

Áreas suscetíveis a deslizamentos na área urbana do município de Três Coroas (RS)

Eduardo Samuel Riffel¹
Laurindo Antonio Guasselli²

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Av. Bento Gonçalves nº 9500, 91501-900- Porto Alegre - RS, Brasil
¹ edriffel@gmail.com,
² laurindo.guasselli@ufrgs.br

ABSTRACT

This work consists of a study conducted in the municipality of Três Coroas – RS. Recent occurrences of mass movements and their relationship to the risk areas established by CPRM were analyzed. From modeled geomorphological maps, geomorphological units, slope and altimetry, we sought to identify patterns in the occurrence of landslides. Also aimed to analyze the relationship of the occupation to the occurrence of such disasters, including other factors that are related to mass movements. From the pattern of occurrence of mass movements identified in the county, was made a map of susceptible to mass movement areas, divided into 3 classes: high, medium and low susceptibility, and it was related to the risk areas of the municipality. It was observed that some of the occurrences of mass movements are located in areas of concave slopes, and steep slopes, except for occurrences that have large anthropogenic influences, which are located on convex slopes. A fact that can be explained by the type of occupation of the area, which occurs mainly in convex slopes and steep slopes, influenced by the topography of the region. One can also see a list of occurrences of landslides and results areas as susceptible to the risk areas established by CPRM, explained by the fact that the occupations will generally give in areas of high slope.

Keywords: risk areas, mass movements, remote sensing, áreas de risco, movimentos de massa, sensoriamento remoto.

1. Introdução

Os desastres naturais constituem hoje um dos principais problemas socioeconômicos mundiais. Entre os fenômenos de maior ocorrência estão os deslizamentos, inundações e terremotos. O levantamento e a análise da espacialização das áreas de ocorrência de movimento de massa podem contribuir com propostas metodológicas para avaliar a ocorrência de padrões de comportamento e dinâmica desses processos no sentido de definir áreas suscetíveis e estabelecer zoneamentos, proporcionando ferramentas indispensáveis para reduzir os riscos ambientais, Scheuren, (2008).

O levantamento das áreas de ocorrência e a aplicação de metodologias adequadas se tornam urgentes, no sentido de buscar a produção de conhecimento científico fornecendo elementos como a representação espacial dos processos das áreas de ocorrência de desastres naturais.

No município de Três Coroas, localizado na bacia do rio dos Sinos (RS), há uma recorrência de desastres naturais decorrentes de altos índices pluviométricos associados à ocupação e expansão urbana em encostas que apresentam alta declividade, PROSINOS (2012).

A partir de um mapeamento morfométrico no município, foram identificadas áreas suscetíveis a movimentos de massa, utilizando dados referentes a declividades, unidades geomorfológicas e modelados geomorfológicos.

O CPRM ou Serviço Geológico do Brasil vem realizando um projeto denominado Ação Emergencial para Reconhecimento de Áreas de Alto e Muito Alto Risco a Movimentos de Massa e Enchentes no Brasil. O município de Três Coroas é um desses municípios com maiores índices de ocorrências de desastres naturais, CPRM (2012), Defesa Civil-RS (2013).

Este trabalho visa comparar as áreas identificadas no mapeamento realizado a partir de dados de Sensoriamento Remoto, com as áreas mapeadas como de risco pelo CPRM, identificadas em campo. Busca-se verificar a capacidade do mapeamento de suscetibilidade expressar a real situação do município de Três Coroas o em relação às áreas de risco.

2. Metodologia de Trabalho

Para alcançar o objetivo proposto se buscou analisar dados pré-existentes sobre as ocorrências de movimentos de massa, em jornais, sites de notícias, e site da Defesa Civil. Foram adquiridas e georreferenciadas imagens de satélite do sensor Landsat/TM, obtidas a partir da base de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE - no sítio www.inpe.br. Também foi utilizada uma imagem do satélite *IKONOS II*, utilizada pelo CPRM e imagens de radar do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), modelo de elevação com resolução espacial de 90 m, disponibilizados pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>. Para o processamento das imagens digitais e a geração de uma base digital foi utilizado o software *ArcMap 9.3*;

Em expedições de campo foram obtidos dados referentes à localização de cicatrizes de movimentos de massa. Para cada ponto identificado foram coletadas suas coordenadas UTM através de um receptor GPS de precisão Leica SR-20. Os trabalhos de campo tiveram o acompanhamento da Defesa Civil e do corpo de bombeiros do município.

Foi realizada uma caracterização da área com base em dados morfométricos. Inicialmente a partir de imagem do radar SRTM foram extraídas curvas de nível como base para geração de mapas temáticos, utilizando a ferramenta *Spatial Analyst* do software *ArcMap 9.3*. Foram confeccionados mapas de Unidades Geomorfológicas, Modelados Geomorfológicos, declividade e altimetria.

Fez-se um cruzamento dos pontos de ocorrência de movimentos de massa, com dados obtidos a partir do SRTM, (unidades geomorfológicas, modelados geomorfológicos e declividade). Esses cruzamentos objetivaram identificar a existência de padrões nas ocorrências de movimentos de massa, foi utilizada uma média ponderada, executada na ferramenta *Raster Calculator*, do ArcMap.

A definição de suscetibilidade tomou como base os padrões encontrados nas áreas com ocorrência de movimento de massa. Foi atribuído um peso para cada variável de acordo com seu padrão de ocorrência e sua importância na área de estudo às unidades geomorfológicas, foi atribuído um peso menor (peso 1); aos modelados geomorfológicos, foi atribuído um peso intermediário, (peso 2); e a declividade, que apresentou a maior influência, foi atribuído maior peso (peso 3), principalmente pela importância da linha de escarpa na ocorrência dos deslizamentos. A partir da ferramenta *raster calculator*, cada pixel possui um valor atribuído de acordo com sua recorrência, e assim no mapa final de suscetibilidade o resultado da soma gera três classes de suscetibilidade: alta suscetibilidade = valor 3 (cor marrom escuro); média suscetibilidade = valor 2 (cor amarela); baixa suscetibilidade = valor 1 (cor amarela clara).

O trabalho realizado pelo CPRM consistiu na setorização de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes que foi executada com o apoio da Defesa Civil do município e do Corpo de Bombeiros. Os trabalhos de campo consistiram na identificação da tipologia de processo, delimitação do polígono de risco e identificação do número de moradias ameaçadas. Foram identificados 24 setores relacionados a processos de inundação, enxurrada, deslizamentos planares, corrida de detritos, rolamento de blocos e erosão de margem (solapamento).

3. Resultados e Discussão

Segundo CPRM (2012) Três Coroas está situada em uma região com características geológicas e geomorfológicas que configuram ambientes com grande suscetibilidade a processos geológicos do tipo movimentos de massa e inundações. O município ocupa uma área que secciona transversalmente o vale do rio Paranhana, englobando tanto as suas cabeceiras e de seus afluentes, os Arroios Quilombo, Moreira e Lavrado, como as suas planícies de inundação. O contexto geológico é constituído por arenitos da Formação Botucatu, nas porções inferiores a médias das encostas, recobertos por rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, Lemos (2014), Martins (2013). O contato entre os dois tipos de rochas é, em geral, encoberto por depósitos de tálus, constituído por blocos de rocha imersos em matriz argilosa. Nas planícies do Rio Paranhana e de seus tributários correm depósitos aluvionares.

No município de Três Coroas foram registradas 09 ocorrências de deslizamentos, com as seguintes características:

- a. 06 ocorrências de deslizamento planar. Essas ocorrências se caracterizam por rampas de comprimentos maiores do que suas larguras, Bressani (2013).
- b. 03 ocorrências de corridas de detritos. A corrida de detritos se caracteriza por uma linha de drenagem bem definida, com alto poder de transporte de materiais, no caso da Vila Shell foram 2 deslizamentos planares que evoluíram para corrida de detritos, Bressani (2013).

Segundo o Corpo de Bombeiros voluntários de Três Coroas, esses deslizamentos ocorreram em janeiro e setembro de 2010.

Em todas as áreas de deslizamento a ocupação humana é significativa, ocorrem cortes no terreno em áreas de alta declividade retirando a sustentação do solo, aliado ao solo pouco espesso sobre um substrato rochoso. Nessas áreas normalmente se desloca material sob grande velocidade, quando da ocorrência de episódios de eventos pluviométricos extremos, nessas datas de eventos, a estação automática de Canela-RS indicou aproximadamente 103 mm de precipitação segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia.

A partir da análise dos mapas de declividade e de tipos de modelados geomorfológicos, foi possível identificar padrões nas ocorrências de movimentos de massa. A variável declividade é um fator preponderante em áreas de deslizamentos e áreas suscetíveis a movimentos de massa, Nunes (2008) Coelho Netto, (2011), Gramani (2013), Riffel e Guasselli (2013). No caso de Três Coroas, praticamente toda área possui declividade alta, caracterizada pelas condições do terreno.

Os modelados geomorfológicos também possuem relação com os padrões de ocorrência para as classes de morros e colinas com topos convexos, principalmente onde existe uma mudança da condição geomorfológica, Riffel (2012). Entretanto, essa relação contribui em menor escala, se comparado com a declividade e as unidades geomorfológicas, Figura 1.

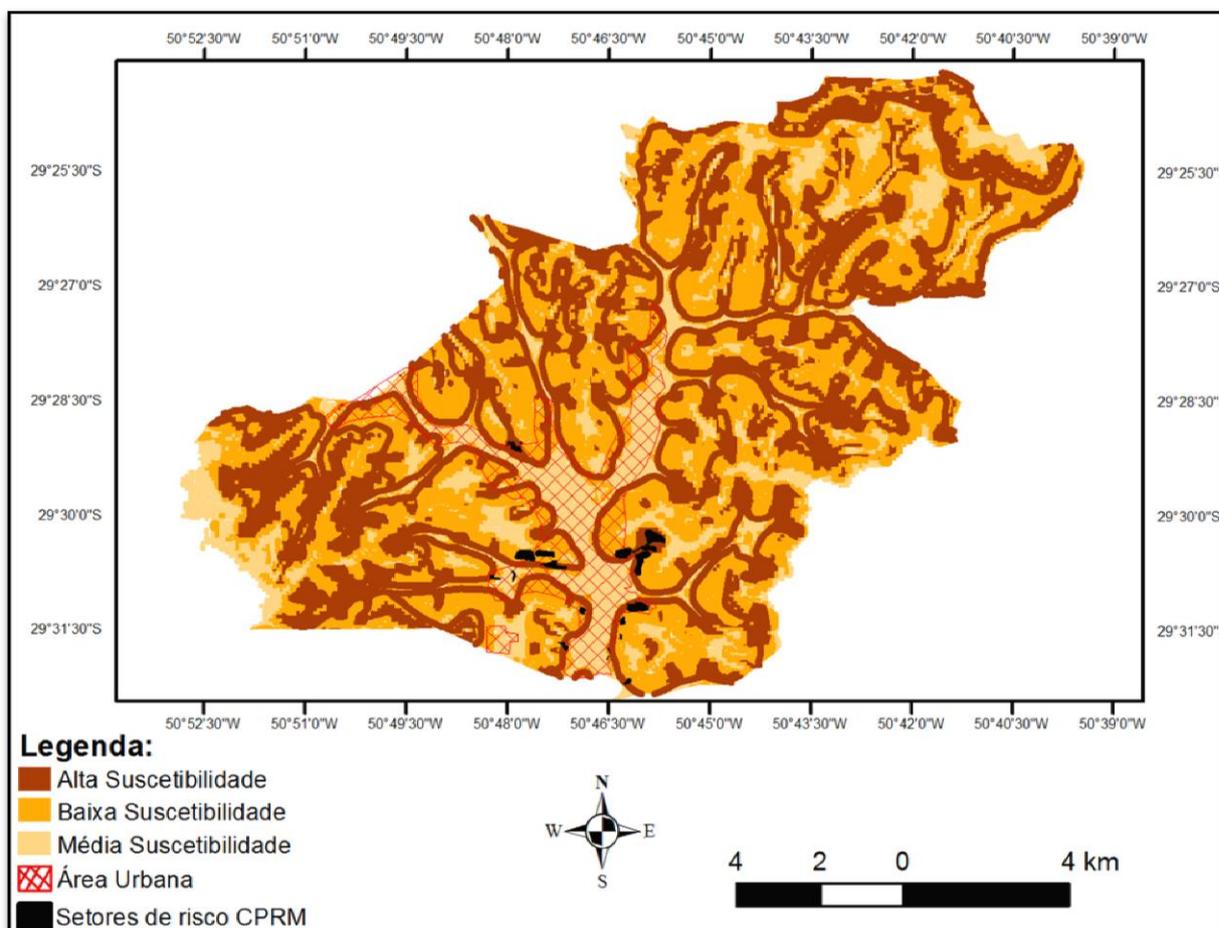


Figura 1- Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa em Três Coroas - RS

Constata-se também a partir dos tipos de modelados geomorfológicos, que as ocorrências obedecem a um padrão. Aquelas que possuem baixa intervenção antrópica ocorreram em vertentes côncavas, mais suscetíveis ao acúmulo de água por serem convergentes. Embora existam poucos registros de deslizamentos fora da área urbana, por não causarem perdas socioeconômicas, as características do relevo tornam a área suscetível à ocorrência de uma grande quantidade de deslizamentos. E aquelas que possuem maior intervenção antrópica ocorreram, na sua maioria, em vertentes divergentes e convexas. Essa relação também foi observada em campo, sendo que a maior parte das áreas ocupadas e com alta declividade se localizam em vertentes convexas e/ou planas.

O mapeamento realizado pelo CPRM indicou 24 setores de risco e alto risco a movimentos de massa e enchentes em Três Coroas, conforme Figura 2. Destes setores 13 são suscetíveis principalmente a deslizamentos. Se comparados os dados do CPRM com os identificados no mapa de suscetibilidade, percebe-se que a maioria se sobrepõe, principalmente, onde a declividade é o fator principal para a deflagração do movimento de massa.

Nos setores onde predominam as declividades médias existe divergência entre os setores do CPRM e do mapeamento de suscetibilidade. O fator principal é ocupação urbana, localizada em áreas de vertente convexa, normalmente de ocupação irregular, com cortes no terreno e retirada de vegetação.

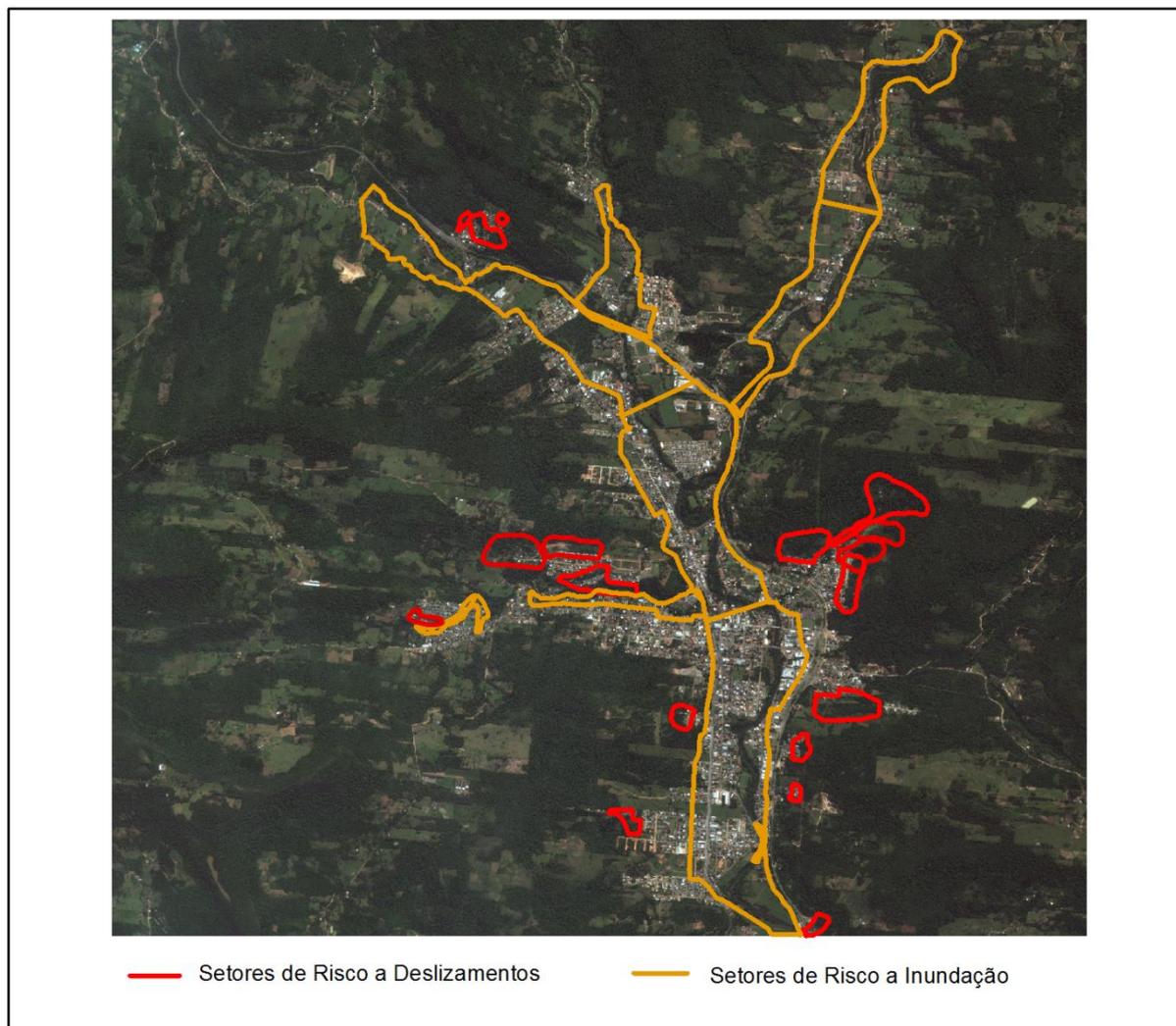


Figura 2- Setores de risco do CPRM no município de Três Coroas - RS.
Fonte: CPRM, 2012

Das 15 áreas do CPRM indicadas como de risco a deslizamentos, 11 foram consideradas de muito alto risco. O mapeamento de suscetibilidade também identificou essas mesmas 11 como de alta suscetibilidade a deslizamentos. O que corresponde a 75% de acerto na indicação, se for considerado apenas a alta suscetibilidade.

Das outras 4 áreas, 3 classificadas pelo CPRM como de muito alto risco e 1 de alto risco, foram mapeadas como de média suscetibilidade. Destas 2 são ocorrências de deslizamento do tipo queda de blocos. Levando em consideração que o mapeamento de suscetibilidade utilizou principalmente dados geomorfológicos, os resultados se mostram satisfatórios visto que a queda de blocos possui maior relação com fatores geológicos e não com fatores geomorfológicos.

Nesses 4 setores, o tipo de ocupação é o principal agente deflagrador do deslizamento. Já que todos eles estão localizados próximos a uma linha de escarpa que representa uma mudança abrupta do relevo, mas que possuem declividade moderada, Oliveira et al, (2012) . A ocupação é do tipo corte e/ou aterro, CPRM (2013), com construções muito próximas (menos de 1 metro) dos cortes feitos no solo, Figuras 3 e 4.



Figuras 3 e 4- Residências em área de risco próximas a corte realizado no solo.
Fonte: CPRM, 2012.

Nas áreas ocupadas de alto risco, localizadas principalmente nas bordas da mancha urbana, ocorre um aumento da elevação e da declividade. Essa ocupação ocorre devido a falta de áreas destinadas a expansão urbana. A população tende a ocupar as encostas devido à falta de informação por parte das autoridades referente ao risco de deslizamentos. Por outro lado, em Três Coroas as inundações são muito frequentes. Como restam poucas áreas adequadas a ocupação urbana, a população se transfere das áreas mais planas, sujeitas a inundações, para as áreas mais íngremes, sujeitas a movimentos de massa.

4. Conclusões

A declividade é um dos principais fatores desestabilizadores, causadores de movimentação de massa em Três Coroas, aliado ao fator pluviométrico e geomorfológico. Ocorre uma combinação das características físicas, somadas as alterações antrópicas da encosta, que leva a movimentação.

A metodologia utilizada se mostrou eficaz em identificar padrões de ocorrência de movimentos de massa. No entanto em estudos futuros, outras variáveis devem ser utilizadas, tais como vegetação, solos e geologia.

Comparativamente a metodologia se mostrou eficaz, visto que classificou os setores de risco a deslizamentos identificados pelo CPRM como sendo de alta suscetibilidade a deslizamentos.

5. Agradecimentos:

Prefeitura Municipal de Três Coroas, Defesa Civil de Três Coroas, Bombeiros Voluntários de Três Coroas. À CPRM, Carlos Augusto Peixoto, José Leonardo Andriotti, Ana Claudia Viero, Simone Zwirtes.

6. Referências

Bressani, L. A. Geotecnia aplicada à prevenção de desastres. In: Guasselli, L. A. Oliveira, G. G. Alves, R. C. M. (Org.). **Eventos extremos no Rio Grande do Sul: inundações e movimentos de massa**. Porto Alegre: Editora Evangraf, 2013. cap. 08, p.163-178.

Bispo, P.C.; Almeida, C.M.; Valeriano, M.M.; Medeiros, J.S. Crepani E. Avaliação da suscetibilidade aos movimentos de massa na região de São Sebastião-SP com o uso de técnicas de geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p.3583-3590. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. (INPE-15824-PRE/10434). Disponível em: < <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.16.07.45/doc/3583-3590.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2014.

Coelho Netto, A., Sato, A., Avelar, A., Vianna, L., Araújo, I., Ferreira, D., Lima, P., Silva, A., Silva, R. **January 2011: the extreme landslide disaster in Brazil. Proceedings of the Second World Landslide Forum** – 3-7 October 2011, Rome

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Ação Emergencial para Reconhecimento de Áreas de Alto e Muito Alto Risco a Movimentos de Massa e Enchentes**. Porto Alegre/RS, 2012, 50p.

DEFESA CIVIL RS. **Consulta a dados de ocorrências de desastres naturais no estado do Rio Grande do Sul**. Disponível em < http://www.defesacivil.rs.gov.br/consulta_convenios.html> Acesso em: 21/08/2013

Gramani, M. F. A corrida de detritos (debris flow) no Ribeirão Cágado, Serra do Mar, Município de Cubatão, SP. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE ENCOSTAS, 6., 2013, Angra dos Reis. **Anais...** Angra dos Reis: 2013, impresso, 125-158p.

Lemos, A. C. **Análise Geológica-Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Paranhana -RS para o reconhecimento de ambientes vulneráveis**. 2014. 102 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2014.

Martins, P. A. **Mapeamento das áreas suscetíveis a deslizamentos no perímetro urbano de Igrejinha - RS** 2014. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2013.

Nunes, A.L.L.S. (2008) Estabilidades de Taludes Rochosos em Estradas, In: 6º Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica da Região Sul, Geosul'2008, ABMS, Florianópolis, Santa Catarina, **Anais...** Florianópolis, 2008, impresso, 1-11p.

Oliveira, G.G.; Valente, P.T.; Guasselli, L.A. Espacialização das áreas de inundação nos municípios de Igrejinha e Três Coroas, bacia hidrográfica do rio Paranhana/RS. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia (SINAGEO), 9., 2012, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2012. Artigos, CD-ROM

PROSINOS, **Caracterização Socioambiental da região da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. 2010. Disponível em: <http://www.portalprosinos.com.br/altas/conteudo_saofrancisco.php?id=geociencias_saofrancisco> Acesso em: 24/10/2013.

Riffel, E.S. **Análise e mapeamento das ocorrências de movimentos de massa na bacia hidrográfica do Rio Paranhana (RS)** 2012. 121 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2012.

Riffel, E. S. e Guasselli, L. A., Mapeamento de áreas suscetíveis a movimentos de massa na bacia hidrográfica do Rio Paranhana-RS. In: Guasselli, L. A. Oliveira, G. G, Alves, R. C. M. (Org.). **Eventos extremos no Rio Grande do Sul: inundações e movimentos de massa**. Porto Alegre: Editora Evangraf, 2013. cap. 06, p.121-140.

Scheuren, J.M.; Polain De Waroux, O.; Below, R.; Guha-Sapir, D.; Ponserre, S., et al. **Annual Disaster Statistical**. In: Review The Numbers and Trends 2007, 200p.