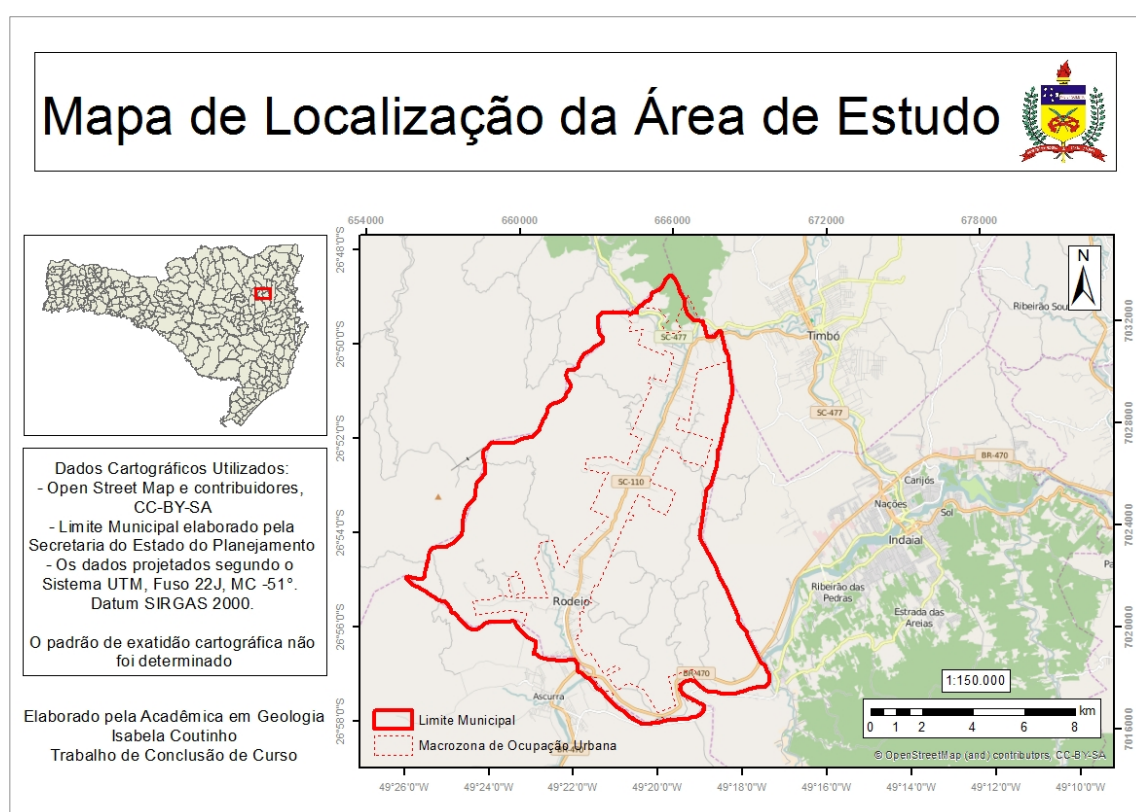


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

2. REVISÃO CONCEITUAL

2.1. Conceitos Básicos sobre Desastres

A partir da década de 1960 detectou-se um crescimento significativo na incidência de desastres naturais no Brasil, gerando um aumento gradativo de estudos e debates relacionados ao tema. Ainda assim, muitos autores divergem quanto à nomenclatura a ser utilizada pelas entidades e profissionais da área. Nesse contexto a terminologia será apresentada a seguir, no intuito de uniformizar os conceitos e definições, a fim de propor um melhor entendimento do trabalho.

Evento

Castro (2008) classifica evento como um acontecimento que causa uma perturbação no sistema, podendo ser distinguido entre externo, envolvendo fenômenos da natureza, ou interno, quando envolve ato humano ou falha de equipamentos. Ele completa afirmando que um evento adverso é quando o acontecimento é prejudicial, causando perdas e danos à comunidade.

Kobiyama (2006) resume que evento natural é o termo utilizado para a ocorrência de um fenômeno natural que não causou danos materiais ou vítimas. Marcelino (2008) aborda o tema da mesma maneira, dizendo que se as consequências do evento forem mínimas ou nulas, também emprega-se o termo “evento natural”.

Desta forma, processos erosivos ou mesmo movimentos de massa que ocorrem em áreas não antropizadas serão considerados apenas como eventos naturais. Por outro lado, se estes eventos ocorrem em áreas de ocupação urbana, agrícolas, vias de circulação, etc, causando perdas e danos, serão denominados eventos adversos. Ainda, dependendo da intensidade da adversidade, poderão ser classificados como desastres naturais.

Perigo

A UN-ISDR (2009) define perigo (hazard) como um fenômeno, substância, atividade antrópica ou condição perigosa que pode causar vítimas fatais, ferimentos ou outros impactos à saúde, danos materiais, perda de meios de subsistência e serviços, ruptura social e econômica ou danos ambientais. Castro (2008) propõe a mesma interpretação e atenta para a tendência moderna de substituir o termo por ameaça. Fell (2008) e IPT (2014) indicam que a descrição do perigo deve incluir a localização, área e probabilidade de ocorrência em um dado período de tempo, ao qual as perdas são restringidas.

Segundo Kobiyama (2006), perigos naturais são fenômenos que ocorrem na biosfera, podendo causar dano e “serem modificados pela atividade humana, tais como a degradação do ambiente e urbanização”. Marcelino (2008) afirma ainda que enquanto perigo é caracterizado como sendo uma situação que pode causar danos e prejuízos, o desastre é tido como a manifestação do perigo.

Desastre Natural

Os desastres naturais podem ser definidos como eventos resultantes do impacto de fenômenos naturais severos sobre um sistema comunitário, causando danos e prejuízos que excedam a capacidade da população de lidar com o ocorrido. (TOBIN e MONTZ, 1997; MARCELINO, 2008; IPT, 2014)

A terminologia adotada pela UN-ISDR (2009) considera desastre natural como uma séria ruptura do funcionamento de uma comunidade, envolvendo extensos danos e impactos humanos, materiais, econômicos ou ambientais que superam a capacidade da sociedade atingida de fazer frente à situação usando recursos próprios. (TOMINAGA, 2009)

Castro (2008) propõe que os desastres sejam avaliados em termos de intensidade, levando-se em conta os danos e prejuízos sofridos. Ele aborda que essa intensidade depende da relação entre a grandeza do evento adverso e o grau de vulnerabilidade da comunidade afetada.

Kobiyama (2006) acrescenta que os desastres são condicionados pelas características do ambiente, tais como solo, estrutura geológica, cobertura vegetal, condições meteorológicas, entre outros.

Classificação dos Desastres

As classificações mais utilizadas diferenciam os desastres quanto à origem e à intensidade (Alcântara-Ayala, 2002; Marcelino, 2008).

Classificação quanto à origem

Quanto à origem os desastres podem ser classificados em: naturais ou humanos (antropogênicos) (Quadro 1).

Quadro 1. Classificação de desastres quanto à origem (adaptada de Marcelino, 2008).

CLASSIFICAÇÃO DOS DESASTRES QUANTO À ORIGEM	
NATURAIS	São aqueles disparados pela intervenção direta de um fenômeno natural de grande intensidade. Exemplo: fortes chuvas – inundações e deslizamentos; fortes ventos – vendaval, tornado e furacão, etc.
HUMANOS	São aqueles disparados pelas ações ou omissões humanas. Exemplo: acidentes de trânsito, incêndios industriais, contaminação de rios, rompimento de barragens, etc.

Classificação quanto à intensidade

Da intensidade dos danos e prejuízos provocados irá depender quais ações e recursos serão necessários para prestar socorro às vítimas do desastre. A avaliação da intensidade é um importante meio de facilitar o planejamento da resposta e da restauração da área atingida (Quadro 2).

Quadro 2. Classificação dos desastres quanto à intensidade (adaptada de Castro, 1999 e Kobiyama, 2006)

NÍVEL	INTENSIDADE	SITUAÇÃO
I	Desastres de pequeno porte, também chamados de acidentes, onde os impactos causados são pouco importantes e os prejuízos pouco vultosos. (Prejuízo menor que 5% PIB municipal)	Facilmente superável com os recursos do município
II	De média intensidade, onde os impactos são de alguma importância e os prejuízos são significativos, embora não sejam vultosos. (Prejuízo entre 5% e 10% PIB municipal)	Superável pelo município, desde que envolva uma mobilização e administração especial.
III	De grande intensidade, com danos importantes e prejuízos vultosos. (Prejuízos entre 10% e 30% PIB municipal)	A situação de normalidade pode ser restabelecida com recursos locais, desde que complementados com recursos estaduais e federais. (Situação de Emergência – SE)
IV	De muito grande intensidade, com impactos muito significativos e prejuízos muito vultosos. (Prejuízos maiores que 30% PIB municipal)	Não é superável pelo município, sem que receba ajuda externa. Eventualmente necessita de ajuda internacional. (Estado de Calamidade Pública – ECP)

Risco

De acordo com a UNISDR (2009), o risco é resultante da associação entre a probabilidade de um evento ocorrer e suas consequências negativas. Ela confere a categoria de *risco aceitável* ao nível de perdas potenciais que uma comunidade pode considerar admissível levando-se em conta as condições sociais, econômicas, políticas, culturais, técnicas e ambientais existentes. A UNISDR ainda diferencia risco extensivo de risco intensivo, como colocado a seguir.

Risco extensivo é o risco associado à exposição de populações dispersas a repetidos desastres de baixa e média intensidade, podendo levar à acumulação de impactos danosos. O risco extensivo é geralmente uma característica de áreas rurais ou periféricas, onde a comunidade é exposta a recorrentes enchentes, movimentos de massa ou secas. Esse tipo de risco é associado com pobreza e

degradação urbana e ambiental. O risco intensivo, por sua vez, é associado à exposição de grandes concentrações urbanas a desastres intensos, que podem levar a impactos potencialmente catastróficos envolvendo altas taxas de mortalidade e perda de bens materiais. Esse tipo de risco é característico de grandes cidades ou de áreas densamente populadas, que não só estão expostas a grandes desastres mas também vulneráveis a eles (UNISDR, 2009).

Seguindo a abordagem da UNISDR, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas caracteriza risco como a relação entre a ocorrência de um fenômeno danoso e a magnitude de suas consequências sobre uma comunidade. O IPT inclui a vulnerabilidade na medida do risco, propondo que quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco. (IPT, 2007; CPRM e IPT 2014) Assim como o IPT, Kobiyama (2006) afirma que se tratando de risco, deve-se levar em conta a vulnerabilidade da comunidade impactada, analisando aspectos como densidade demográfica, infraestrutura, pobreza, etc.

Castro (2008) descreve risco como uma medida da ocorrência de um evento adverso relacionado com a magnitude das consequências e o grau de vulnerabilidade do sistema afetado. Marcelino (2008) afirma que o risco possui uma dinâmica própria, e é variável em função dos elementos naturais e sociais que atuam no processo. Ele ressalva que o risco (natural) não pode ser erradicado, mas pode ser gerenciado de maneira que se torne admissível.

Vulnerabilidade

Segundo Kobiyama (2006), a ocorrência de um desastre natural está relacionada não só à suscetibilidade do mesmo, mas também à vulnerabilidade da comunidade abalada, isto é, ao sistema econômico-social-político-cultural. Essa vulnerabilidade é maior em países em desenvolvimento, onde frequentemente ocorre, o adensamento populacional em áreas suscetíveis, a falta de planejamento urbano e poucos investimentos na área de educação, comunicação e percepção de riscos (MARCELINO, 2008).

Castro (2008) propõe a vulnerabilidade como uma condição própria de cada sistema que, relacionada com a grandeza do desastre, irá caracterizar os efeitos adversos. A vulnerabilidade é determinada a partir de estudos técnicos e corresponde ao nível de insegurança inerente à um cenário de desastre. Em acordo com Castro, a UNISDR (2009) descreve a vulnerabilidade como as características e circunstâncias de uma comunidade ou sistema que fazem com que ela se torne suscetível aos efeitos danosos de um desastre.

2.2. Movimentos Gravitacionais de Massa

Os movimentos de massa distinguem-se como um dos principais processos geomorfológicos responsáveis pela evolução do relevo, sendo qualificados por Bigarella (2007) como os mais importantes modeladores da superfície terrestre. Eles fazem parte da dinâmica da paisagem, mas

quando ocorrem em áreas povoadas podem se tornar um problema, causando incontáveis mortes e prejuízo econômico da ordem de dezenas de bilhões de dólares por ano (FERNANDES e AMARAL, 2003). Dado este cenário, os movimentos de massa são objetos de estudo de grande interesse para planejadores e pesquisadores de todo o mundo.

Segundo Selby (1990), Dias (2000), Kobiyama (2006), Bigarella (2007) e Tominaga (2009), movimento de massa é o “*movimento de solo ou material rochoso encosta abaixo sob a influência da gravidade*”. Os movimentos gravitacionais de massa podem ser deflagrados por inúmeros eventos, entre eles chuvas intensas ou prolongadas, terremotos, ou até mesmo erupções vulcânicas. Os fatores condicionantes que propiciam a ocorrência desses movimentos dependem principalmente da estrutura geológica, da declividade ou morfologia da vertente, do regime de chuvas, da retirada da vegetação e da ação antrópica (DIAS, 2000).

Bigarella (2007), Kobiyama (2006) e Dias (2000) concordam que a água geralmente está envolvida nos movimentos de massa, reduzindo a resistência do solo e interferindo com a plasticidade e fluidez dos materiais da vertente.

Classificação

Devido à variedade de materiais e processos envolvidos, bem como à sua complexidade, existem diversas classificações envolvendo os movimentos de massa. O presente trabalho não fará uma comparação das classificações existentes, mas sim uma exposição simplificada dos tipos de movimentos de massa em vertentes a fim de sanar dúvidas no decorrer do trabalho.

Os movimentos de massa podem ser de diversos tipos de acordo com as características e velocidade do movimento, geometria da massa movimentada e o tipo de material transportado. Com inúmeros critérios disponíveis, existem também várias classificações. Em âmbito de Brasil, segundo IPT (1991), Augusto Filho (1994), e Kobiyama (2006) destacam-se quatro tipos de movimentos básicos: os rastejos (*creep*), os deslizamentos (*slides*), as corridas (*flows*) e as quedas de blocos (*falls*). No presente trabalho o foco principal serão os deslizamentos.

Segundo Guidicini e Nieble (1993), Augusto Filho (1994) e Kobiyama (2006) os deslizamentos são movimentos rápidos, de curta duração e elevado poder destrutivo. Possuem velocidades de medias a altas (m/h a m/s) e o material transportado pode incluir rocha, solo, detritos etc. Os deslizamentos são um fenômeno recorrente e por isso a sociedade busca entendê-los, mapeando áreas de risco com o intuito de evitar grandes danos e prejuízos. Fernandes e Amaral (2003) adicionam que os deslizamentos possuem plano de ruptura bem definido, com feições geralmente longas, podendo apresentar uma relação comprimento-largura de cerca de 10:1.

Os deslizamentos são comumente classificados com base na forma do plano de ruptura e no tipo de material transportado. Em relação ao primeiro, subdividem-se em rotacionais ou circulares e translacionais ou planares. Quanto ao material em movimento, pode ser composto por rocha, solo, lixo doméstico ou até uma mistura destes. (FERNANDES e AMARAL, 2000)

Deslizamentos Rotacionais: caracterizam-se por uma superfície de ruptura curva, ao longo da qual acontece o deslocamento circular da massa de solo (Figura 2 e Figura 3). São favorecidos pela presença de solos espessos e homogêneos, como aqueles originados a partir da alteração de rochas argilosas. Devido a esses mantos de alteração, os deslizamentos rotacionais são comuns no sudeste brasileiro. A deflagração do movimento pode ser provocada por cortes na base do material alterado, como ocorre na implantação de uma estrada. (FERNANDES e AMARAL, 1996; TOMINAGA, 2009)

Segundo IPT (2007), os deslizamentos rotacionais podem estar associados a aterros, depósitos mais espessos, e rochas sedimentares ou cristalinas intensamente fraturadas. Possuem também um raio de alcance relativamente menor que os deslizamentos translacionais.

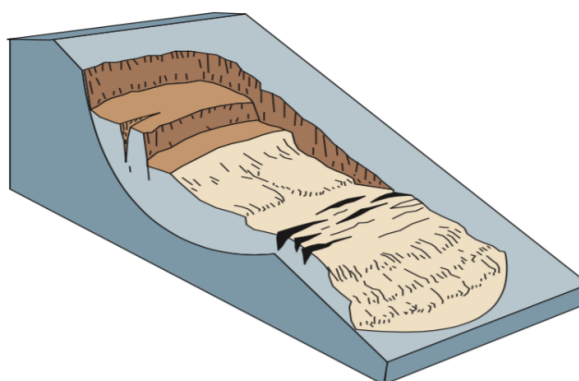


Figura 2. Esquema de um deslizamento rotacional ou circular. Fonte: Highland e Bobrowsky, 2008.



Figura 3. Deslizamento rotacional ocorrido em La Conchita, Califórnia, 1995. Fonte: geohazards.cr.usgs.gov

Deslizamentos Translacionais: caracterizam-se por uma superfície de ruptura plana, em geral acompanhada de descontinuidades mecânicas e/ou hidrológicas existentes no interior do material, derivadas de processos geológicos, geomorfológicos ou pedológicos (Figura 4). Representam a forma mais recorrente de todos os movimentos de massa, e são geralmente compridos e rasos, com o plano de ruptura em profundidades que variam entre 0,5m e 5,0m (Figura 5).

Os deslizamentos translacionais, na grande maioria das vezes, tendem a ocorrer durante períodos de intensa precipitação. Muitos deles iniciam-se ao longo da interface solo-rocha, a qual representa uma importante descontinuidade mecânica e hidrológica. (FERNANDES e AMARAL, 2003; GUIDICINI e NIEBLE, 1984; TOMINAGA, 2009)

De acordo com IPT (2007), os deslizamentos planares são processos muito frequentes nas encostas serranas brasileiras, ocorrendo majoritariamente em solos pouco desenvolvidos das vertentes com alta declividade. São caracterizados por uma pequena espessura e comprimentos bem superiores às larguras.

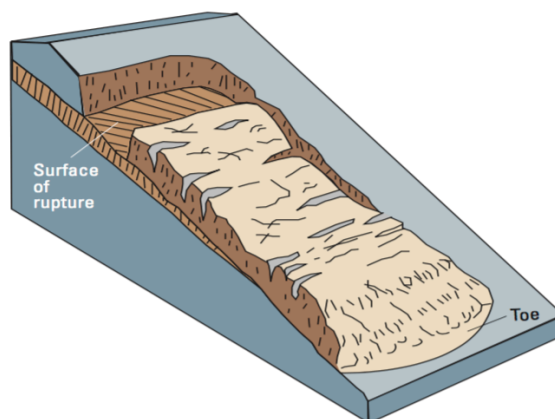


Figura 4. Esquema de um deslizamento translacional ou planar. Fonte: Highland e Bobrowsky, 2008.



Figura 5. Deslizamento translacional ocorrido na Praia do Bananal, Ilha Grande, 2010. Fonte: aquafluxus.com.br

Condicionantes

Os movimentos de massa podem ser facilitados por inúmeras circunstâncias, sendo estas constituintes da dinâmica de uma determinada área. Segundo Bigarella (2007), as condições que propiciam a ocorrência de movimentos de massa dependem em geral da estrutura geológica, do regime de chuvas, da morfologia do terreno (declividade da vertente) e da retirada da vegetação, assim como pela presença de espessos mantos de intemperismo.

Estrutura Geológica: Entre os aspectos da estrutura geológica são considerados: a litologia, os padrões de fraturas e diaclases (que incluem também xistosidade, dobramentos ou estratificações quando presentes), o manto de intemperismo, coesão e peso do material que forma a vertente, circulação das águas e esforços e planos de cisalhamento. Cada rocha se comporta de maneira diferente frente aos processos intempéricos. Algumas das rochas mais resistentes são os granitos, migmatitos e os quartzitos. (BIGARELLA, 2007)

Segundo Dias (2000), a respeito da estrutura geológica devemos destacar principalmente as falhas, fraturas, bandamentos e foliações. O surgimento de descontinuidades hidráulicas e mecânicas está relacionado com a presença dessas estruturas, as quais contribuem decisivamente no desencadeamento dos movimentos de massa. Ainda nesse tópico, Dias propõe que entre as características dos materiais movimentados temos a granulometria, porosidade, permeabilidade, resistência ao cisalhamento, entre outras. Estas determinam a estabilidade natural dos materiais e também são responsáveis pelo surgimento das descontinuidades mencionadas.

Fernandes e Amaral (2003) também destacam a importância das fraturas e falhas na deflagração dos movimentos de massa. Em acordo com Dias (2000), ele cita que estas estruturas são importantes descontinuidades mecânicas e hidráulicas. As falhas funcionam como caminhos preferenciais para a alteração, permitindo que a frente de intemperismo se mova para o interior do maciço de maneira muito mais efetiva. Quando esses planos de falha encontram outras descontinuidades (fraturas de alívio, fraturas tectônicas...) o resultado é a singularização de blocos não alterados em meio a uma massa bem mais intemperizada. Isso gera um aumento na heterogeneidade do maciço rochoso como um todo.

Morfologia da Vertente: De acordo com Dias (2000) e Bigarella (2007), o movimento de massa é essencialmente influenciado pela forma e estrutura da vertente, e alguns fatores importantes a serem considerados são a altura e inclinação desta. Bigarella (2007) adiciona que todos os eventos catastróficos que ocorreram no Brasil relacionados a movimentos de massa se encontravam em áreas de alta declividade.

Dias (2000) ainda menciona que pelo efeito da gravidade, a declividade facilita o rápido deslocamento de material ao longo das encostas. Segundo ele, as encostas retas são as mais perigosas, porque sua declividade relativamente constante favorece o rápido descolamento das massas de solo.

Fernandes e Amaral (2003) indicam que a morfologia de uma encosta pode atuar tanto direta quanto indiretamente na deflagração de movimentos de massa. A atuação direta é descrita pela equação de Coulomb², quando esta especifica que o aumento do ângulo da encosta implica em uma diminuição do fator de segurança. Eles chamam atenção para o fato de que segundo mapeamentos de campo, a maior quantidade de deslizamentos não ocorre sempre nas encostas mais íngremes, mas sim nas com declividades entre 21-25 graus. Esse comportamento foi conferido a variações no tipo de vegetação, e também ao fato de que nas encostas mais íngremes, os solos já haviam sido removidos por movimentos anteriores.

² A equação de Coulomb traduz a resistência interna dos solos. Não há ruptura se a tensão de cisalhamento não ultrapassar um valor dado pela expressão $c+f\cdot\sigma$, sendo c e f constantes do material e σ a tensão normal existente no plano de cisalhamento.

Regime das chuvas: Os trópicos úmidos são tidos como uma das regiões onde as encostas estão mais intensamente sujeitas a movimentos de massa. Apesar disso, os movimentos não dependem somente de excepcionalidades no regime de chuvas, mas também do tempo de duração destas, a condutividade hidráulica dos solos e a variação do grau de saturação. O excesso de pluviosidade e a presença de um manto de intemperismo espesso favorecem as condições ideais para o desencadeamento do processo (Figura 6) (BIGARELLA, 2007).

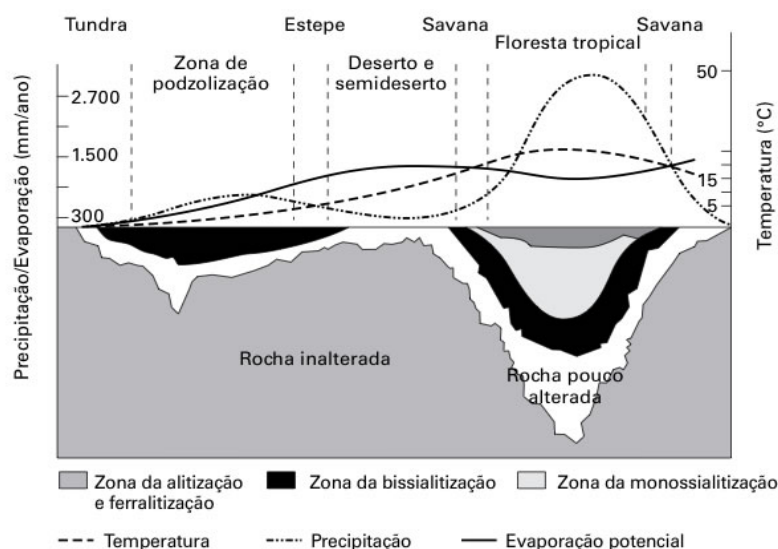


Figura 6. Esquema da disposição do manto de intemperismo em diferentes climas (Teixeira *et al*, 2009).

O papel da vegetação: A retirada da vegetação, além do regime de chuvas, constitui outro fator que condiciona o início dos processos de movimentos de massa nas encostas. A cobertura vegetal controla os processos de escoamento superficial e infiltração das águas no manto de intemperismo, restringindo a penetração excessiva de água no subsolo. A retirada da vegetação permite essa penetração excessiva, facilitando o relaxamento dos esforços internos e assim, dando início aos movimentos de massa (BIGARELLA, 2007). Dias (2000) concorda com Bigarella sobre o papel da vegetação, expondo que as formas de uso da terra atuam decisivamente na deflagração dos movimentos de massa. Ele adiciona que escavações e a construção de casas e prédios em terrenos inclinados podem desestabilizar a cobertura superficial.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Procedimentos metodológicos

O desenvolvimento deste trabalho envolveu 5 etapas, as quais são destacadas abaixo (Figura 7).

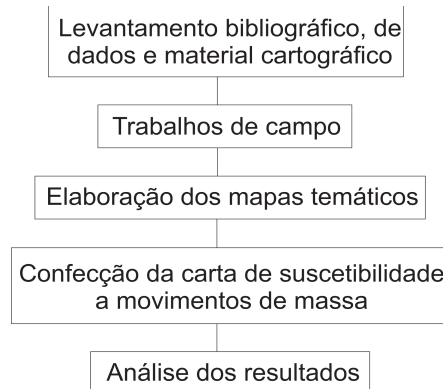


Figura 7. Etapas de trabalho do projeto.

3.1.1. Levantamento bibliográfico, de dados e material cartográfico

A primeira etapa consistiu em uma revisão da bibliografia acerca de conceitos chaves e dos conhecimentos prévios sobre geologia, geomorfologia, relevo, e pedologia. Foram levantados trabalhos já publicados afim de produzir o Estado da Arte sobre o tema do presente trabalho. Também nessa etapa foi realizada a organização das bases cartográficas em escalas menores (geologia, geomorfologia e pedologia).

Quanto às tarefas de análise de imagens, foram utilizadas as fotografias do Levantamento Aerofotogramétrico de Santa Catarina, realizado entre 2010 e 2011, em escala 1:10.000, cedidas pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável – SDS. O Modelo Digital de Elevação - MDE também foi cedido pela mesma secretaria.

Dados cartográficos referentes ao limite do município, macrozoneamento urbano, e zoneamento municipal foram disponibilizados pela Prefeitura.

3.1.2. Trabalhos de campo

Os trabalhos de campo específicos para o desenvolvimento dessa pesquisa aconteceram nos dias 6, 7 e 8 de novembro, 18 e 19 de dezembro de 2015, e 25 e 26 de agosto de 2016. Nos dias 15 e 16 de março de 2016 foi realizado um campo com a equipe de geotecnia do projeto do Ministério das Cidades, no intuito de acompanhar os estudos do Mapeamento Geotécnico no município.

O planejamento de campo foi realizado com o auxílio das imagens aéreas e bases cartográficas previamente coletadas, onde foram traçadas as vias de acesso, trilhas, e movimentos de massa a serem visitados. Os trabalhos de campo tiveram como objetivo os seguintes pontos:

- reconhecimento e a delimitação dos movimentos de massa;
- estudo de aspectos geológicos, geomorfológicos e estruturais dos mesmos;
- registro fotográfico em pontos relevantes para a caracterização da área;
- coleta de amostras de rocha para posterior análise petrográfica;
- reuniões com a Defesa Civil do município para a obtenção de informações sobre a época da ocorrência dos deslizamentos.

Todas as observações foram descritas em caderneta de campo, e os pontos de interesse referenciados com a utilização de GPS de navegação.

3.1.3. Elaboração dos mapas temáticos

Na confecção dos mapas temáticos foi utilizado o *software* ArcGis 10.0, com as seguintes metodologias:

- Mapa de Declividade, Curvas de Nível e Mapa de Orientação de Vertentes: o MDE disponibilizado pela SDS foi usado para gerar o mapa de declividade, de orientação de vertentes e as curvas de nível para a área de estudo. O primeiro foi produzido segundo a classificação do projeto do Ministério das Cidades, que propõe as classes 0-5°, 5-15°, 15-25°, 25-45° e 45-90°. Foi utilizada a ferramenta *Slope* do *Spatial Analyst* para a confecção dessa etapa. As curvas de nível foram geradas com a utilização da ferramenta *Contour* do *Spatial Analyst*, com intervalos de 5 metros. Por fim, o mapa de orientação de vertentes foi confeccionado com a utilização da ferramenta *Aspect* do *3D Analyst*, que propõe as seguintes classes: Norte (0-22,5° e 337,5-360°), Noroeste (22,5-67,5°), Leste (67,5-112,5°), Sudeste (112,5-157,5°), Sul (157,5-202,5°), Sudoeste (202,5-247,5°), Oeste (247,5-292,5°) e Noroeste (292,5-337,5°).
- Mapa de Geologia: para a confecção do mapa geológico preliminar foram utilizadas as *shapefiles* da carta geológica executada pela CPRM (2011) denominada SG.22-Z-B – Joinville, em escala 1:250.000. O mapa geológico secundário foi organizado pela equipe de Mapeamento Geológico do projeto do Ministério das Cidades, após a compilação dos dados de geologia local, em escala 1:10.000. A tarefa consistia nas atividades consagradas de mapeamento sistemático, onde o esboço prévio foi confeccionado ainda em campo, sobre uma base de relevo sombreado. Em gabinete as descrições observadas, juntamente com a análise das imagens aéreas e fotografias registradas em pontos relevantes e característicos, orientaram o fechamento dos polígonos representando as unidades litológicas.

- Mapa de Geomorfologia: para a elaboração do mapa de geomorfologia da área foi utilizado o mapa de geodiversidade do Estado de Santa Catarina, executado pela CPRM em 2010. Com a *shapefile* do limite municipal do estado de Rodeio, disponibilizada pela Secretaria de Estado de Planejamento - SEPLAN, foi feito o recorte do mapa com a ferramenta *Extract by Mask*, do *Spatial Analyst*.
- Mapa de Pedologia: para a confecção do mapa de solos foram utilizadas as *shapefiles* do Projeto de Gerenciamento Costeiro - GERCO de 2003, disponibilizadas pela equipe de geotecnia do projeto do Ministério das Cidades. O recorte da área de estudo foi feito vide método anterior.

3.1.4. Confecção da Carta de Suscetibilidade a Movimentos de Massa

A carta de suscetibilidade resulta da síntese das cartas de geologia, declividade, orientação das vertentes e unidades geotécnicas referentes à caracterização da área de estudo.

A interpolação dos dados foi feita em ambiente SIG com a ferramenta *Map Algebra (Raster Calculator)* do *Spatial Analyst Tools*. A atribuição das classes foi feita dando peso a cada parâmetro com base em estudos previamente realizados para essa pesquisa e a experiência dos autores.

Uma primeira versão desses mapas resulta de trabalho de geoprocessamento, mas uma reavaliação de campo é feita antes da elaboração do mapa final que acompanha o estudo.

A elaboração das cartas de suscetibilidade permitiu o estabelecimento de zonas homogêneas em relação aos processos físicos e à aptidão urbana na área de estudo. As zonas ou unidades territoriais com alta probabilidade de ocorrência dos deslizamentos são consideradas inadequadas para a ocupação urbana permanente; as zonas de média probabilidade de ocorrência traduzem-se por zonas de ocupação permanente condicionada à implantação de cuidados especiais, enquanto as zonas de baixa probabilidade de ocorrência do processo considerado são definidas como adequadas à ocupação urbana permanente.

3.1.5. Análise dos resultados

Análise geral dos dados e da carta de suscetibilidade a movimentos de massa. A integração destes dados e análise dos mesmos fornecerá os resultados necessários para a gestão da área de estudo. Por fim, será feita a revisão e defesa do Trabalho de Conclusão de Curso, bem como a organização do texto para publicação em periódico e apresentação dos resultados em congresso.

3.2. Materiais

O levantamento do material cartográfico do município de Rodeio foi feito junto à equipe de geoprocessamento do Projeto Elaboração de Cartas de Aptidão à Urbanização do Ministério das Cidades, que teve acesso a dados SDS, da Prefeitura Municipal de Rodeio e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Alguns mapas adicionais foram obtidos no GEOBANK da CPRM. Foram adquiridos os seguintes materiais:

- Carta topográfica: Folha Timbó SG-22-Z-B-IV-3, de 1981, do IBGE - Divisão de Geociências - DIGEO/SUL, projeção UTM - Universal Transverse Mercator, escala 1:50.000, na versão impressa pela Secretaria de Planejamento da Presidência da República e digital, “Carta_Timbó_28813_Conv_SAD69”, fornecida pela EPAGRI, para suporte de base na análise e confecção da demais cartas produzidas durante a pesquisa;
- Carta de Levantamento Geológico: Folha Joinville - SG.22-Z-B, de 2011, da CPRM, projeção UTM - Universal Transverse Mercator, escala 1:250.000, para confecção da carta prévia da Geologia de Rodeio;
- Mapa Geodiversidade do Estado de Santa Catarina, elaborado pela CPRM em 2010, escala 1:500.000;
- Carta de levantamento e reconhecimento de solos: Folha Timbó SG-22-Z-B-IV, de 2003, do IBGE/Projeto de Gerenciamento Costeiro, projeção UTM - Universal Transverse Mercator, escala 1:100.000, para confecção da carta dos solos do município;
- Mosaico de fotografias aéreas Ortorretificadas do Aerolevantamento de SC, composição RGB e infravermelho, captadas em 2011, com resolução espacial de 0,40m, cedidas pela Secretaria do Desenvolvimento Sustentável – SDS, para análise dos deslizamentos;
- Aparelho GPS da marca Garmin, modelo e-Trex Vista CX, para marcação dos pontos e confirmações em campo; câmera fotográfica digital Sony HX5V, de 10.2 megapixels, com GPS; bússola geológica, modelo Brunton, para medições de direção e mergulho das intrusões e fraturas;
- Computador MacBook Air, com processador 1.3 GHz Intel Core i5, memória 4 GB 1600 MHz DDR3;
- Software ArcGis, *trial version* 10.0, , para criação do banco de dados e integração e análises dos dados;
- Outros softwares variados para produção do texto, de planilhas eletrônicas e edição de imagens, o pacote Office 2010, e o Corel Draw, *trial version* X8;

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

4.1.1. Breve Histórico da Ocupação de Rodeio

O município de Rodeio foi fundado em 1875 por imigrantes italianos vindos do Tirol Trentino, norte da Itália, na época em que o Tirol Meridional ainda pertencia ao Império Austro-Húngaro. Nesse ano, 114 famílias chegaram à região, distribuídas em 3 grupos: inicialmente 20 famílias, aportadas em 15 de agosto, dia da Assunção de Nossa Senhora. A segunda turma, composta de 34 famílias, chegou no dia 15 de setembro, dia da Nossa Senhora das Dores. Por fim, 60 famílias chegaram em 28 de outubro de 1875. As primeiras famílias vieram de Trento, Rovereto, Pèrgine, Fornace, Civezzano, Lèvico e Vigolo Vattaro (RODEIO, 2015).

Os grupos partiram de Trento em viagem de trem, seguindo posteriormente até o Rio de Janeiro por via marítima. Adiante, aportavam em Itajaí para serem conduzidos até Blumenau, em carroças. Finalmente eram conduzidos a pé, até Timbó, a fim de escolherem seus lotes de terra em meio à floresta virgem.

A primeira estrada, aberta no meio da floresta a golpes de facão e machado, foi a Picada de Rodeio, ou Linha Caminho de Rodeio. Ali os imigrantes ocuparam suas colônias, desde Timbó até Diamante, às margens do Rio Itajaí-Açu. Nesse local construíram suas primeiras residências provisórias, choupanas de madeira bruta cobertas de folhas de palmitos.

4.1.2. Geologia

Em vias de contexto geológico, será apresentado a seguir a carta geológica executada pela CPRM (2011) denominada SG.22-Z-B – Joinville, em escala 1:250.000, com enfoque na área de estudo (Figura 8). De acordo com a carta é possível perceber que as Unidades predominantes são as pertencentes ao Complexo Granulítico Santa Catarina, que na área do projeto divide-se em Unidade Metagranito-granodiorito Rodeio, Unidade Ortognaisse Pomerode e Suíte Rio da Luz. A primeira é caracterizada por corpos graníticos-granodioríticos, protomiloníticos a miloníticos com estrutura foliada a isótropa, textura fanerítica grossa, inequigranular a porfirítica com fenocristais de K-feldspato. A segunda unidade é composta por gnaisses tonalíticos a granodioríticos foliados a bandados, com bandamento largo, cores cinza escuro a claro, granulação média a grossa, localmente porfirítica com K-feldspato e/ou plagioclásio. A Suíte Rio da Luz, por sua vez, compreende sieno a monzogranitos, foliados, porfiríticos, granulação média a grossa, vermelhos, cortando os gnaisses granodioríticos (CPRM, 2011).

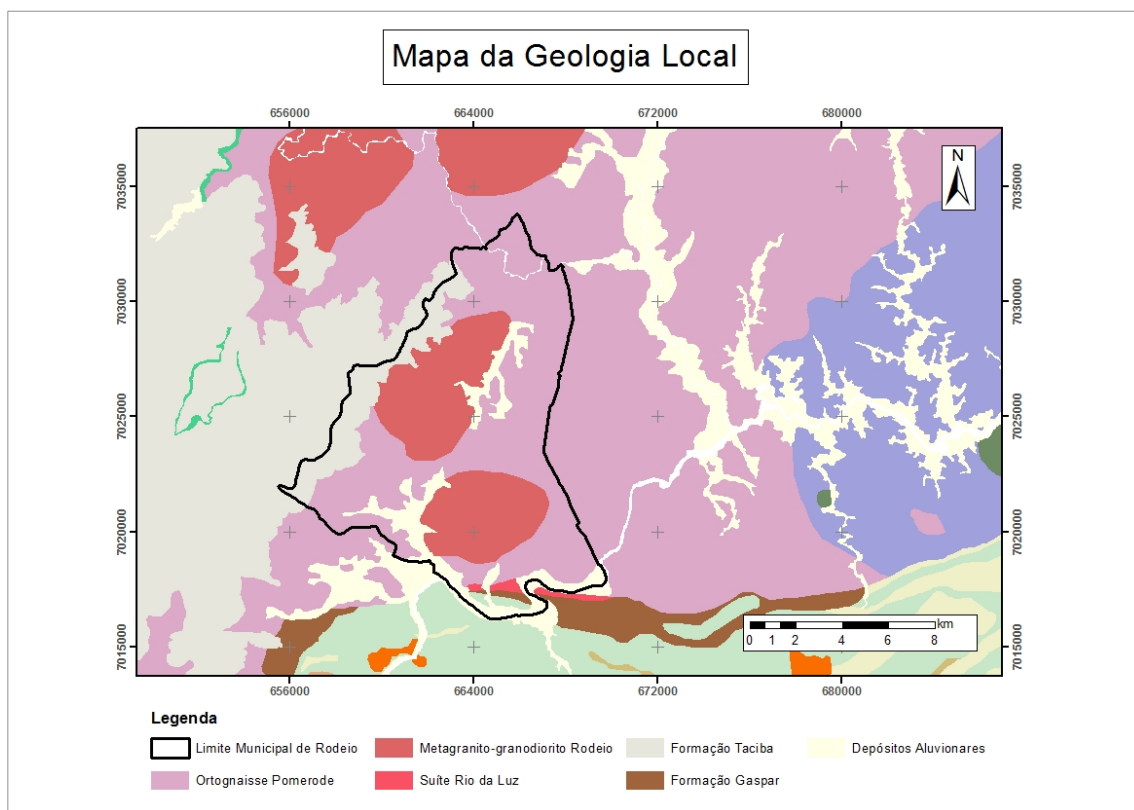


Figura 8. Mapa da geologia local, com destaque para a área de estudo.

A faixa oeste do limite municipal de Rodeio é composta pelos ritmitos, folhelhos e arenitos da Formação Taciba, pertencente ao grupo Itararé. Essa formação é caracterizada por diamictitos cinzentos de matriz pelítica a arenosa, com seixos de granitóides e metamórficas; arenitos finos a muito finos, sílticos, maciços ou com laminação plano-paralela ou estratificação cruzada cavalgante; folhelhos pretos com laminação plano-paralela e ritmitos de aspecto várvido com seixos e grânulos pingados; varvitos com seixos pingados; siltitos cinza escuros maciços. Localmente ocorrem pavimentos estriados e blocos erráticos de rochas graníticas.

Subordinadamente na área de estudo aparecem as camadas de Depósitos Aluvionares, compostos por sedimentos aluvionares inconsolidados constituídos por seixos, areias finas a grossas, com níveis de cascalhos, lentes de material silto-argiloso e restos de matéria orgânica, relacionados a planícies de inundação, barras de canal e canais fluviais atuais. Localmente, podem conter matacões. Ainda em menor escala, há a presença dos arenitos e conglomerados da Formação Gaspar, com tufo vulcânicos associados e siltitos subordinados.

4.1.3. Geodiversidade

O relevo da bacia do Itajaí indica grande complexidade geocológica, suscetibilidade à dinâmica dos processos erosivos e fragilidade ambiental. Segundo o Mapa de Geodiversidade do

Estado de Santa Catarina, executado pela CPRM em 2010 (Figura 9), no município de Rodeio as unidades geológico-ambientais de maior interesse são a Série Granítica Subcalcina (33e) dos Complexos Granitóides Deformados (Figura 10) e o Gnaise Granulítico Ortoderivado (40d/e), dos Complexos Gnaise-Migmatíticos e Granulitos (Figura 11).

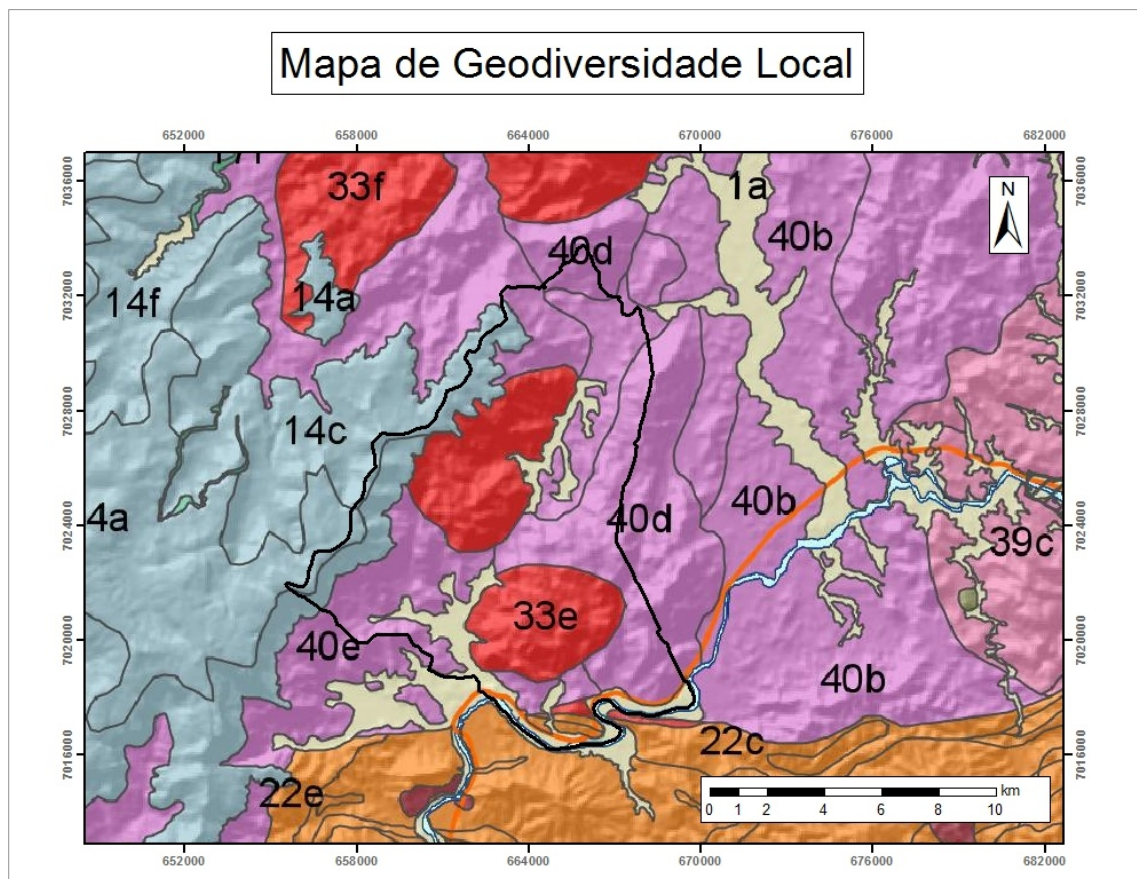


Figura 9. Mapa da geodiversidade local, com destaque para a área de estudo.

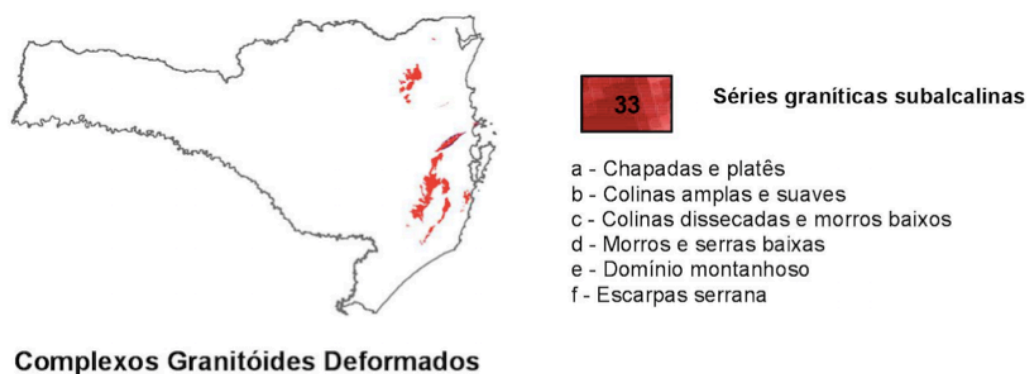


Figura 10. Distribuição da unidade geológica-ambiental dos complexos granitóides deformados em Santa Catarina. Fonte: CPRM, 2010.

As limitações das séries graníticas subalcalinas da área de estudo incluem suscetibilidade a instabilidade em taludes de corte, principalmente quando as rochas se encontram alteradas. O manto de intemperismo pode ser intenso, com profundidades superiores a 3 metros. Esses terrenos estão sujeitos à erosão e movimentos de massa, entre os quais, quedas de blocos, principalmente nos relevos mais declivosos como o encontrado no centro da área estudada (33e). Ainda como limitações, esses locais não são próprios para a ocupação urbana, podendo ocorrer deslizamentos em relevos suaves, induzidos pela ação antrópica.

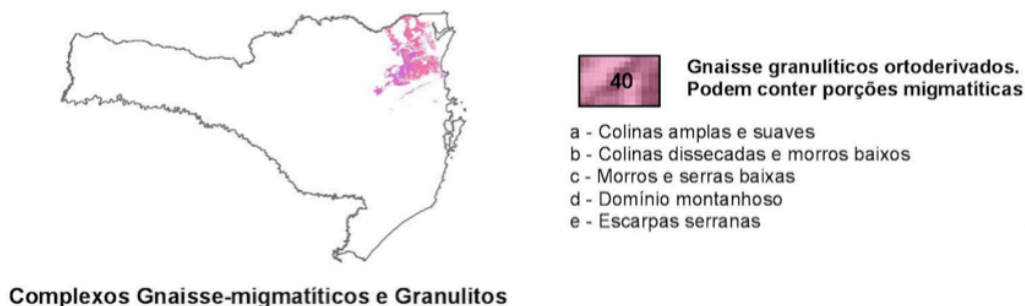


Figura 11. Distribuição da unidade geológica-ambiental complexos gnaiss-migmatíticos e granulitos em Santa Catarina. Fonte: CPRM, 2010.

Por outro lado, os gnaisses granulíticos ortoderivados são limitados pela presença de rochas muito fraturadas, portadoras de muitas superfícies planares que atuam como descontinuidades geomecânicas e hidráulicas. Elas podem provocar o desprendimento de blocos e instabilidades em taludes de corte, principalmente quando as rochas se encontram alteradas. As rochas se alteram de forma que alguns blocos podem ficar imersos no manto de intemperismo. Estes blocos podem dificultar a execução de obras subterrâneas e provocar instabilidade em edificações. Da mesma maneira que nas séries graníticas subalcalinas, é possível a ocorrência de deslizamentos em relevos suaves, induzidos por atividade antrópica, como taludes de corte em estradas.

4.1.4. Clima e Pluviosidade

O comportamento climatológico da precipitação mensal no Vale do Itajaí apresenta uma estação chuvosa no verão (dezembro a março), um período mais seco entre abril e julho e uma estação chuvosa secundária nos meses de setembro a outubro.

A posição geográfica do Vale do Itajaí, voltado para o leste (para o oceano Atlântico), na direção dos ventos predominantes (sudeste e nordeste), favorece a entrada de umidade, proveniente do oceano, em direção ao continente. Além disso, o Vale está subordinado à condição climática quente e úmida, favorável a ocorrência de intensas precipitações, especialmente concentradas na primavera e no verão e, excepcionalmente, no outono e inverno (Sevegnani e Frank, 2009).

4.1.5. Contexto Histórico

Santa Catarina é um território de confluência de eventos climáticos extremos. As chuvas abundantes ocorridas em novembro de 2008 demonstram novamente a vulnerabilidade sócio ambiental da região. Os eventos que atingiram o Vale do Itajaí nesse período incluíram inundações, enxurradas, deslizamentos e outros movimentos de massa (Figura 12 e Figura 13). Além do prejuízo econômico estimados por Parizoto (2014) em 24,64 bilhões, houveram 135 mortos e cerca de 80.000 desabrigados, com 14 municípios tendo declarado estado de calamidade pública e 63 em situação de emergência (Figura 14) (Sevegnani e Frank, 2009).



Figura 12. Movimentos de massa na Bacia do Itajaí em novembro de 2008, com o Morro do Baú ao fundo.
Fonte: Joel Pellerin, 2008.



Figura 13. Movimentos de massa na região no Morro do Baú, em novembro de 2008. Fonte: Joel Pellerin, 2008.

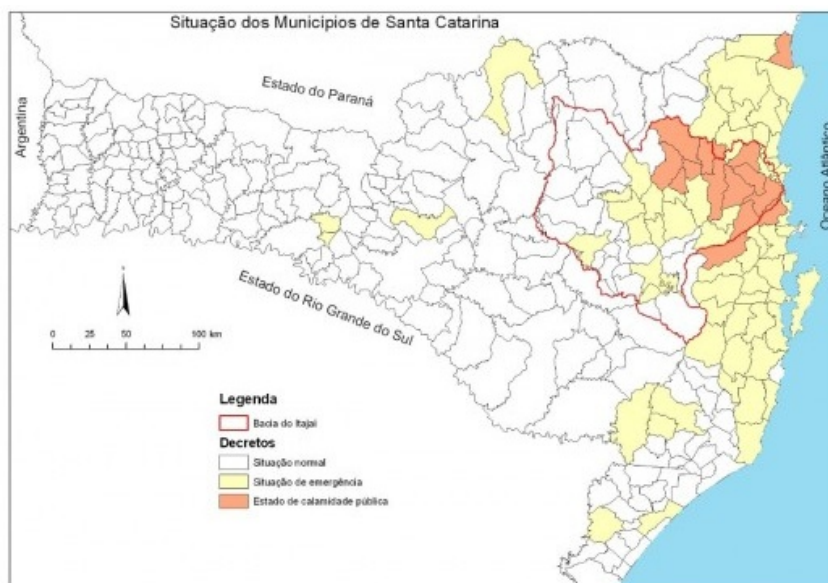


Figura 14. Distribuição dos municípios que decretaram situação de emergência e estado de calamidade pública em novembro de 2008. Fonte: Sevegnani e Frank, 2009.

O desastre de 2008 no Vale do Itajaí resultou da combinação de dois conjuntos de variáveis: fatores naturais e sociais. Os fatores naturais desencadeiam os desastres, enquanto que os sociais incubam os seus impactos. Quanto ao primeiro, o Vale do Itajaí apresenta eventos de precipitação prolongada, solos frágeis e relevo acidentado que muito depende de sua cobertura vegetal (Sevegnani e Frank, 2009).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. O Desastre de 2008 em Rodeio.

Em Santa Catarina, o manto de intemperismo pode atingir até várias dezenas de metros de espessura e, quando se localiza imediatamente sobre rochas frescas de baixa permeabilidade (como os gnaisses e granitos da área de estudo), está sempre em movimento, seja ele de velocidade muito baixa, ou velocidades muito altas (KORMANN; SESTREM; PRETTO, 2013).

Assim como no restante do Vale do Itajaí, a combinação de fatores como precipitação prolongada, solos frágeis e relevo acidentado levaram à deflagração de diversos deslizamentos na região do município de Rodeio. Em termos de pluviosidade, no ano de 2008, a precipitação ficou abaixo ou próximo da média em oito dos doze meses (Gráfico 1). A partir do mês de outubro as precipitações aumentaram. Nesse mês o total mensal da precipitação foi o dobro do valor médio para o período e em Novembro a chuva mensal superou em quatro vezes o valor climatológico.

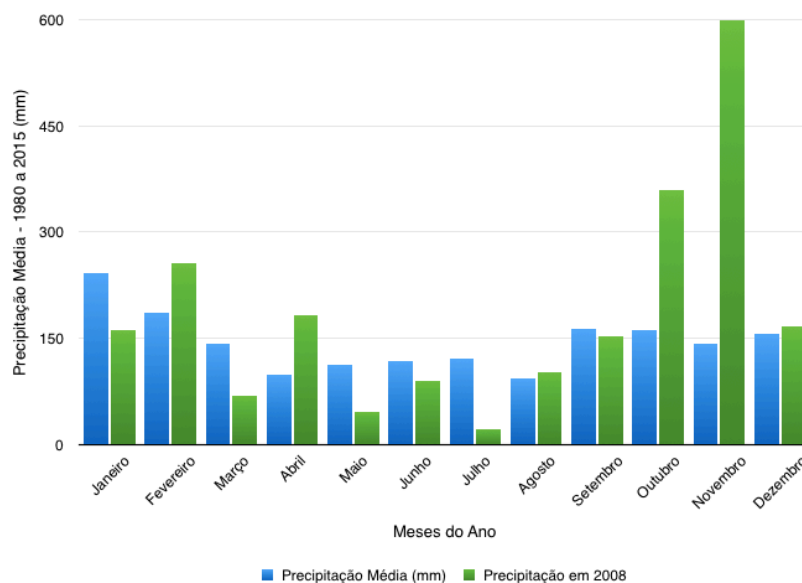


Gráfico 1. Distribuição da precipitação média mensal e dos valores registrados em novembro de 2008 na estação de Indaial. Fonte: INMET

Analisando a distribuição diária da precipitação no mês de novembro (Gráfico 2), é possível ver que 6 dias tiveram a precipitação diária igual ou superior a 30 mm (30 litros de chuva por metro quadrado): 2,12,17, 21, 23 e 24. Entre os dias 13 e 20 a precipitação variou entre 0 e 30 mm, e a partir do dia 21 não houve trégua da chuva, com um total diário de 120 mm no dia 23, um montante próximo da média mensal para o mês de novembro.

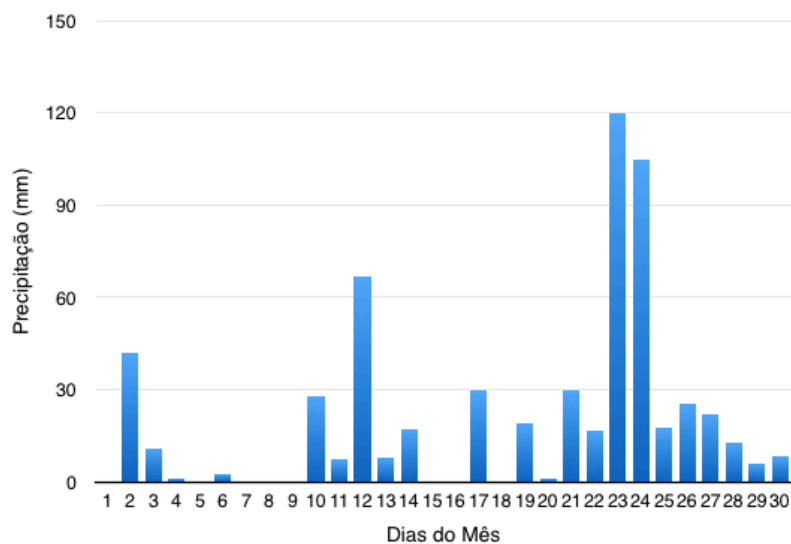


Gráfico 2. Distribuição diária da precipitação no mês de novembro. Fonte: INMET

Em 24 de novembro de 2008, o prefeito Carlos Alberto Pegoretti promulgou o decreto nº 2647, onde ficou declarada a existência de situação anormal provocada por desastre, caracterizada como Estado de Calamidade Pública no município de Rodeio. Entre os critérios agravantes desse cenário, foram colocados o grau de vulnerabilidade do município e da população afetada, além do despreparo da Defesa Civil e a previsão da continuidade das chuvas. O Estado de Calamidade Pública do município foi mais tarde reconhecido pelo Secretário Nacional de Defesa Civil e publicado no Diário Oficial da União, conforme Figura 15.

PORTARIA N° 342, DE 8 DE ABRIL DE 2009

Reconhece estado de calamidade pública
no Município de Rodeio - SC.

O SECRETÁRIO NACIONAL DE DEFESA CIVIL, com base no Decreto n° 5.376, de 17 de fevereiro de 2005, no uso da competência que lhe foi delegada pela Portaria Ministerial n° 1.763-A, de 07 de novembro de 2008, publicada no Diário Oficial da União, Seção 2, de 23 de dezembro de 2008, e

Considerando o Decreto n° 2.647, de 24 de novembro de 2008, do Município de Rodeio, devidamente homologado pelo Decreto n° 2.055, de 16 de janeiro de 2009, do Estado de Santa Catarina, e

Considerando, ainda, as informações da Secretaria Nacional de Defesa Civil no Processo n° 59050.000231/2009-17, resolve:

Art. 1° Reconhecer, em virtude de enxurradas ou inundações bruscas, o estado de calamidade pública, no Município de Rodeio, zona urbana no bairro Centro, nas ruas Paraná e Silvío Scoz e bairro Gávea na rua Jacinto Frainer; na zona rural, nos bairros: São Pedro Novo na rua São Pedro Novo; Rio Morto, nas ruas: Damiana e Crescêncio; Diamantina, na rua Diamantina (Pico); Rodeio 50, na rua Vereador Arcângelo Berri; Rodeio 32, nas ruas: São Pedro, Rio Belo e Abissínia; Rodeio 12, nas ruas: Prof. Ernesto Pezzini, Leopoldo Pacher, Nemo Pacher, Vereador Antonio Gadotti, Rodovia SC 416, Francisco Beber e Faustino Pasquali; Kasperait, nas ruas: José O. Junior e Morro do Foguete; e, Bairro dos Lagos, nas ruas: Timbó, Indaial, Laura Radatz, Rod. SC 477 km 7 e Morro da Cachaça, pelo prazo de noventa dias, contados a partir de 24 de novembro de 2008.

Art. 2° Esta portaria entra em vigor na data de sua publicação.

ROBERTO COSTA GUIMARÃES

Figura 15. Recorte do Diário Oficial da União, N°68, do dia 9 de abril de 2009.

No bairro Ipiranga um deslizamento de aproximadamente 500 metros de extensão correu até o fundo do vale e cobriu uma casa, soterrando pai, mãe e dois filhos (Figura 16).

27/11/2008 - 09h30

Deslizamento de terra mata pai, mãe e 2 filhos em Rodeio (SC)

ESTÊVÃO BERTONI
da Folha de S.Paulo

PUBLICIDADE

Recomendar 0 G+1 0

Toda a família cresceu naquele sobrado em estilo colonial, onde até segunda Dário Sálvio Eccel, 44, vivia com a mulher e os quatro filhos, no bairro Ipiranga, em Rodeio (a 170 km de Florianópolis).

No desastre, morreram Dário, Giacomina e as filhas Kendy e Kelly. O menino Kevin conseguiu escapar após ficar preso nos escombros e encontrou Keila, de cinco anos, sem nenhum arranhão. A família diz acreditar que o pai conseguiu deixá-la em local seguro pouco antes do deslizamento.

Figura 16. Notícia do jornal Folha de São Paulo, do dia 27 de novembro de 2008, sobre deslizamento ocorrido em Rodeio.

Por fim, segundo AVADAN enviado pelo município à Defesa Civil de Santa Catarina, os desastres de novembro de 2008 afetaram em Rodeio um total de 580 pessoas, 27 desalojadas, 42

desabrigadas e quatro mortas; foram danificadas 35 residências e 144km de rodovias e suas pavimentações, num prejuízo total de R\$2.474.500 para o município.

5.2. Mapeamento Geológico de Rodeio

No âmbito do projeto os trabalhos de campo foram realizados pela equipe da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC a fim de melhorar o detalhamento do mapa geológico da área contemplada, para a escala 1:10.000. Foram identificados elementos das seguintes unidades geológicas: do Complexo Granulítico de Santa Catarina, elementos pertencentes as Unidade Máfico-Ultramáfica Barra Velha, Gnaiss Pomerode e Granito Rodeio; da Formação Garcia, elementos do Grupo Itajaí; e finalmente, elementos formadores dos Depósitos Quaternários.

Unidade Máfico-Ultramáfica Barra Velha

A Unidade Máfico-Ultramáfica Barra Velha é composta por corpos de piroxenito e de rochas gabróicas, metamorfasadas na fácies granulito.

Apenas um pequeno corpo de piroxenito, com cerca de 0,07 km², foi mapeado no setor sudeste da área, sendo que somente cerca 0,03 km² dele estão na área de estudos. O piroxenito, de granulação média a grossa, é predominantemente maciço e apresenta como minerais acessórios plagioclásio, magnetita e sulfetos (pirita, calcopirita e bornita). Subordinadamente ocorrem setores onde a rocha apresenta-se mais foliada (N-S;10°W), chegando a constituir um anfibólio xisto, nesse caso com maior proporção em plagioclásio. O piroxenito apresenta-se cortado por finos e numerosos veios paralelos de quartzo e também por veio pegmatóidico rosado, alguns com até 12 cm de largura (Figura 17).

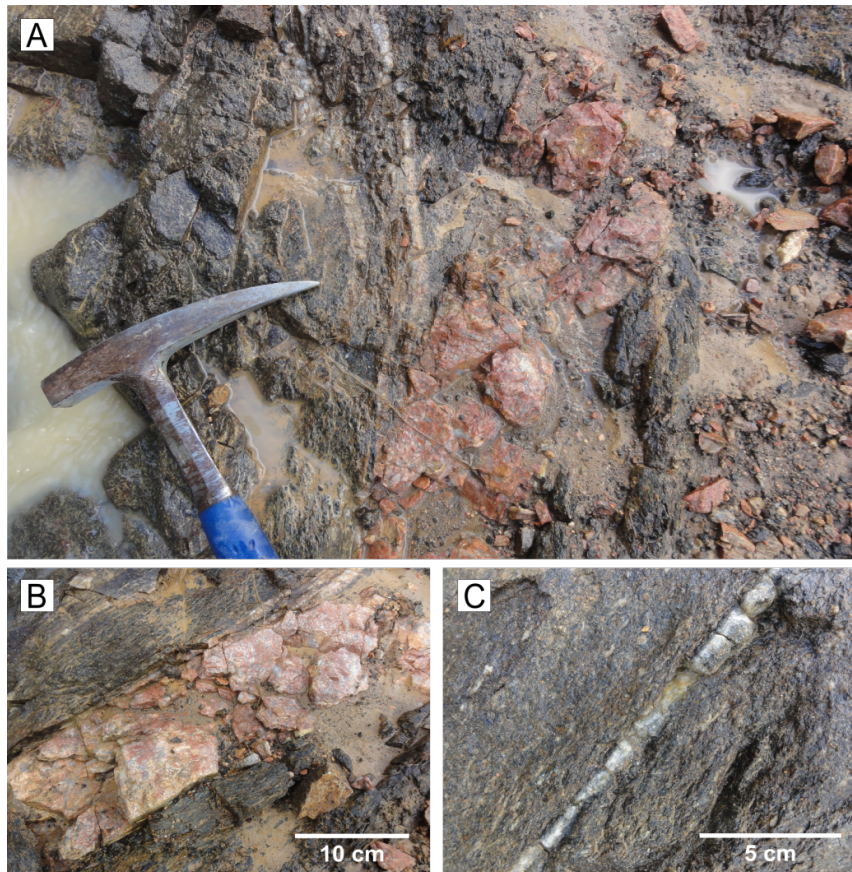


Figura 17. Piroxenito da Unidade Máfico-Ultramáfica Barra Velha (A) cortado por veios de pegmatito (B) e veio de quartzo (C). Fotos: D. G. V. Parizoto; E. R. Tomazzolli – Nov. 2015.

Observou-se o corpo de piroxenito sendo limitado em ambos os lados por um gnaiss milonítico leucocrático com foliação bem desenvolvida. Esses milonitos exibem foliação N30°E;50°SE e faz contato abrupto com o piroxenito, contendo eventualmente, fragmentos isolados dessa rocha (Figura 18A).

As rochas gabróicas (Figura 18B) podem constituir corpos maciços, quase sem foliação evidente, com até mais de dois quilômetros de extensão linear. Foram mapeados três corpos, o maior com cerca de 5,6 km², dos quais somente 0,6 km² está na área de estudo. São maciças ou levemente foliadas; geralmente apresentam textura equigranular grossa; termos de granulação mais fina podem ser classificados como diabásio. Na zonas de maior deformação tectônica, gradam para anfibolitos, normalmente com foliação bem desenvolvida.

Nas bordas, tanto os corpos de piroxenito como os de rochas gabróicas exibem contatos gradacionais com os ortognaisses (Figura 18C), contendo, muitas vezes, xenólitos máfico-ultramáficos com feições do tipo back-veining (Figura 18D), fruto de assimilação magmática destes pelo ortognaisse.

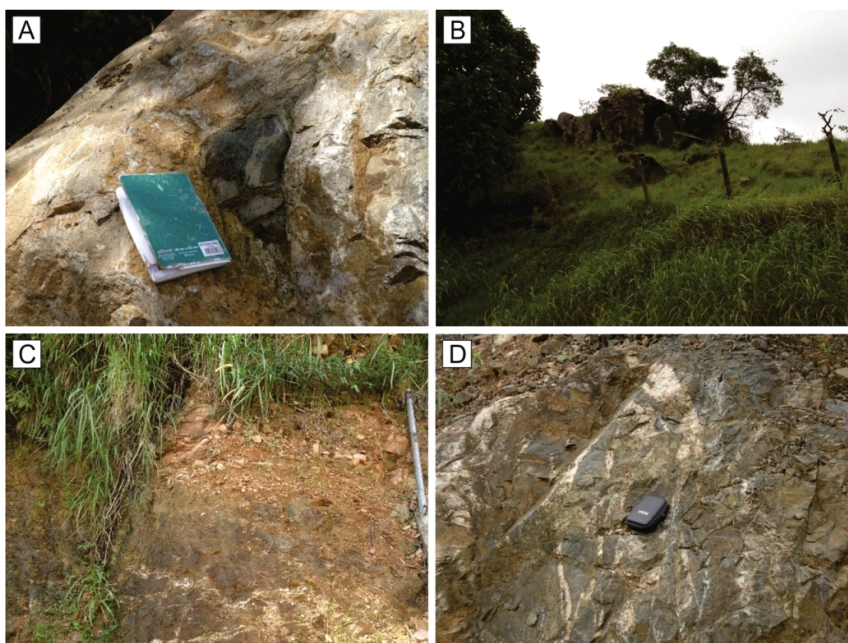


Figura 18. Elementos da Unidade Máfico-Ultramáfica Barra Velha: Gnaiss milonítico leucocrático (A) com fragmento de piroxenito; (B) afloramento natural de porção de corpo de rocha gabróica maciça; (C) borda de corpo de piroxenito em processo de assimilação magmática com ortognaisses; (D) fragmentos de rocha gabróica em estágio inicial de assimilação magmática. Fotos: E. R. Tomazzoli – Nov. 2015.

Unidade Gnaiss Pomerode

Os elementos da Unidade Ortognaiss Pomerode foram diferenciados em ortognaisses máficos e ortognaisses félsicos. Os ortognaisses máficos (Figura 19A) correspondem a gnaisses tonalíticos/granodioríticos enquanto que os félsicos correspondem a gnaisses sieno/monzograníticos.

Os ortognaisses apresentaram bandamento mais ou menos pronunciado. Especialmente os máficos, podendo apresentar ainda complexas estruturas migmatíticas resultantes de processos de assimilação e também de mistura magmática com os piroxenitos, rochas gabróicas e diabásios.

Também foram observados enclaves angulosos ou arredondados de todas as formas e tamanhos, em diversos estágios de assimilação/mistura magmática e também fragmentos maiores dessas rochas máfico-ultramáficas são extremamente comuns (Figura 19B e C).

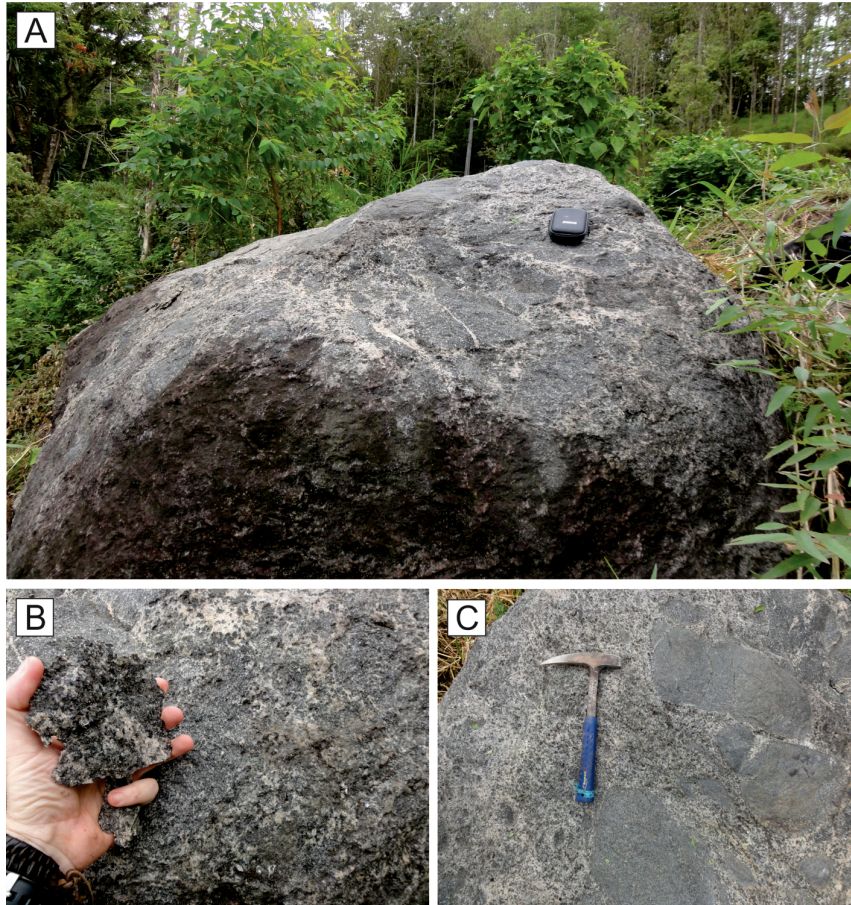


Figura 19. Elementos da Unidade Gnaiss Pomerode: (A) ortogneiss máfico; (B) fragmentos máfico ultra máficos e (C) enclaves máficos no ortogneiss. Fotos: D. G. V. Parizoto. – Dez. 2015.

Em determinados setores, os ortogneisses podem exibir bandas ou bolsões quartzo-feldspáticos de cor rosada, isto é, com feldspato potássico rosado, que podem exibir contados gradacionais com o ortogneiss de cor cinza (Figura 20A e B), típicos de mistura ou assimilação magmática. Esses corpos quartzo-feldspáticos rosados não parecem constituir injeções posteriores, mas corpos anteriores ou contemporâneos ao ortogneisses cinza.

Os gnaisses félsicos miloníticos ocorrem no sul da área de estudo, em uma faixa com aproximadamente 850 metros de largura, alongada segundo a direção N75°E em configuração sub-paralela à Zona de Cisalhamento Itajaí-Perimbó e que, na área de estudo, coloca em contato rochas do Grupo Itajaí com as do Ortogneiss Pomerode. São rochas leucocráticas de cor rosada exibindo destacada foliação milonítica de alto ângulo (orientação variando entre N60°E;75°SE e N70°E;70°SE) que intercepta outra foliação menos expressiva, de orientação N20°W;90°, gerando uma destacada lineação de interseção com alto mergulho (Figura 20C). Em determinados setores, essas rochas exibem um espesso manto de alteração.



Figura 20. (A e B) contatos gradacionais entre bandas quartzo feldspáticas rosadas (abaixo) e o ortogneisse (acima); (C) gnaiss félsico milonítico. Fotos: E. R. Tomazzoli e D.G.V. Parizoto – Dez. 2015.

Unidade Granito Rodeio

O metagranito-granodiorito Rodeio (Figura 21A e B) exibe uma leve foliação sob a qual se orientam fenocristais tabulares de feldspato potássico (Figura 21C). Ocorrem enclaves máficos elípticos bastante esparsos e parcialmente assimilados. Embora no mapa geológico do estado de Santa Catarina (WILDNER et al., 2014) essa unidade apareça ocupando uma área muito maior, nesse trabalho foram delimitadas duas pequenas áreas desta rocha, totalizando não mais do que 0,55 km². Na área mais a norte esse litotipo é lavrado em duas pedreiras para a retirada de chapas de rocha ornamental com fins de revestimentos.

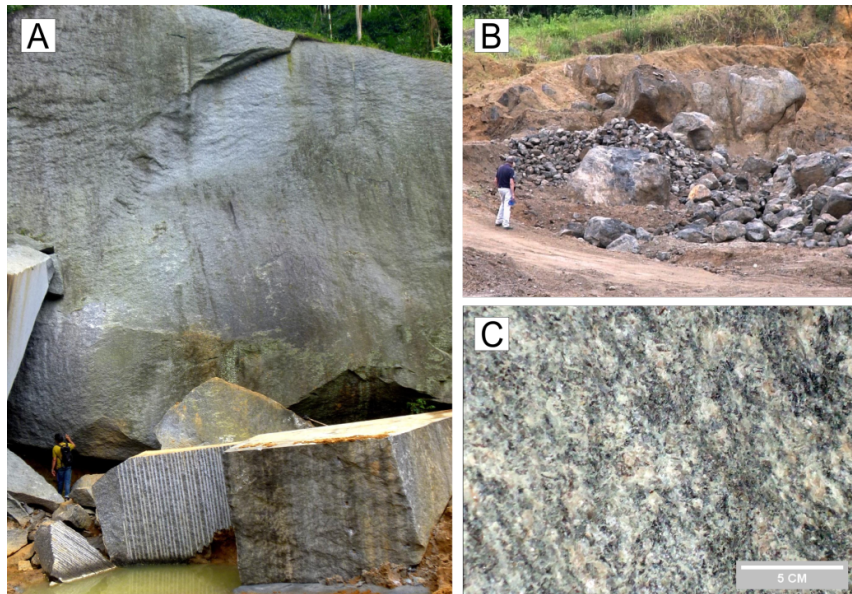


Figura 21. Elementos da Unidade Granito Rodeio: (A e B) Metagranito Rodeio sendo explorado como rocha ornamental; (C) Metagranito Rodeio exibindo foliação e fenocristais de feldspato potássico orientados. Fotos: D. G. V. Parizoto – Dez. 2015.

Grupo Itajaí

O Grupo Itajaí é representado por siltitos e argilitos da Formação Garcia que ocorrem no setor sul, predominantemente próximas às planícies da área de estudos (Figura 22A). São rochas de coloração bordô esverdeada característica, exibido um bem definido acamadamento cujas orientações podem variar bruscamente devido a falhas e dobramentos (Figura 22B e C). Em determinados setores, observou-se a intrusão de diques e corpos irregulares de andesito pórfiro, representativos da sequência vulcânica do mesmo Grupo Itajaí, em avançado estágio de intemperização.

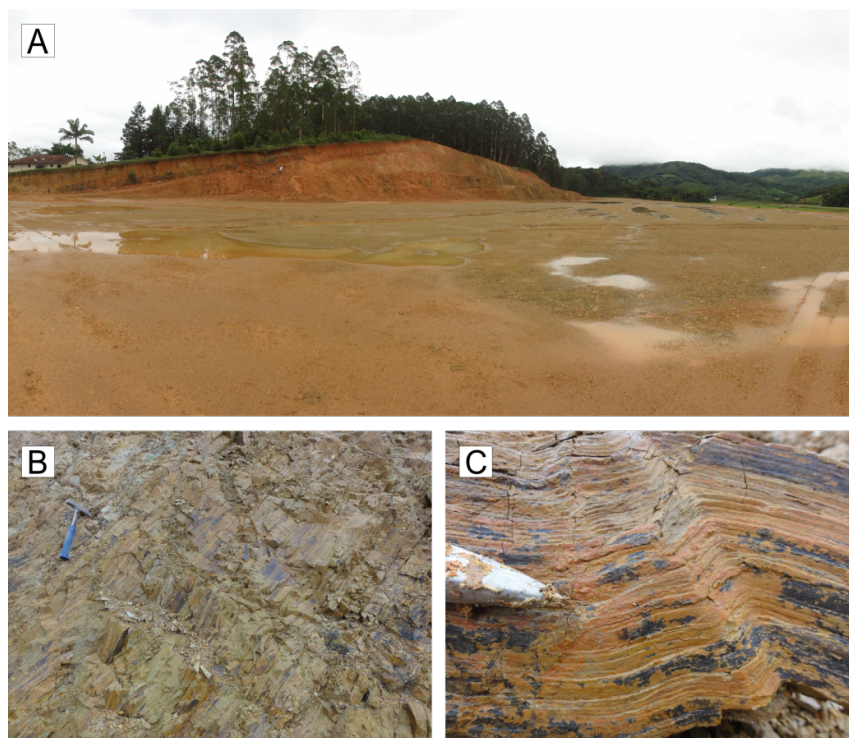


Figura 22. (A) Área aplainada expondo argilitos e siltitos do Grupo Itajaí; (B e C) Acamamentos bem definidos dos sedimentos ora perturbados por deformações de origem tectônica. Fotos: D. G. V. Parizoto – Mar. 2016.

Depósitos Quaternários

Os depósitos quaternários são representados por depósitos coluviais e depósitos aluviais.

Os depósitos coluvionares formam rampas ou leques no sopé ou na meia-encostas das elevações mais íngremes. São depósitos extremamente heterogêneos e granulometricamente mal selecionados, compostos por matacões, blocos, areia, silte e argila de proveniência e constituição litológica variada. Os depósitos aluviais são representados por cascalheiras, areias grossas a finas e sedimentos siltico-argilosos que ocorrem em calhas de córregos ou nas planícies aluviais dos cursos d'água maiores (Figura 23A e B).



Figura 23. (A e B) aspecto geral dos depósitos de colúvio e das planícies de deposição aluvial. Fotos: D. G. V. Parizoto e I. Coutinho – Mar. 2016.

5.3. Movimentos de Massa e Aspectos Ambientais

O estudo da interação dos aspectos naturais de uma determinada área com os movimentos de massa que ocorrem na mesma podem contribuir para a análise dos mecanismos que levam à ocorrência desses eventos. Fatores como clima, litologia, declividade, forma e uso das encostas, vegetação etc, são os principais elementos atuantes na deflagração dos deslizamentos. Por esse motivo, a seguir estes fatores são correlacionados com os movimentos de massa, a fim de entender as suas causas e mecanismos atuantes no processo.

Segundo Bauzys (2010), é importante pontuar que as variáveis relacionadas aos processos de movimentação de massa atuam de forma conjunta. A estabilidade ou instabilidade de uma encosta depende sempre da interação de um conjunto de fatores.

5.3.1. Interação entre a Geologia e os Movimentos Gravitacionais de Massa

As características geológicas do terreno têm fundamental importância no estudo de movimentos de massa. Os principais condicionantes geológicos são os tipos de rochas, os contatos entre diferentes litologias, mantos de intemperismo, e os condicionantes estruturais como as falhas,

fraturas e foliações. Diversas variáveis podem estar condicionadas aos tipos rochosos de uma área, como por exemplo formas de relevo, permeabilidade do terreno, e resistência ao intemperismo, entre outras.

A maior ocorrência dos deslizamentos na área de estudo se dá na área do Complexo Granulítico Santa Catarina. O ortognaisse Pomerode (Figura 24), de maior ocorrência nesta área, é uma rocha que apresenta, originalmente, baixa porosidade e permeabilidade. Em ambiente tropical úmido, o ortognaisse é fortemente intemperizado, resultando na formação de espessos mantos de solo que, associados ao relevo acidentado da área de estudo, podem intensificar a ocorrência de deslizamentos.

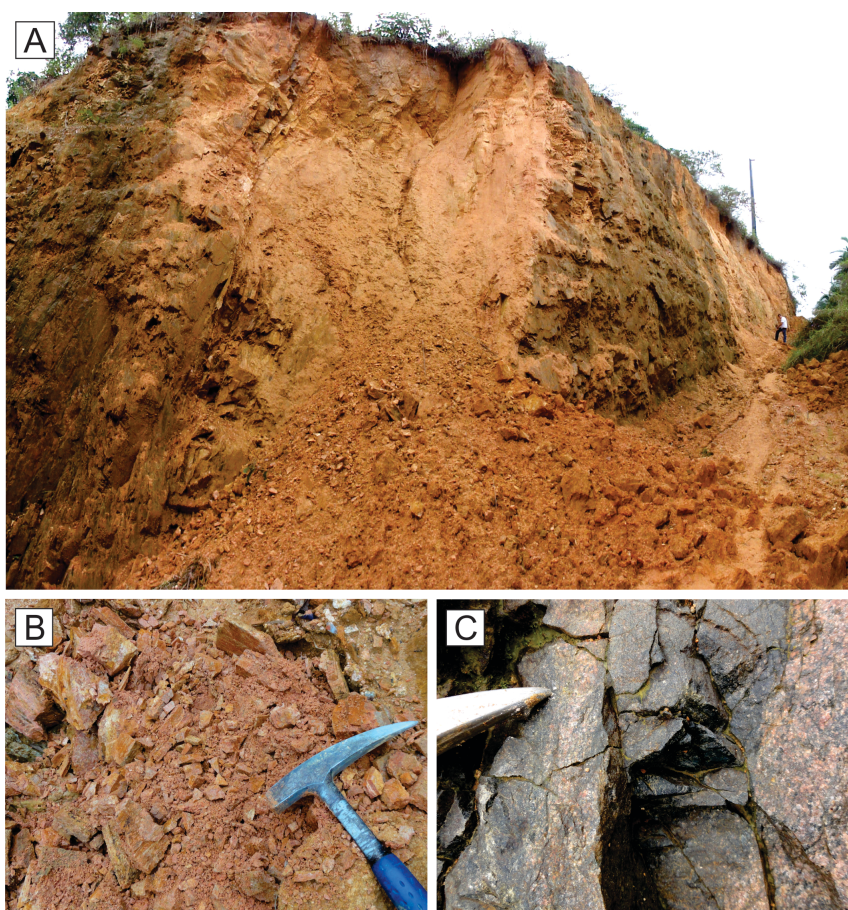
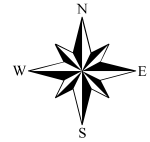
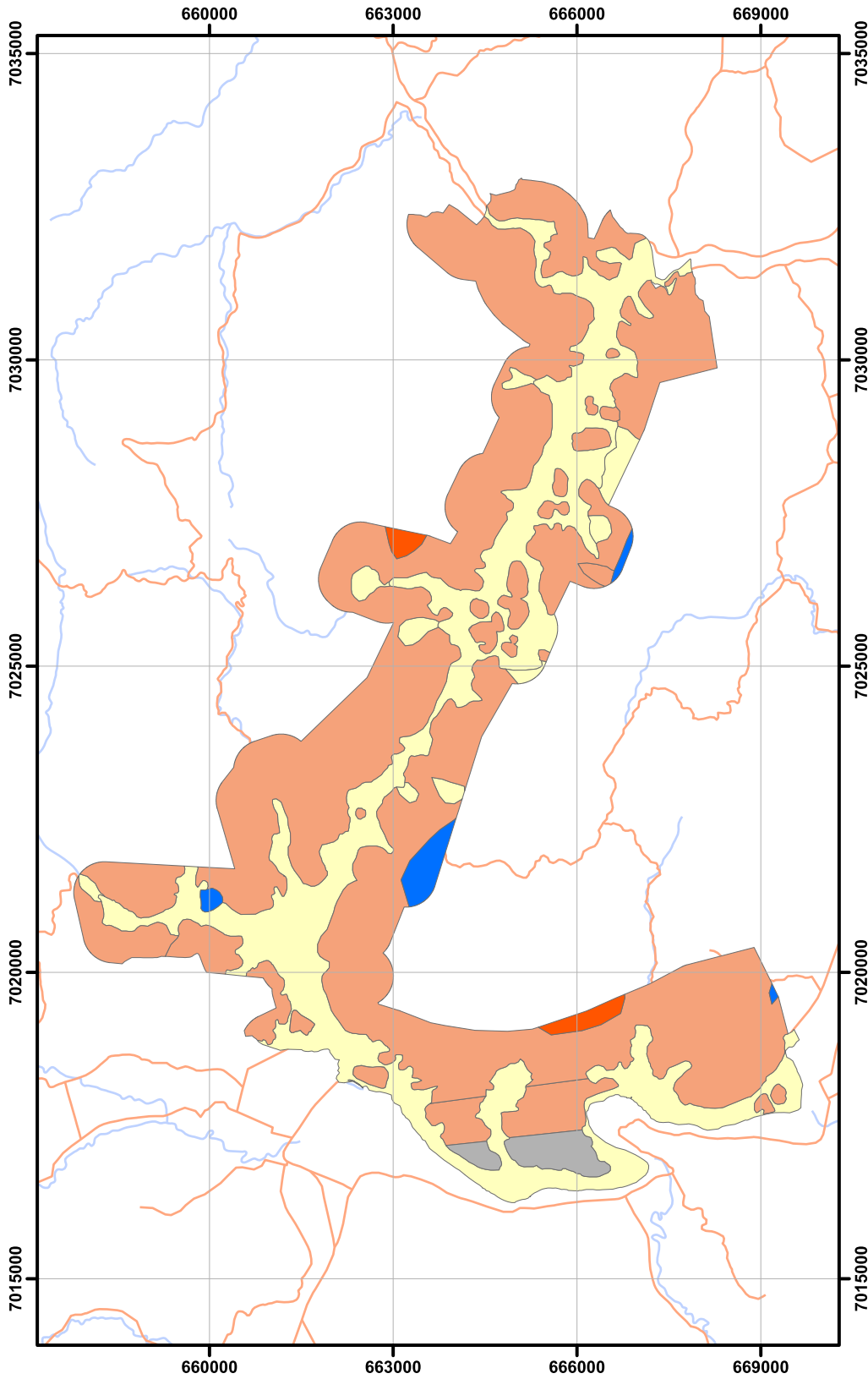





Figura 24. Elementos da Unidade Ortognaisse Pomerode: (A) Deslizamento do material intemperizado do gnaisse, interrompendo a estrada; (B) Intenso faturamento do ortognaisse félsico; (C) Intrusões máficas no ortognaisse félsico. Fotos: D. Parizoto – Dez. 2015.

As discontinuidades litoestruturais como fraturas, falhas e fissuras propiciam a percolação da água, facilitando a formação de solos espessos e de argilominerais. Os argilominerais podem lubrificar uma superfície de ruptura, favorecendo os deslizamentos (POZZOBON, 2013). Nas encostas podem ocorrer pequenos vales limitados por fraturas por onde podem ser canalizados movimentos de massa do tipo fluxo de lama e detritos. Segue o mapa da geologia de Rodeio (Figura 25).






Mapa de Geologia de Rodeio



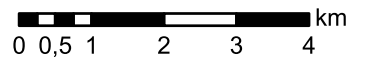
Legenda

-  Limite Municipal
-  Rodovias
-  Cursos de Água

Litologia

-  Depósitos Quaternários
-  Grupo Itajaí
-  Granito Rodeio
-  Unidade Máfico-Ultramáfica Barra Velha
-  Ortognaisse Pomerode

Escala Gráfica



Projeção Universal Transversa de Mercator

Datum: SIRGAS 2000, Zona 22 Sul

Elaborado por: Isabela Coutinho

5.3.2. Interação entre a Geomorfologia e Movimentos Gravitacionais de Massa

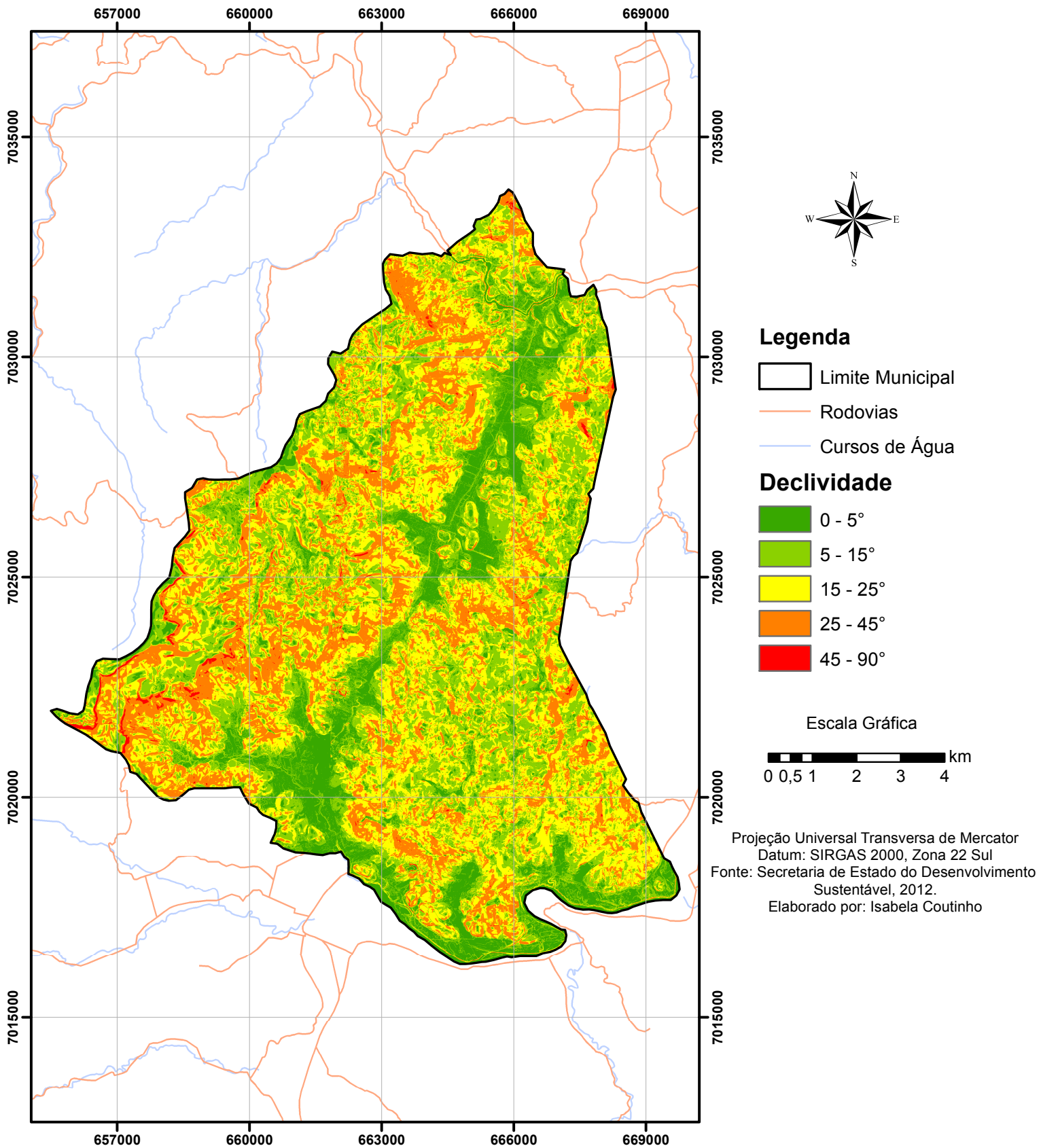
5.3.2.1. Declividade

A declividade é a inclinação da superfície do terreno em relação à horizontal, ou seja, a relação entre a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre esses pontos. É dada pelo ângulo de inclinação da superfície do terreno em relação à horizontal. Os valores de declividade podem variar de 0° a 90° , e podem também ser expressos em porcentagem.

A variável declividade é de grande importância nos estudos de movimentação de massa, uma vez que a capacidade de deslocamento de um material é diretamente proporcional à declividade. Estudos anteriores mostram que o Fator de Segurança de uma encosta pode diminuir em até 70% com o aumento da declividade (AHRENDT, 2005). Além disso, a declividade do terreno ajuda a controlar a disponibilidade de água para infiltração na encosta. Ainda, a declividade superior aumenta o gradiente de energia, favorecendo os movimentos de massa sob a ação da gravidade. A seguir é apresentado o mapa de declividade do município de Rodeio (Figura 26).

Ao contrário do que propõem Fernandes e Amaral (2003), as cabeceiras que geraram grandes deslizamentos (rasos e extensos) em Rodeio situam-se a declividades acima de 25° . Essas declividades altas são bastante favoráveis à ocorrência de deslizamentos, devido à presença de encostas íngremes. Estes altos valores de declividade potencializam a atuação da força de gravidade sobre o manto de intemperismo, diminuindo a resistência ao cisalhamento. Por sua vez, na área de estudo não ocorreram deslizamentos na classe acima de 45° . Isso se deve ao fato de que em altas encostas, o manto de intemperismo é menos espesso, com reduzida capacidade de retenção de água e diminuição da componente peso nesses locais.

Mapa de Declividade de Rodeio



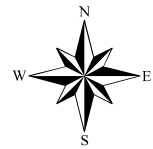
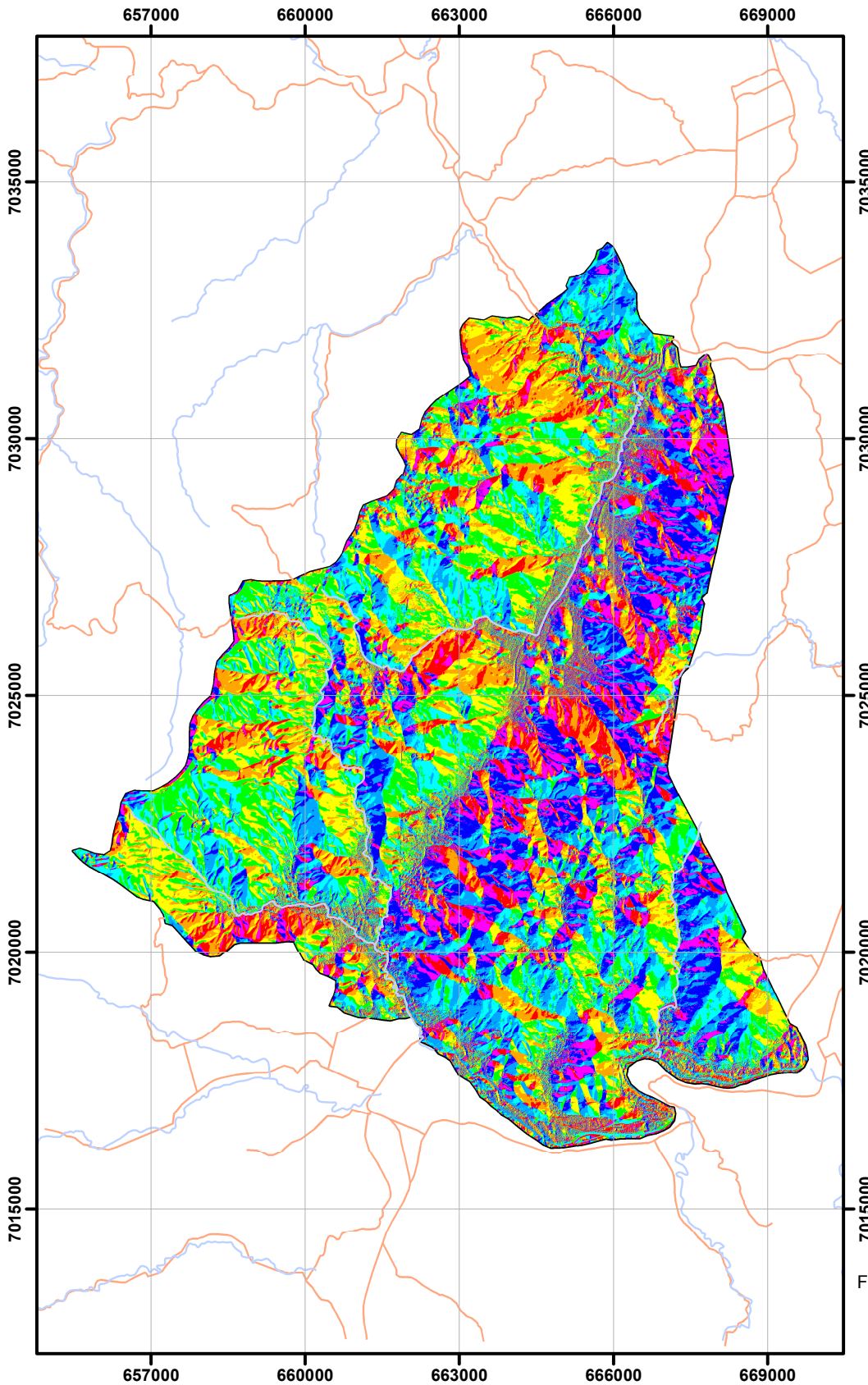
5.3.2.2. Orientação das Vertentes

A orientação das vertentes é uma medida do ângulo azimutal que corresponde à maior inclinação do terreno, ou seja, a direção esperada do escoamento superficial, onde o valor é 0°, crescendo dessa direção, no sentido horário (FLORENZANO, 2016).

Segundo Florenzano (2016), quanto maior a latitude, maior a influência da orientação de vertentes no regime térmico (e hídrico, conseqüentemente). Isso se deve à incidência de energia solar, maior nas vertentes orientadas ao Norte do que ao Sul. O estudo da orientação das vertentes de uma determinada área é relevante no planejamento territorial, principalmente no que diz respeito à distribuição de culturas agrícolas.

A seguir será apresentado o mapa de orientação das vertentes (Figura 27), que conforme citado no item 3.1.3 foi dividido nas seguintes classes: Norte (0-22,5° e 337,5-360°), Nordeste (22,5-67,5°), Leste (67,5-112,5°), Sudeste (112,5-157,5°), Sul (157,5-202,5°), Sudoeste (202,5-247,5°), Oeste (247,5-292,5°) e Noroeste (292,5-337,5°).

Mapa de Orientação das Vertentes



Legenda

- Limite Municipal
- Rodovias
- Cursos de Água

Orientação

- Plano
- Norte (0-22.5, 337.5-360)
- Noroeste (22.5-67.5)
- Leste (67.5-112.5)
- Sudeste (112.5-157.5)
- Sul (157.5-202.5)
- Sudoeste (202.5-247.5)
- Oeste (247.5-292.5)
- Noroeste (292.5-337.5)

Escala Gráfica

0 0,5 1 2 3 4 km

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum: SIRGAS 2000, Zona 22 Sul
Fonte: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável, 2012.
Elaborado por: Isabela Coutinho

A orientação das encostas está indiretamente relacionada à resistência ao cisalhamento, em função da quantidade de precipitação e de umidade, que está vinculada à direção dos ventos, à insolação e também à direção preferencial das chuvas que afetaram a área (BAUZYS, 2010).

Segundo Gysi (1998), a distribuição de chuvas orográficas depende fortemente de qual direção uma tempestade se aproxima de determinado terreno de topografia elevada. Encostas a barlavento recebem mais chuva que terrenos a sotavento. Conforme análise sinótica do evento de 2008, ao qual se relaciona a deflagração dos deslizamentos citados neste trabalho, o vento soprava predominantemente no quadrante norte e leste e a umidade associada teria origem no oceano Atlântico, comprovada pela ausência de frentes frias. (SEVEGNANI e FRANK, 2009; POZZOBON, 2013).

Em acordo com essa análise, os movimentos de massa que ocorreram em Rodeio estão localizados no quadrante leste.

5.3.3. Interação entre Pedologia e Movimentos Gravitacionais de Massa

O município de Rodeio apresenta, segundo o mapa de solos 1:100000 do projeto Gerenciamento Costeiro (IBGE, 2003), os seguintes tipos de solo: cambissolo, gleissolo, neossolo e podzólico vermelho- amarelo latossólico, que são caracterizados a seguir.

Cambissolo: Segundo o IBGE (2003), esta classe é constituída por solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B incipiente, acentuada a imperfeitamente drenados, sua profundidade varia de raso a profundo. Exibe sequência de horizonte A, Bi e C.

O horizonte A pode ser do tipo moderado, proeminente ou húmico, geralmente não muito espesso, podendo inclusive estar ausente em áreas de declives acentuados, devido à erosão. Os teores de silte em geral, são relativamente elevados.

O horizonte Bi apresenta normalmente estrutura em blocos fraca a moderadamente desenvolvida, ou por vezes maciça. Normalmente não contém cerosidade³ e quando presente é fraca e pouca, restrita às paredes de canais e poros.

Os cambissolos são derivados dos mais diversos materiais de origem e encontrados sob condições climáticas variadas. Devido a esta diversidade de materiais de origem podem ser álicos, distróficos e eutróficos, de textura média até muito argilosa, desde acentuadamente até imperfeitamente drenados, com profundidade variando de rasos a profundos, relevo plano até montanhoso, podendo ter atividade de argila muito baixa a alta. Existem cambissolos de coloração

³ São concentrações de material inorgânico, resultantes do movimento de argilas (iluviação) dos horizontes mais superficiais para os mais profundos e/ou intemperização de alguns minerais com formação de argilas. Apresentam-se como revestimentos com aspecto lustroso e brilho graxo, similar à cera derretida e escorrida, revestindo unidades estruturais ou partículas primárias.

variada, de difícil diferenciação entre horizontes, sendo que esta diferenciação só se torna mais visível quando o horizonte A é húmico ou proeminente.

Gleissolo: O Relatório Final de Solos do GERCO (IBGE, 2003) caracteriza os gleissolos como solos minerais, hidromórficos, com horizonte A ou H seguido de horizonte glei, que se inicia a menos de 40 cm da superfície. Apresentam em geral sequência de horizontes A e Cg, são medianamente profundos, mal drenados, com permeabilidade muito baixa, o que resulta em um meio anaeróbico que conduz a uma redução dos óxidos de ferro, principalmente nos horizontes subsuperficiais, dando ao solo uma coloração acinzentada com mosqueados.

Gleissolos possuem textura variável, mas com predomínio das frações argila e silte sobre a fração areia no horizonte subsuperficial. A estrutura do horizonte A é normalmente granular e no horizonte Cg em geral maciça, sem desenvolvimento estrutural.

São desenvolvidos em várzeas de relevo praticamente plano, margeando rios, ou em locais de depressão e planícies aluvionais sujeitas a inundações. Devido às circunstâncias de terem origem em situações de aporte de colúviação ou de aluvionamento e também devido ao microrrelevo dos terrenos, esses solos não apresentam um padrão de distribuição das características morfológicas e analíticas ao longo do perfil.

Neossolo: Segundo o Manual Técnico de Pedologia do IBGE (2007), são solos constituídos por material mineral ou material orgânico pouco espesso (menos de 30 cm de espessura), sem apresentar qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Boa parte dos Neossolos ocorre em praticamente todas as regiões do País, embora sem constituir representatividade espacial expressiva, ou seja, ocorrem de forma dispersa em ambientes específicos, como é o caso das planícies à margem de rios e córregos (neossolos flúvicos) e nos relevos muito acidentados de morrarias e serras (neossolos litólicos).

Podzólico Vermelho-Amarelo Latossólico: Novamente, segundo o IBGE (2003) esta classe é constituída por solos minerais, não hidromórficos com horizonte B textural. Diferencia-se dos podzólicos vermelho-amarelos típicos por serem mais profundos, com menor diferenciação dos horizontes e usualmente menor gradiente textural. A cerosidade quando presente é pouca e fraca e o grau de desenvolvimento é fraco ou moderado.

Apresentam sequência de horizontes A, B e C com horizonte A do tipo moderado ou proeminente, textura argilosa e muito argilosa. A textura é argilosa ou muito argilosa e os valores da capacidade de troca de cátions e da soma e saturação em bases são baixos, resultando numa baixa fertilidade natural. Apresentam relação silte/argila normalmente baixa, em torno de 0,17 a 0,5 (IBGE, 2003).

Bauzys (2010) chama atenção para o fato de que em escala de detalhe, os tipos de solo podem mudar regularmente, e o mapa de solos utilizado nessa pesquisa (1:100.000) pode não evidenciar essas mudanças.

Segue o mapa de Pedologia do município de Rodeio (Figura 28).

A espessura do manto de intemperismo é o principal fator pedológico relacionado à deflagração de movimentos de massa. Nas encostas, a espessura dos solos é variável. Quando o solo é espesso e possui alta porosidade, a água infiltra facilmente (BAUZYS, 2010).

Em rochas maciças, como os gnaisses do complexo Santa Catarina presentes na área de estudo, cobertas por solos profundos e permeáveis, as possibilidades de deslizamentos são muito grandes.

No município de Rodeio houve o predomínio de movimentos de massa na classe de cambissolo, que é também o tipo de solo mais abundante na área de estudo. O grau de susceptibilidade do cambissolo pode variar em função da sua profundidade, da declividade do terreno, do teor de silte e do gradiente textural.

As áreas de gleissolo, por sua vez, equivalem a áreas planas de planície aluvial. Não foram identificados deslizamentos nesse tipo de solo.

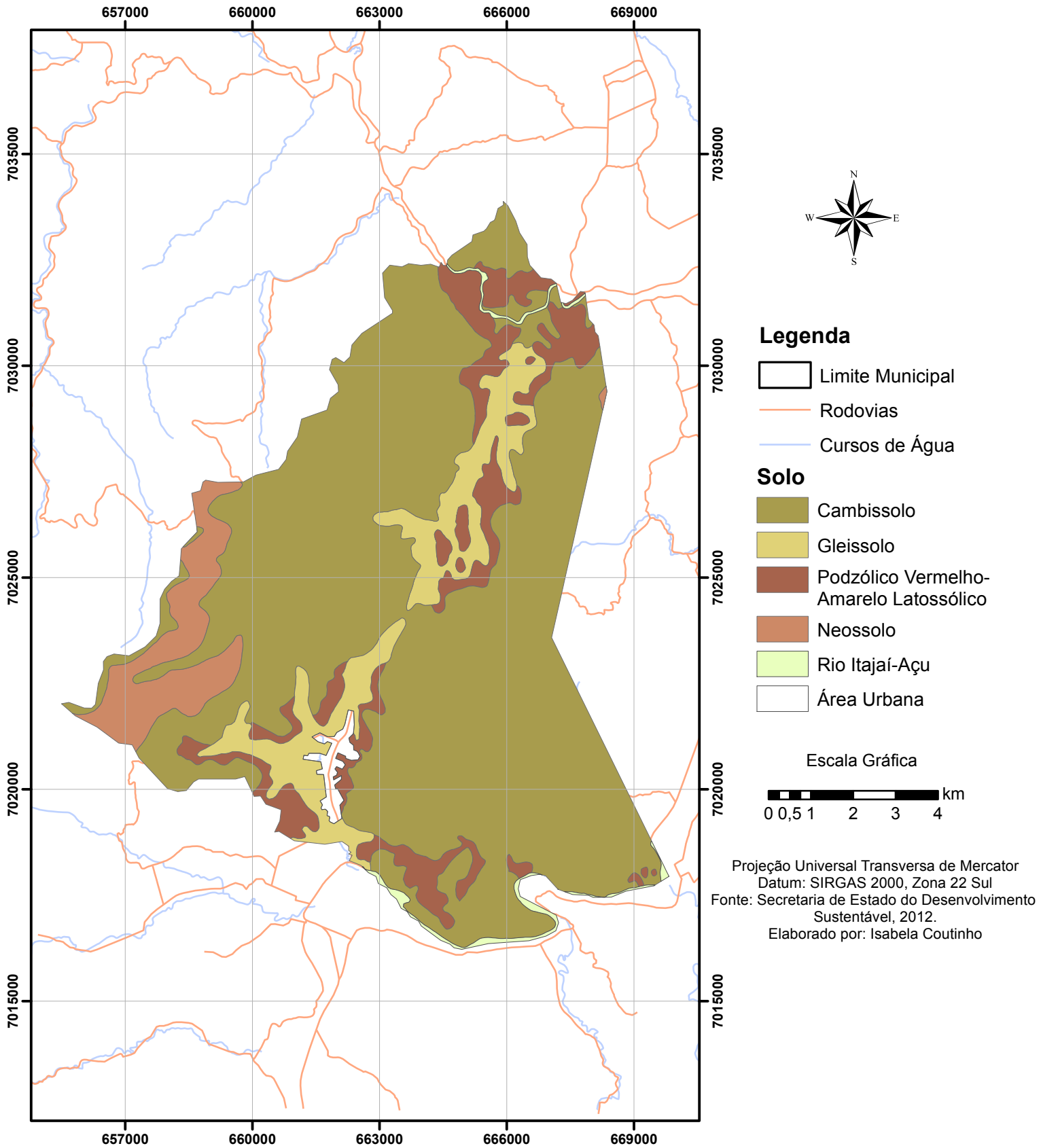
5.3.4. Interação entre Precipitação e Movimentos Gravitacionais de Massa

No Brasil, os movimentos gravitacionais de massa tem real correspondência com os períodos de chuvas intensas e concentradas, relacionando-se com a infiltração de água e a saturação do solo das encostas. A água afeta a movimentação de massa em várias instâncias, como por exemplo: aumentando o peso específico das camadas, reduzindo o nível de coesão e atrito através dos processos mecânicos de poro pressão.

Guidicini e Iwasa (1976) alertam que quando os níveis de pluviosidade são muito altos, podem deflagrar deslizamentos tanto em áreas ocupadas quanto em áreas virgens. Nesse contexto, os demais fatores que contribuem para a instabilidade de uma encosta assumem papéis secundários.

A deflagração de deslizamentos em meio tropical úmido é resposta de uma ação conjunta de chuva precedente e chuva intensa de curta ou media duração. De acordo com Guidicini e Iwasa (1976), dado este cenário, 8% da pluviosidade media anual já são suficientes para provocar deslizamentos generalizados. Os eventos de novembro de 2008 servem para demonstrar essa constatação (ver seção “4.1.4 – Clima e Pluviosidade”).

Mapa de Pedologia de Rodeio



Assim, objetivou-se através da espacialização de dados pluviométricos das estações meteorológicas abaixo apresentadas (Figura 29), verificar a distribuição das chuvas ao longo de parte do Vale do Itajaí, e principalmente no município de Rodeio.

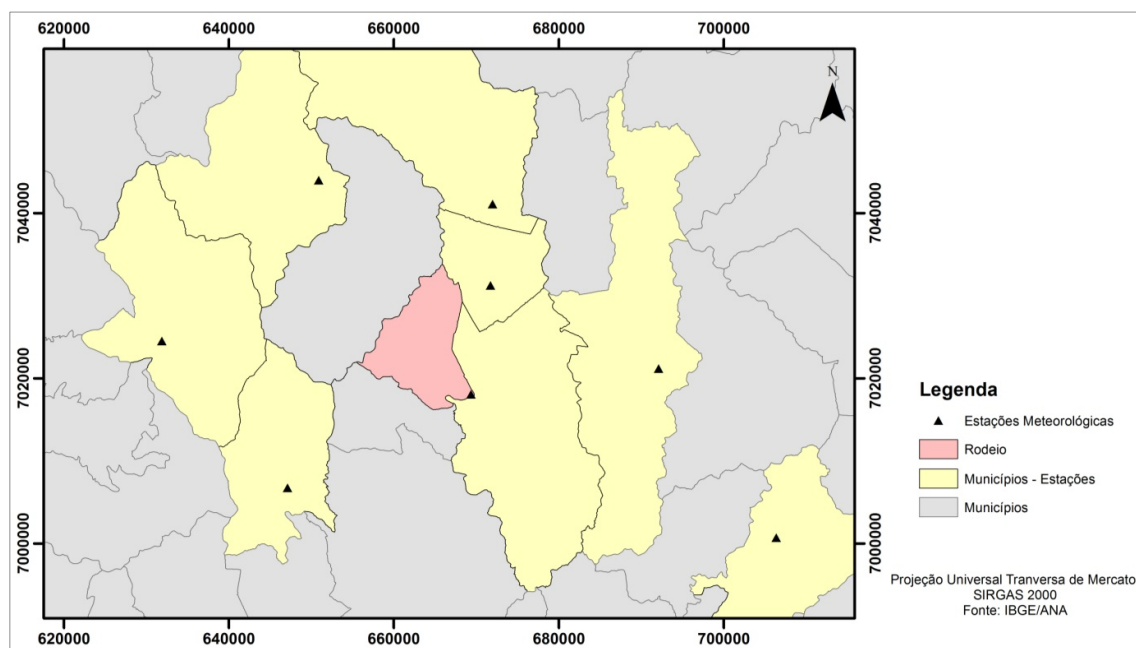


Figura 29. Localização do município de Rodeio e estações meteorológicas utilizadas no estudo.

Foram analisadas oito estações meteorológicas para o estudo (Tabela 1). Dados de precipitação foram consultados através do HidroWeb, disponibilizado pela Agência Nacional de Águas - ANA, todos disponíveis on-line.

Tabela 1. Estações meteorológicas e índices de precipitação acumulados (mm). Fonte: ANA (Hidroweb)

Coordenadas		Precipitação	5 Dias	Localidade
long (UTM)	lat (UTM)	Nov/2008 (mm)	Acumulado (mm)	
669363	7018051	524.2	268.8	Indaial
671722	7031255	798.1	362	Timbó
650889	7043986	394.4	100.2	Benedito Novo
631864	7024503	215	32.2	José Boiteaux
671994	7041101	630.9	247.5	Rio dos Cedros
647108	7006729	273.8	118	Ibirama
706402	7000687	487.4	239.8	Brusque
692114	7021171	1001.2	557.8	Blumenau

Os dados de precipitação foram interpolados para o total mensal de novembro (mês específico do evento), e para cinco dias acumulados, sendo dois dias anteriores ao deslizamento no bairro Ipiranga, o dia do deslizamento e mais dois dias posteriores. A técnica utilizada para a interpolação foi a krigagem (interpolador geoestatístico), por geralmente apresentar os menores erros de interpolação. O emprego da krigagem é voltado para a representação gráfica de dados geográficos, por meio de mapas de isovalores.

No evento de Novembro de 2008, nos dois mapas (Figura 30 e Figura 31), é possível verificar que os menores índices de precipitação ficaram ao sudoeste de Rodeio, e maior concentração de chuvas ocorreu no leste, em acordo com a direção predominante dos ventos.

As chuvas acumuladas no mês de novembro de 2008 no litoral Norte e Vale do Itajai, apresentaram significativas disparidades com as médias: os volumes de chuva estiveram entre 350 e 400% acima do esperado (PARIZOTO, 2014). Outra característica importante do evento extremo de novembro de 2008 foi a sua distribuição geográfica irregular.

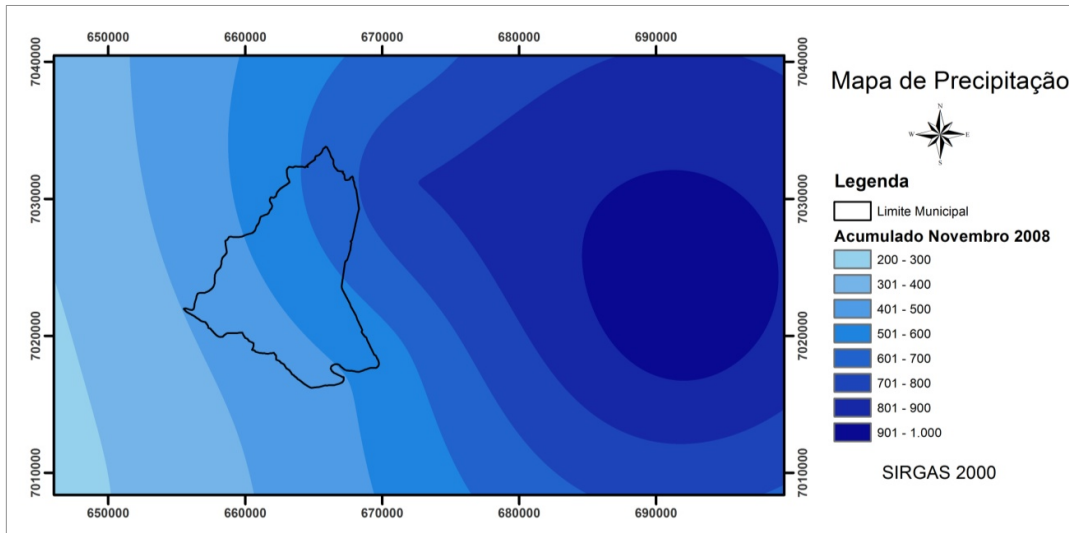


Figura 30. Mapa de precipitação com dados interpolados para o mês de novembro/2008.

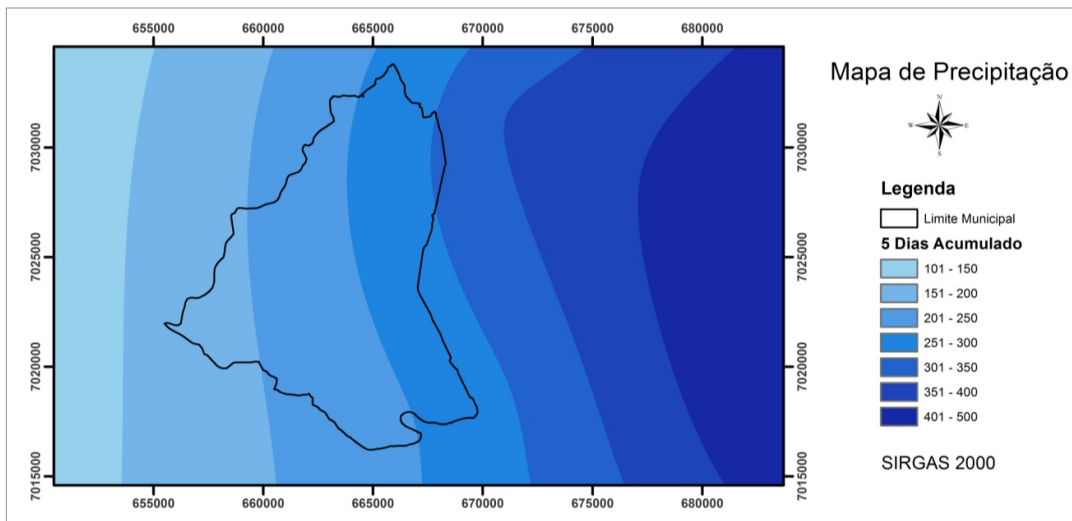


Figura 31. Mapa de precipitação com dados interpolados para 5 dias acumulados.

5.4. Identificação dos Deslizamentos

As cicatrizes dos movimentos de massa na área de estudo foram identificadas e mapeadas com base na interpretação das imagens do ortofoto-mosaico do estado de Santa Catarina, adquiridas através do Levantamento Aerofotogramétrico realizado em 2012 e cedidas pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável (SDS, 2012), no uso do GPS de navegação, e nas informações coletadas em campo, sendo identificadas o total de 3 cicatrizes: 1 ocorrência no bairro Ipiranga, 1 ocorrência no bairro Kaspereit e 1 ocorrência na divisa entre Rodeio e Ascurra.

5.4.1. Deslizamento no bairro Ipiranga

Este deslizamento foi do tipo rotacional em sua ruptura e, encaixado no eixo da drenagem, resultou em uma corrida de detritos de grande porte que percorreu cerca de 500 metros encosta abaixo (Figura 32 e Figura 33). O material deslocado destruiu uma residência e provocou 4 vítimas fatais, chegando a interromper a rua São Pedro Novo, no Bairro Ipiranga. A ruptura desse deslizamento aconteceu em área de mata nativa, bem próxima ao topo da vertente. O evento ocorreu no domínio do ortognaisse Pomerode, em Cambissolo em substrato de gnaiss.

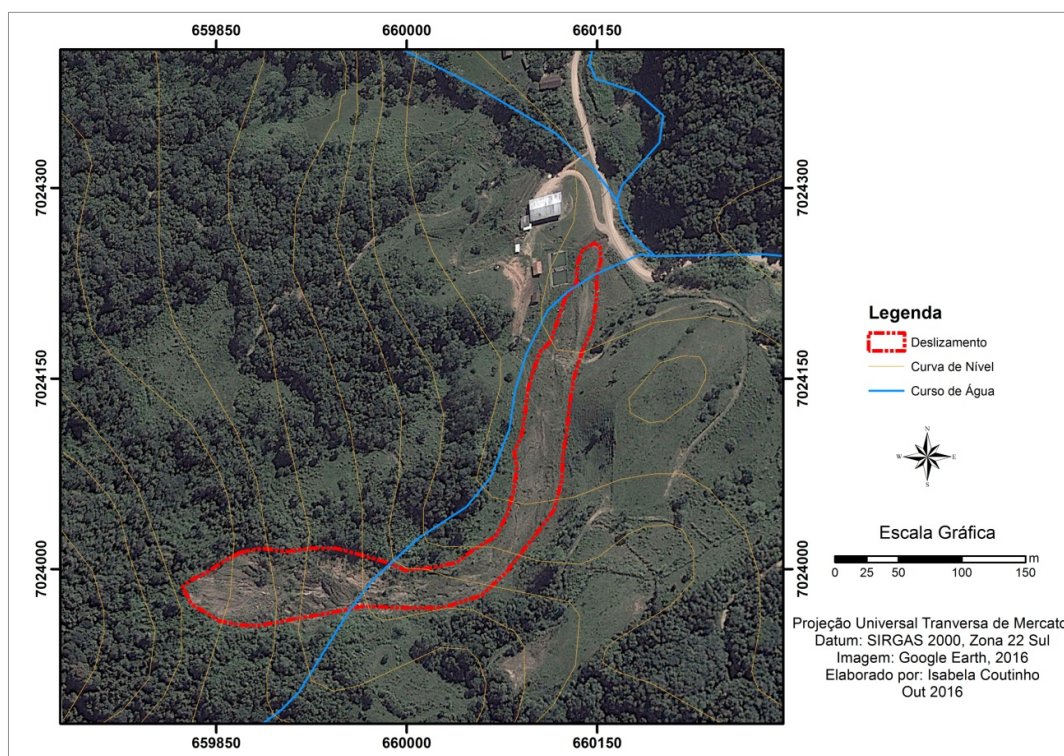


Figura 32. Deslizamento no bairro Ipiranga.



Figura 33. Imagem do Google Earth que mostra a extensão do deslizamento no bairro Ipiranga. Fonte: Google Earth, 2016.



Figura 34. Cabeceira do deslizamento no bairro Ipiranga, com blocos rolados espalhados na encosta. Foto: I. Coutinho, 2016.



Figura 35. Caminho percorrido pelo deslizamento encosta abaixo. Foto: I. Coutinho, 2016



Figura 36. Localização aproximada da residência atingida pelo deslizamento. Foto: I. Coutinho, 2016.

Em visita recente constatou-se que o deslizamento encontra-se ativo, contudo o processo atual predominante são os relacionados a quedas de blocos, desprendidos da encosta exposta pelo deslizamento inicial.

5.4.2. Deslizamento no bairro Kaspereit

Esse deslizamento ocorreu também na unidade geológica do Ortognaisse Pomerode, em uma declividade média de 28° . Alcançou a distancia de aproximadamente 600 metros e embora tenha sido um dos maiores deslizamentos registrados, felizmente não provocou vítimas, somente danos materiais (perda de área cultivada).

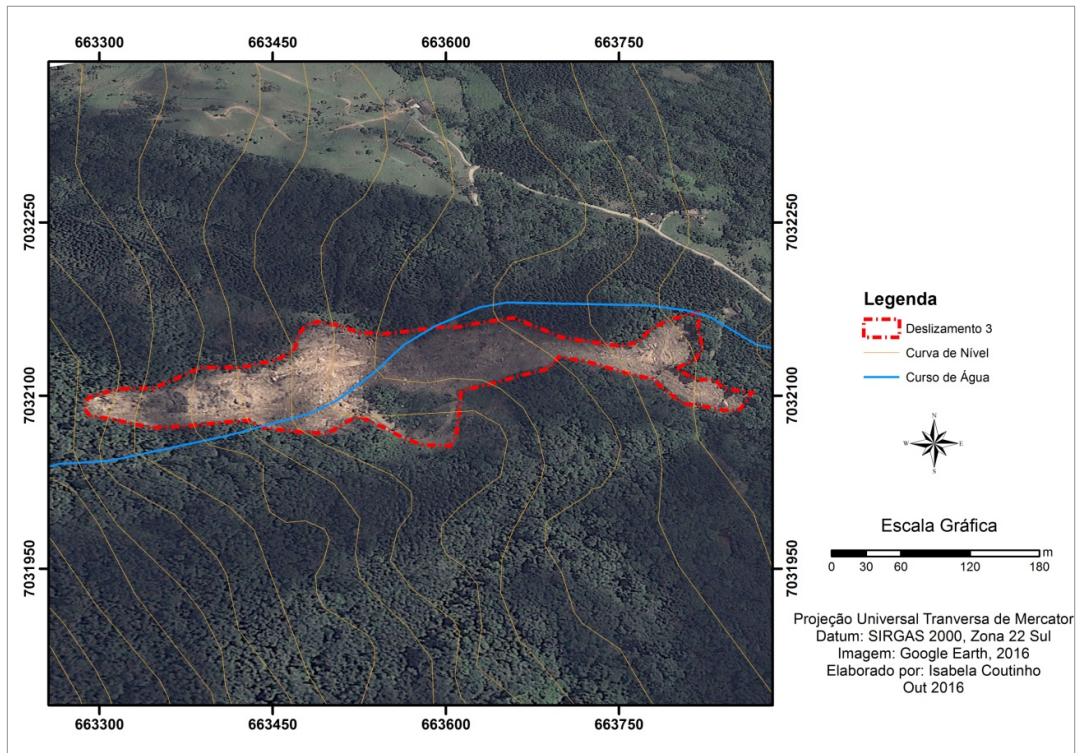


Figura 37. Deslizamento no bairro Kaspereit.



Figura 38. Cabeceira do deslizamento no bairro Kaspereit, indicada pela seta preta.

Nos trabalhos de campo, em visita ao local, foi possível flagrar a construção de um imóvel residencial rural exatamente ao lado do local do fluxo de detritos.

5.4.3. Deslizamento na divisa entre Ascurra e Rodeio

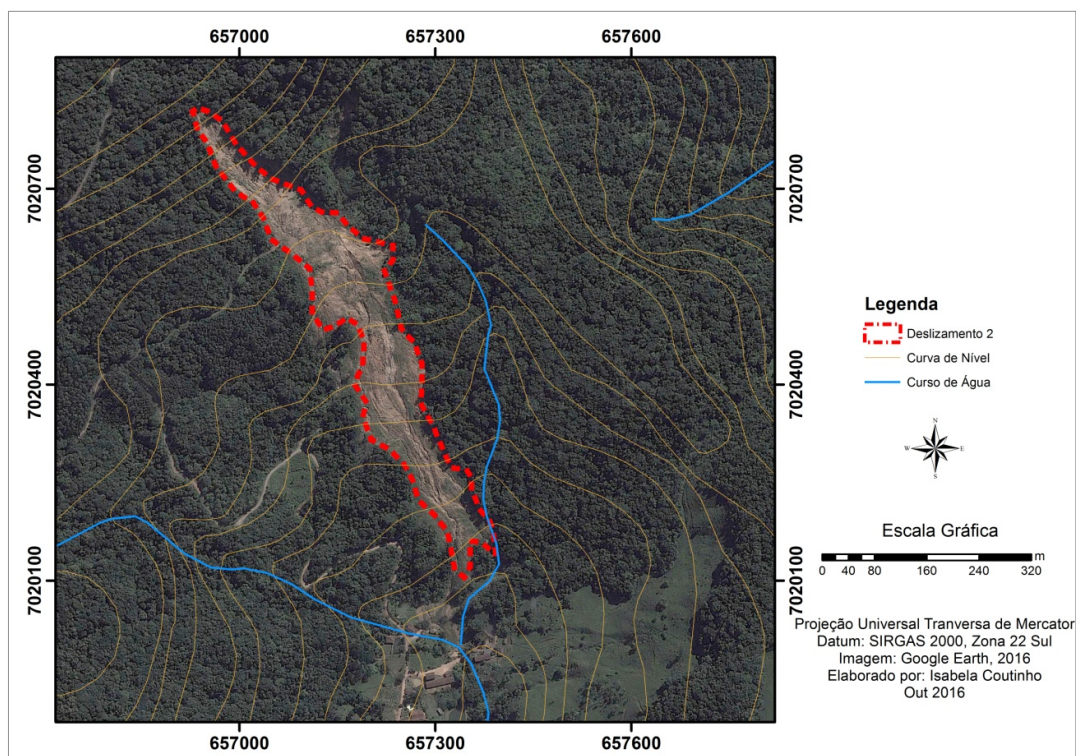


Figura 39. Deslizamento na divisa entre Ascurra e Rodeio.



Figura 40. Imagem do Google Earth que mostra a extensão do deslizamento na divisa entre Rodeio e Ascurra.
Fonte: Google Earth, 2016.



Figura 41. Cabeceira do deslizamento entre Ascurra e Rodeio. Foto: Fernando Schmitt (2011).

Assim como os anteriores, o domínio em que esse deslizamento ocorreu é o do Ortognaisse Pomerode, em uma declividade média de 22° . Alcançou a distancia de 700 metros e provocou 1 vítima fatal.

5.5. Análise de Suscetibilidade a Deslizamentos

Existem vários métodos e técnicas em ambiente SIG que auxiliam na geração de um mapa de suscetibilidade a movimentos de massa. Pesquisadores separaram esses métodos nas seguintes abordagens: (a) mapeamento geomorfológico direto, (b) mapeamento de inventário de deslizamentos, (c) mapeamento por análise heurística, (d) por análise estatística, e (e) determinística (BATHRELLOS; KALIVAS; SKILODIMOU, 2008).

Como visto anteriormente, movimentos de massa são decorrentes de vários fatores físicos. Sendo assim, quase todos os métodos de mapeamento de suscetibilidade atentam para:

- a determinação dos fatores físicos direta ou indiretamente relacionados com a instabilidade da vertente;

- a seleção do sistema de pesos de evidência para todos os fatores e suas classes individuais;
- a estimativa global do papel relativo dos fatores na deflagração dos deslizamentos;
- e o zoneamento final, classificando a superfície de acordo com os diferentes graus de suscetibilidade.

A respeito da escolha dos fatores relacionados à instabilidade da vertente, recomenda-se que os dados a serem empregados estejam prontamente disponíveis ou possam ser facilmente adquiridos. Não existem diretrizes universais em relação a seleção dos fatores, uma vez que um parâmetro pode ser um fator de controle importante para a ocorrência de movimento de massa em uma determinada área, mas não em outra (SHAHABI; HASHIM, 2015). A maioria dos métodos usados para realizar a estimativa global da contribuição de cada um dos fatores de instabilidade são baseados em operações matemáticas que combinam esses fatores e através de análises estatísticas determina a importância de cada um individualmente (BATHRELLOS; KALIVAS; SKILODIMOU, 2008).

Quanto aos pesos de evidência, a metodologia usada nesse trabalho fundamenta-se predominantemente em experiência local, método de tentativa e erro, conhecimentos adquiridos em campo e literatura. A quantidade de deslizamentos do desastre de 2008 em Rodeio e os dados históricos levantados para este trabalho não foram suficientes para que o inventário pudesse auxiliar na atribuição dos pesos.

O objetivo deste estudo é a produção de um mapa de suscetibilidade a movimentos de massa baseado na técnica de álgebra de mapas em ambiente SIG. A validação do modelo e dos mapas produzidos é uma proposta para trabalhos futuros.

A aplicação do modelo de suscetibilidade a movimentos de massa foi realizada em ambiente SIG, no *software* ArcGIS 10.0 *Trial Version*, utilizando as ferramentas da extensão *Spatial Analyst*. Os fatores condicionantes de instabilidade nas vertentes usados nos cálculos estão dispostos no fluxograma a seguir (Figura 42).

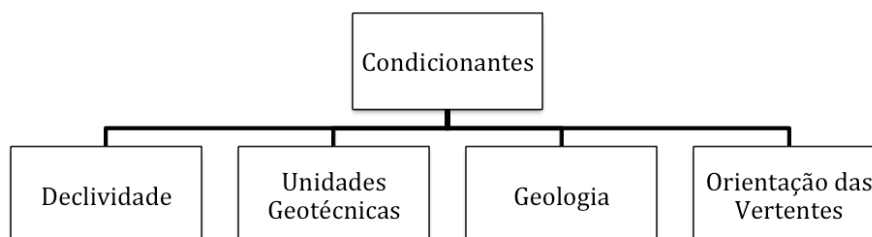


Figura 42. Fluxograma dos fatores utilizados nos cálculos das camadas raster.

Para a aplicação da ferramenta Cálculo de Raster (*Raster Calculator*) do *Spatial Analyst*, valores numéricos foram atribuídos a cada uma das quatro classes de suscetibilidade, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Classes de Suscetibilidade e seus respectivos valores numéricos.

Classes de Suscetibilidade		
<i>Classes</i>	<i>Simbologia</i>	<i>Reclassificação</i>
Baixa	Verde	1
Média	Amarelo	2
Alta	Laranja	3
Muito Alta	Vermelho	4

Cada classe dos fatores de favorabilidade tem diferentes níveis de importância na deflagração dos movimentos de massa, por isso, a avaliação destas classes baseada na suscetibilidade a deslizamentos foi considerada necessária. Para essa classificação foi utilizada a ferramenta *Reclass* do *Spatial Analyst*, que atribui a cada classe novos valores, de maneira a refletir a suscetibilidade de cada um. A seguir são apresentados os trabalhos de reclassificação de cada um dos 4 fatores utilizados nessa análise de suscetibilidade.

Declividade

As classes de declividade, conforme mencionado anteriormente (ver seção 3.1.3), foram divididas em 0-5°, 5-15°, 15-25°, 25-45° e 45-90°. A reclassificação das classes de declividade se deu conforme a Tabela 3, utilizando conhecimentos adquiridos no decorrer dessa pesquisa.

Dias (2000) e Bigarella (2007) concordam que áreas com maior declive apresentam consequentemente maior suscetibilidade a deslizamentos. Fernandes e Amaral (2003) chamam a atenção para o fato de que áreas com declividades muito altas (>45°) não apresentam o maior número de deslizamentos, pois os solos já foram removidos por movimentos anteriores. Ainda, em altas encostas o manto de intemperismo é menos espesso, com diminuição da componente peso.

As classes de declividade foram classificadas como:

- 0-15° baixa suscetibilidade a deslizamentos
- 15-25° média suscetibilidade a deslizamentos
- 25-45° muito alta suscetibilidade a deslizamentos
- 45-90° alta suscetibilidade a deslizamentos

Tabela 3. Reclassificação das classes de declividade nos valores de suscetibilidade.

Declividade	
<i>Classes</i>	<i>Reclassificação</i>
0-5°	1
5-15°	1
15-25°	2
25-45°	4
45-90°	3

Geologia

Entre os aspectos da estrutura geológica considerados para análises de suscetibilidade estão a litologia, os padrões de fraturas e diaclases, o manto de intemperismo, coesão e peso do material que forma a vertente, circulação das águas e esforços e planos de cisalhamento. Cada rocha se comporta de maneira diferente frente aos processos intempéricos.

Os depósitos quaternários preenchem as planícies e por isso foram classificados como baixa suscetibilidade a movimentos de massa, enquanto que as rochas da unidade máfico-ultramáfica Barra Velha estão entre as mais resistentes ao intemperismo, e foram tidas como média suscetibilidade a deslizamentos. As Unidades Ortognaisse Pomerode e Granito Rodeio, assim como o Grupo Itajaí foram classificados como alta e muita alta suscetibilidade a movimentos de massa, pois possuem como característica comum intenso faturamento, clivagem acentuada e em ambientes tropicais essas rochas são altamente intemperizadas e geram solos muito espessos (Tabela 4). Ainda, diversos trabalhos citam inúmeros movimentos de massa nesses tipos de litologias: Bauzys (2010); Bini (2012); Pozzobon (2013); Parizoto (2014).

Tabela 4. Reclassificação das classes da geologia nos valores de suscetibilidade

Geologia	
<i>Classes</i>	<i>Reclassificação</i>
Ortognaisse Pomerode	4
Granito Rodeio	3
Unidade Barra Velha	2
Grupo Itajaí	3
Depósitos Quaternários	1

Unidades Geotécnicas

Os critérios utilizados para a variável solos passam pelas características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas, e profundidade/espessura dos horizontes superficiais e

subsuperficiais. Tais características estão diretamente relacionadas com relevo, litologia e clima, elementos motores da pedogênese e fatores determinantes das características físicas e químicas dos solos (ROSS, 2003). As unidades geotécnicas para a área de estudo foram disponibilizadas pela equipe de geotecnia do projeto, e estão apresentadas na tabela abaixo:

Tabela 5. Simbologia das Unidades Geotécnicas da área de estudo.

Unidades Geotécnicas	
<i>Sigla</i>	<i>Unidade</i>
Cde	Cambissolo Substrato depósito de encosta
Cf	Cambissolo Substrato folhelho
Cga	Cambissolo Substrato gabro
Cgn1	Cambissolo Substrato gnaíse félsico
Cgn2	Cambissolo Substrato gnaíse félsico-milonítico
Cgn3	Cambissolo Substrato gnaíse máfico
PVLf	Podzólico Vermelho Amarelo Latossólico Substrato folhelho
PVLga	Podzólico Vermelho Amarelo Latossólico Substrato gabro
PVLgn1	Podzólico Vermelho Amarelo Latossólico Substrato gnaíse félsico
PVLgn2	Podzólico Vermelho Amarelo Latossólico Substrato gnaíse félsico-milonítico
PVLgn3	Podzólico Vermelho Amarelo Latossólico Substrato gnaíse máfico
Gsq	Gleissolo
Rio	Curso D'água

A atribuição dos pesos para as classes das unidades geotécnicas foi estabelecida reunindo o estudo de Ross (2003), onde ele expõe as classes de fragilidade dos tipos de solos (Tabela 6), e os resultados de cálculo de Fator de Segurança da equipe de geotecnia do projeto (Tabela 7). O resultado está exposto na Tabela 8.

Tabela 6. Classes de fragilidade dos tipos de solos (adaptado de Ross, 2003).

Classes de Fragilidade dos Tipos de Solos	
<i>Classes</i>	<i>Tipos de Solos</i>
Muito Baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo textura argilosa
Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho-Amarelo textura média/argilosa
Média	Latossolo Vermelho-Amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/argilosa
Forte	Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/arenosa e Cambissolos
Muito Forte	Podzolizados com cascalhos, Litólicos e Areias Quartzosas

Essas classes de fragilidade originalmente foram estabelecidas para trabalhos de fragilidade ambiental relacionados principalmente a processos erosivos superficiais, compactação de solos agrícolas e estresse hídrico resultantes da infiltrabilidade. Trabalhos posteriores de Ross relacionam a erodibilidade aos processos de estabilidade das vertentes, resultando na tabela apresentada.

Tabela 7. Fator de Segurança para as diferentes declividades consideradas para os solos associados às litologias presentes na área de estudo.

Unidade Geotécnica	Coordenadas	FS < 1,15
Cf Substrato folhelho	659713/ 7026732	> 24°
PVLga Substrato gabro	659979/ 7021087	> 27°
PVLgn1 Substrato gnaiss fêlsico	660107/ 7020664	> 29°
PVLgn2 Substrato gnaiss fêlsico milonítico	666120/ 7018010	> 24°
PVLgn3 Substrato gnaiss máfico	661997/ 7022149	> 25°
Cde Substrato depósito de encosta	664887/ 7020170	> 27°

O métodos de análise da estabilidade dos taludes foi baseado na teoria do equilíbrio limite, que consiste em analisar as condições mais desfavoráveis das forças que atuam para a instabilização do maciço em comparação com as forças que resistem. Logo, o FS é obtido pela razão entre a soma das forças resistentes ao movimento de massa e das cisalhantes. A tabela acima apresenta as diferentes declividades limites para intervalos de FS menor que 1,15, índice mínimo aceitável na metodologia aplicada ao projeto. Declividades maiores que as apresentadas na tabela determinam a diminuição progressiva do FS. Metodologicamente, o alcance do valor de FS = 1 determina o rompimento do talude. Desta forma cada unidade recebeu a seguinte reclassificação:

Tabela 8. Reclassificação das classes de unidades geotécnicas nos valores de suscetibilidade.

Unidades Geotécnicas			
<i>Classes</i>	<i>Reclassificação</i>	<i>Classes</i>	<i>Reclassificação</i>
Cde	2	PVLga	1
Cf	4	PVLgn1	2
Cga	3	PVLgn2	3
Cgn1	3	PVLgn3	2
Cgn2	4	Gsq	1
Cgn3	4	Rio	0
PVLf	2		

Orientação das Vertentes

Como colocado previamente, a orientação das encostas está indiretamente relacionada à resistência ao cisalhamento em função da quantidade de precipitação e da umidade, que está vinculada à direção dos ventos, à insolação e também à direção preferencial das chuvas que atingem a área em questão (BAUZYS, 2010).

Em acordo com essa afirmação as classes de orientação das vertentes que mais influenciaram na deflagração de movimentos de massa em Rodeio foram as pertencentes aos quadrantes Norte e Leste, conforme a direção preferencial dos ventos no evento de 2008 (ver seção 5.3.2.2) (Tabela 9).

Tabela 9. Reclassificação das classes de orientação das vertentes nos valores de suscetibilidade.

Orientação das Vertentes	
<i>Classes</i>	<i>Reclassificação</i>
N (37,5-22,5°)	3
NE (22,5-67,5°)	4
E (67,5-112,5°)	4
SE (112,5-157,5°)	3
S (157,5-202,5°)	2
SO (202,5-247,5°)	1
O (247,5-292,5°)	1
NO (292,5-337,5°)	2

O entrada das massa durante o evento de 2008 seguiram o padrão Nordeste-Sudoeste. As chuvas mais intensas atingiram as vertentes orientadas a NE, E, N e SE. Desta forma, essas receberam os maiores valores na reclassificação de suscetibilidade.

Determinação final dos pesos e Álgebra de Mapas

A partir da reclassificação dos quatro fatores elencados, a ferramenta *Raster Calculator* foi utilizada para encontrar as classes de maior e menor suscetibilidade a deslizamentos. Essa ferramenta é uma das mais poderosas para manipular arquivos *Raster* no ArcGIS, permitindo a execução de diversos cálculos matemáticos com inúmeros dados de entrada, como *raster datasets* ou *raster layers*, *shapefiles*, tabelas, constantes, e números. Com o *Raster Calculator* foi possível também dar peso a cada fator de influência, conforme mencionado anteriormente, levando em conta experiência da equipe, experiência local, método da tentativa e erro, e conhecimentos adquiridos na literatura (Tabela 10).

Tabela 10. Pesos de cada fator de influência na instabilidade de vertentes.

<i>Fatores</i>	<i>Pesos</i>
Declividade	40%
Geologia	25%
Unidades Geotécnicas	25%
Orientação de Vertentes	10%

Na Figura 43 é apresentada a *interface* da ferramenta, onde foi efetuada a seguinte operação matemática para a geração do *raster* de saída, a carta de suscetibilidade a movimentos de massa:

$$\text{"Reclass_declividade"} \times 0.40 + \text{"Reclass_geotecnia"} \times 0.25 + \text{"Reclass_geologia"} \times 0.25 + \text{"Reclass_orientação"} \times 0.10$$

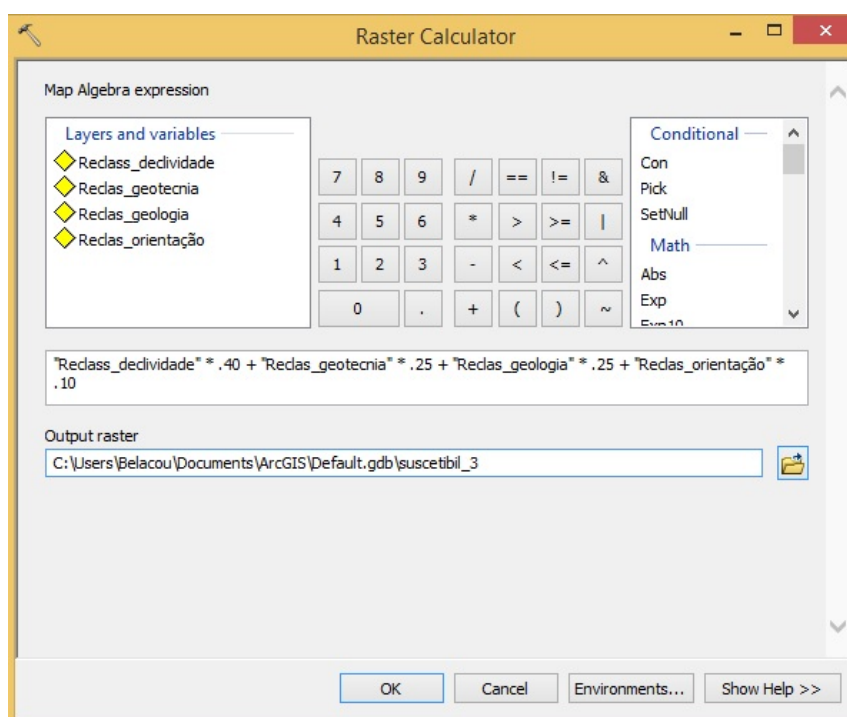


Figura 43. *Interface* da ferramenta *Raster Calculator* com a operação que gera o *raster* de suscetibilidade a movimentos de massa.

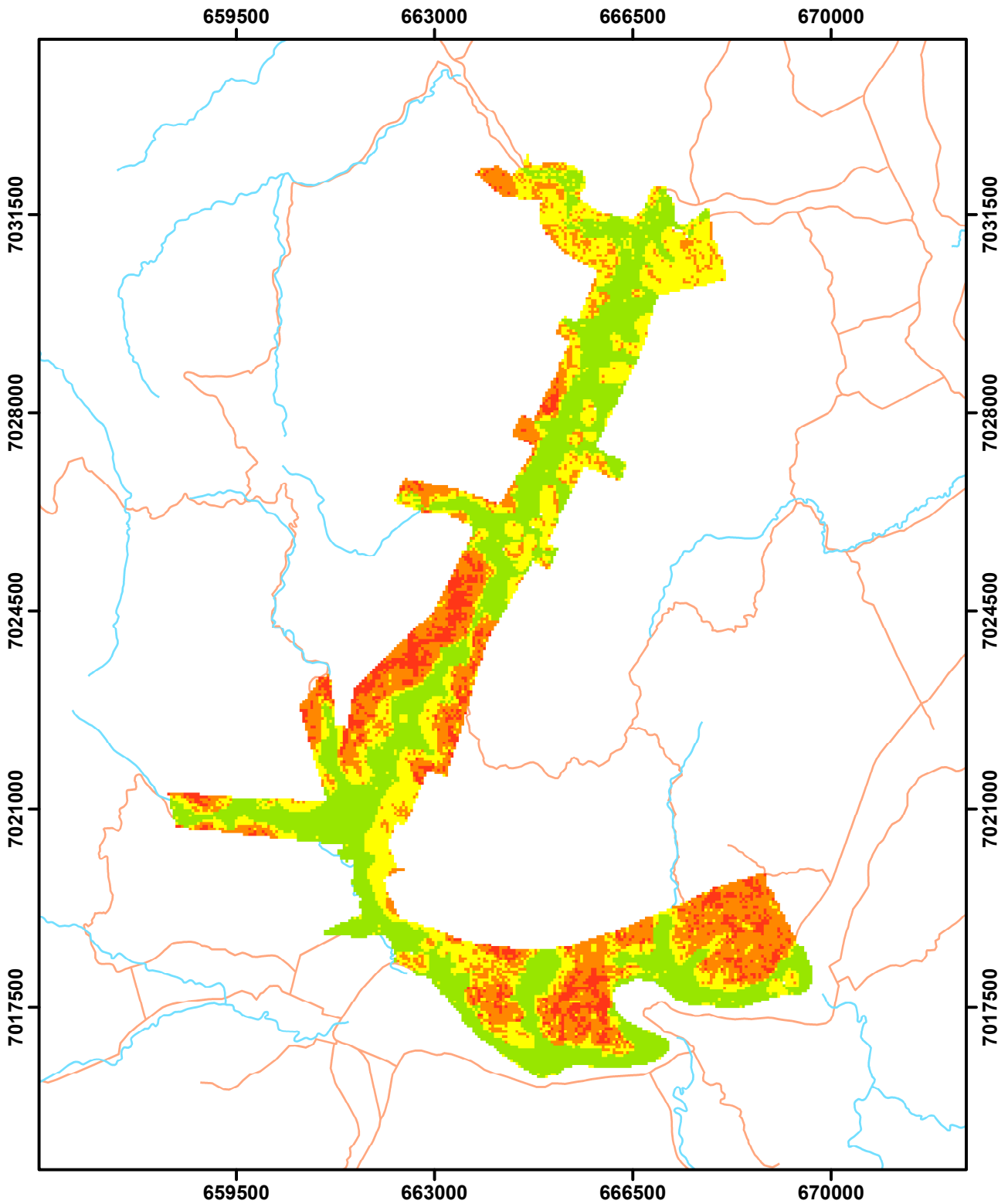
Na página a seguir será apresentado o resultado das operações do *Raster Calculator*, o mapa final de suscetibilidade a movimentos de massa da área urbana do município de Rodeio (Figura 44). Como mencionado anteriormente, a simbologia para as classes segue o seguinte padrão:

- verde para as áreas de baixa suscetibilidade a movimentos de massa;

- amarelo para as áreas de média suscetibilidade;
- laranja para as áreas de alta suscetibilidade;
- vermelho para as áreas de muito alta suscetibilidade.

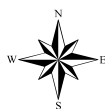
A elaboração do mapa de suscetibilidade permitiu o estabelecimento de zonas homogêneas em relação aos processos físicos e à aptidão urbana na área de estudo. As zonas ou unidades territoriais com alta ou muita alta probabilidade de ocorrência dos processos analisados são consideradas inadequadas para a ocupação urbana permanente; as zonas de média probabilidade de ocorrência traduzem-se por zonas de ocupação permanente condicionada à implantação de cuidados especiais, enquanto as zonas de baixa probabilidade de ocorrência do processo considerado são definidas como adequadas à ocupação urbana permanente.

Mapa de Suscetibilidade a Movimentos de Massa



Classes de Suscetibilidade

- Baixa
- Média
- Alta
- Muito Alta



Conveções Cartográficas

- Cursos de Água
- Rodovias

Escala Gráfica



Elaborado por: Isabela Coutinho
Data: Novembro 2016
Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum: SIRGAS 2000, Zona 22 Sul

6. CONCLUSÕES

O município de Rodeio está localizado em uma região montanhosa, de vertentes altas e declivosas.

A mata nativa ainda recobre uma boa parte desta área. Geologicamente compõe esta região os ortognaisses do Complexo Granulítico Santa Catarina, de forma predominante, e os cambissolos originados desta rocha.

Neste trabalho, em relação às características geomorfológicas, verificou-se que os deslizamentos estão associados principalmente às declividades entre 25 e 45 graus, em encostas orientadas à leste, sendo esta a direção principal do vento no evento de 2008.

Dentre os tipos de solos avaliados, verificou-se uma predominância significativa de cicatrizes em cambissolos. Estes solos tendem a ser mais susceptíveis aos deslizamentos, pelo fato do substrato rochoso constituir uma camada impermeável, favorecendo o encharcamento do solo.

A análise da precipitação no evento de 2008 evidenciou que a chuva excepcional de média duração, precedida por vários meses de chuva mais fraca, foi um agente efetivo na deflagração dos deslizamentos.

A análise de suscetibilidade de Rodeio classificou a área urbana do município em zonas de suscetibilidade à ruptura de movimentos gravitacionais de massa, levando em conta todos os fatores acima mencionados. As áreas de baixa suscetibilidade se concentraram na planície aluvial, em zona de gleissolo; as áreas de média suscetibilidade se concentraram em taludes de até 25 graus de declividade, principalmente em zonas de solo podzólico vermelho-amarelo; as áreas de alta suscetibilidade se concentraram em taludes de mais alta declividade, nas litologias do Granito Rodeio e Grupo Itajaí, com variados tipos de solo; e as áreas de muito alta suscetibilidade, por sua vez, se concentraram em áreas de cambissolo em substrato de gnaiss, vertentes com declividades de 25 a 45 graus e orientadas preferencialmente à leste, norte, nordeste e sudeste.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho fez uma análise da suscetibilidade à movimentos de massa da área urbana do município de Rodeio e apresentou cada fator físico adotado, discutindo-os conforme apresentado no escopo do texto (resultados e discussões). Sua contribuição está na metodologia de tal estudo, utilizando-se métodos e procedimentos já conhecidos, fazendo uso dos Sistemas de Informações Geográficas e apresentando as etapas e operações aplicadas.

A realização desse trabalho proporcionou grande oportunidade de crescimento acadêmico e pessoal, incluindo o avanço no conhecimento a respeito dos métodos de análise de suscetibilidade e como executá-los. Ainda, proporcionou a participação como bolsista no Projeto “Elaboração de Cartas de Aptidão a Urbanização frente a Desastres Naturais”, parceria do Ministério das Cidades com a UFSC, iniciativa de grande importância para o nosso país, que é fortemente atingido por eventos extremos.

É esperado que essa pesquisa, de acordo com as suas possibilidades, realmente possa contribuir com o trabalho que já vem sendo feito no município. Ela está disponível para amparar acompanhamentos e monitoramentos futuros, e há disponibilidade para receber novos dados.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHRENDT, A. **Movimentos de massa gravitacionais-proposta de um sistema de previsão: aplicação na área urbana de Campos do Jordão-SP**. 364p. 2005. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Geotecnia)–Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ARAUJO, P. C. **Análise da suscetibilidade a escorregamentos: uma abordagem probabilística**. 2004. Tese de Doutorado – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, SP. 172p.
- AUGUSTO FILHO, O. **Cartas de risco a escorregamentos: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilha Bela, SP**. 1994. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 150p.
- BAUZYS, Fernanda et al. **Identificação, análise e mapeamento dos movimentos de massa ocorridos em novembro de 2008, no alto da Bacia do Ribeirão Belchior, Gaspar-SC**. 2010.
- BATHRELLOS, G. D.; KALIVAS, D. P.; SKILODIMOU, H. D.. **GIS-based landslide susceptibility mapping models applied to natural and urban planning in Trikala, Central Greece**. *Estud. Geol.*, [s.l.], v. 65, n. 1, p.49-65, 9 dez. 2008. Departamento de Publicaciones del CSIC. <http://dx.doi.org/10.3989/geol.08642.036>.
- BIGARELLA, João José. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais 3**. 2a. ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2007. 552 p
- BINI, Graziela Maziero Pinheiro et al. **Análise dos movimentos de massa nas microbacias fluviais: Saltinho, Belchior Baixo, Sertão e Porto Arraial-Gaspar-SC**. 2012.
- BISPO, P. C. *et al.* **Análise da suscetibilidade aos movimentos de massa em São Sebastião (SP) com o uso de métodos de inferência espacial**. *Geociências (São Paulo)*, v. 30, n. 3, p. 467-478, 2011.
- BRASIL. Celso Santos Carvalho. (Org.). **Mapeamento de Risco em Encostas e em Margem de Rios**. Brasília: Ministério das Cidades/instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007. 176 p.
- BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. **Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC, dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm>. Acesso em: 18 Out. 2015.
- CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. (Org.). **Manual de Planejamento em Defesa Civil, I**. Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Defesa Civil. 1999. 69p.
- CEPED, UFSC. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010: Volume Brasil**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2012.
- CEPED, UFSC. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2012: Volume Santa Catarina**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013.
- COMITÊ DO ITAJAÍ. **Prevenção de Enchentes** [Internet]. Blumenau. Disponível em: <<http://www.comiteitajai.org.br/portal/index.php/prevencaoenchentes.html>>. Acesso em: 19 Out. 2015.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Carta geológica. **Folha Joinville 1:250.000 (SG-22-Z-B)**, 2011.

- CRISTO, S. S. V. **Análise de susceptibilidade a riscos naturais relacionados às enchentes e deslizamentos do setor Leste da Bacia Hidrográfica do Rio Itacorubi, Florianópolis – SC.** 2002. Dissertação de Mestrado – Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 211p.
- DIAS, F. P. **Análise da susceptibilidade a Escorregamentos no bairro Saco Grande, Florianópolis-SC.** 2000. Dissertação de Mestrado – Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 96p.
- DIAS, M. A. F. S.; MINUZZI, R. B. As chuvas de novembro de 2008 em Santa Catarina: um estudo de caso visando a melhoria do monitoramento e da previsão de eventos extremos. **Florianópolis: Ciram–Centro de Informações de Recursos Ambientais e Hidrometeorologia de Santa Catarina,** 2009.
- DOURADO, Francisco et al. **O Megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro: as causas do evento, os mecanismos dos movimentos de massa e a distribuição espacial dos investimentos de reconstrução no pós-desastre.** Anuário do Instituto de Geociências, v. 35, n. 2, p. 43-54, 2012.
- EM-DAT Emergency Events Database. **The OFDA/CRED International Disaster Database.** Disponível em: <[http:// www.emdat.be](http://www.emdat.be)>. Acesso em: 18 out. 2015.
- FERNANDES, Nelson Ferreira. e AMARAL, Cláudio Palmeiro. **Movimentos de massa: uma abordagem geológica-geomorfológica.** In: GUERRA, Antonio José Teixeira e CUNHA, Sandra Baptista da. Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003, p. 123-186.
- FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais.** Oficina de Textos, 2016.
- GUIDICINI, G.; IWASA O.Y. **Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamentos em meio tropical úmido.** São Paulo: IPT. Publicação no. 1080. 1976, 48 p.
- GYSI, H. **Orographic influence on the distribution of accumulated rainfall with different wind directions.** Atmospheric Research. Vol 47-48, pp 615-633 (1998).
- HIGHLAND, L.M., and BOBROWSKY, Peter, 2008, **The landslide handbook—A guide to understanding landslides.** Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 129 p.
- KOBIYAMA, Masato et al. **Introdução à Prevenção de Desastres Naturais.** Florianópolis: GEDN, 2004. 57p.
- KORMANN, A. C. M.; SESTREM, L. P.; PRETTO, J. H. F. **Comportamento de Encostas no Estado de Santa Catarina: Revisão de Mecanismos Geológico-Geotécnicos e Estudo de Caso.** In: GEOSUL, 9., 2013, Criciúma. Anais... . Criciúma: Abms, 2013. Disponível em: <<http://www.abms.com.br/links/bibliotecavirtual/geosul2013criciuma/2013-kormann-sestrem.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2016.
- MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. **Lançado Plano Nacional para a prevenção de desastres** [Internet]. Governo Federal – 2012 Ago 08. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/noticia/c1619715>>. Acesso em: 21 Out. 2015.
- PARIZOTO, Daniel Galvão Veronez. **Contribuição dos diferentes fatores aos processos de deslizamento e a influência antrópica no nível de danos do desastre de 2008: o caso do complexo do Morro do Baú - Ilhota/SC.** 2014. 304 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, GCN-UFSC, Florianópolis, 2014.
- PINTO, Roberto Carlos; PASSOS, Everton; CANEPARO, Sony Cortese. **Classificação dos movimentos de massa ocorridos em março de 2011 na Serra da Prata, Estado do Paraná.** Geoinf: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia, v. 4, n. 1, p. 3-27, 2012.

PINTO, Roberto Carlos; PASSOS, Everton; CANEPARO, Sony Cortese. **Mapeamento de suscetibilidade aos movimentos de massa com uso da Avaliação Multicritério pelo método da Média Ponderada Ordenada**. Caderno de Geografia, v. 25, n. 43, p. 116-143, 2015.

RODEIO. Prefeitura Municipal. **Conheça a história de Rodeio**. 2015. Disponível em: <<http://www.rodeio.sc.gov.br/cms/pagina/ver/codMapaItem/55388#.V-F2Jzt2Q7w>>. Acesso em: 05 jun. 2016.

ROSA, Otacílio da; e HERMANN, Maria Lúcia de Paula. **Geomorfologia**. In: Atlas de Santa Catarina, Cap. B. Aspectos Físicos, p.31-32. GAPLAN. Rio de Janeiro, RJ. 1986.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. **Geomorfologia Aplicada aos EIA-RIMAs** In: GUERRA, Antonio José Teixeira e CUNHA, Sandra Baptista da. Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003, p. 291-336.

SAITO, S. **Estudo analítico da suscetibilidade a escorregamentos e quedas de blocos no maciço central de Florianópolis-SC**. 2004. Dissertação de Mestrado – Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 133p.

SEVEGNANI, Lucia; FRANK, Beate. **Desastre de 2008 no Vale do Itajaí: água, gente e política**. Blumenau: Fundação Agência de Água do Vale do Itajaí (SC), 2009. 191p. ISBN 9788561460051

SOBREIRA, F. G.; SOUZA, L. A. **Cartografia Geotécnica Aplicada ao Planejamento Urbano**. Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. São Paulo, v. 2, n. 2, p. 79-98. 2012.

SOUZA, L. A.; SOBREIRA, F. G. **Guia Para Elaboração de Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização Frente aos Desastres Naturais**. 1. ed. , 2014. v. 1. 68p. 2014. Disponível em:< http://www.abge.org.br/uploads/imgfck/file/GUIA_APTIDAO_A_URBANIZACAO_SOUZA_E_SOBREIRA_2014.pdf>. Acesso em: 18 out. 2015.

TOMAZZOLI, Edison Ramos. **Caracterização geológico-geomorfológica dos movimentos de massa ocorridos no vale do Itajaí (Estado de Santa Catarina): Brasil: em novembro de 2008**. Para desenvolver a Terra: memórias e notícias de Geociências no espaço lusófono, 2012.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosângela do (Org.). **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir**. 2. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012. 196 p.

UNISDR (Suíça). **Terminology on Disaster Risk Reduction**. Genebra, 2009. 30p

WIDNER, W; CAMOZZATO, E, TONIOLO, J.A, BINOTTO, R.B, IGLESIAS, C.M.F., LAUX. J.H. **Mapa geológico do estado de Santa Catarina**. Porto Alegre. CPRM. 2014. Escala 1:500.000. Programa Geologia do Brasil. Subprograma de Cartografia Geológica Regional.