

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES

PRODUTO 2.9. IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A
CORRIDAS DE DETRITOS - ESCALA REGIONAL.

RF
RELATÓRIO FINAL

Porto Alegre
Fevereiro/2017

SUMÁRIO

PRODUTO 2.9. PROCESSAMENTO DAS IMAGENS OBTIDAS POR VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)	1
1. MOVIMENTOS DE MASSA	1
2. CORRIDAS DE DETRITOS.....	1
3. 1ª ETAPA: INVENTÁRIO DE CICATRIZES DE CORRIDAS DE DETRITOS	3
4. 2ª ETAPA: ANÁLISE DA MORFOMETRIA NAS ÁREAS DE OCORRÊNCIAS DE CORRIDAS DE DETRITOS, BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS TAQUARI-ANTAS E CAÍ.....	5
5. 3ª ETAPA: MODELAGEM DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS ÀS CORRIDAS DE DETRITOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAQUARI-ANTAS.....	15
6. 4ª ETAPA: ESPACIALIZAÇÃO E ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS ÀS CORRIDAS DE DETRITOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAQUARI-ANTAS.....	22
REFERÊNCIAS.....	41
ANEXOS	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Corridas de detritos	2
Figura 2 - Exemplo de um ponto de ruptura localizado no município de Alto Feliz, RS, sobre a imagem do Google Earth do dia 06/04/2004.	4
Figura 3 - Exemplo de pontos de ruptura localizados no município de Soledade, RS, sobre a imagem do Google Earth do dia 17/01/2012.	5
Figura 4 - Combinação entre curvatura horizontal e curvatura vertical, resultando em nove formas do terreno.	11
Figura 5 - Frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função dos intervalos de declividades, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.	13
Figura 6 - Frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função dos intervalos de declividades filtradas pela média em uma janela móvel com dimensão 3x3, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.	14
Figura 7 - Frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função dos intervalos de declividades filtradas pela média em uma janela móvel com dimensão 5x5, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.	14
Figura 8 - Comparativo entre as curvas de probabilidade acumulada para as rupturas relacionadas à corrida de detritos em função dos intervalos de declividades, com e sem a aplicação de filtro, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.....	15
Figura 9 - Ajuste da distribuição generalizada para valores extremos (GEV) aos dados amostrais de rupturas que desencadearam corridas de detritos na bacia do rio Caí e na bacia do rio Taquari-Antas, em 2000 e 2010, respectivamente, em função da declividade filtrada pela média em uma janela móvel com dimensão 5x5.	18
Figura 10 - Ajuste da distribuição generalizada para valores extremos (GEV) aos dados amostrais de rupturas que desencadearam corridas de detritos na bacia do rio Caí e na bacia do rio Taquari-Antas, em 2000 e 2010, respectivamente, em função do desnível altimétrico da rampa.....	19
Figura 11 - Ajuste da distribuição Gaussiana Inversa, dados amostrais de rupturas que desencadearam corridas de detritos na bacia do rio Caí e na bacia do rio Taquari-Antas, em 2000 e 2010, respectivamente, em função do desnível altimétrico das unidades de morros e linhas de cumeeada.	20
Figura 12 - Altimetria da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.	24

Figura 13 - Declividades (filtro de média em janela 5x5) da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.	25
Figura 14 - Mapa de desnível de rampas da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.	26
Figura 15 - Mapa de desnível altimétrico dos morros da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.	27
Figura 16 - Mapa de áreas suscetíveis às corridas de detritos da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Conceitos de corridas.....	3
Tabela 2 - Frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função dos intervalos de desnível altimétrico dos morros, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.	7
Tabela 3 - Estatísticas básicas referentes ao desnível altimétrico dos morros e os pontos de ruptura, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.....	7
Tabela 4 - Frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função dos intervalos de desnível altimétrico das rampas, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.	8
Tabela 5 - Estatísticas básicas referentes ao desnível altimétrico das rampas e os pontos de ruptura, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.....	8
Tabela 6 - Frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função dos intervalos de comprimento de rampa, bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.....	9
Tabela 7 - Estatísticas básicas referentes ao comprimento das rampas e os pontos de ruptura, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.....	9
Tabela 8 - Frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função da orientação das vertentes, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.....	9
Tabela 9 - Frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função das formas do terreno, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.	11
Tabela 10 - Frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função da curvatura horizontal das vertentes, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.....	12
Tabela 11 - Frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função da curvatura vertical das vertentes, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.....	12
Tabela 12 - Estatísticas básicas referentes às declividades, com e sem a aplicação de filtros de média, e os pontos de ruptura, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.....	15
Tabela 13 - Graus de suscetibilidade à corrida de detritos na bacia hidrográfica do Taquari-Antas, em função do erro de omissão e do limiar de intervalo de confiança.....	20
Tabela 14 - Intervalos de declividades, desnível de rampa e desnível de morros para obtenção das áreas suscetíveis à corrida de detritos na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.	21
Tabela 15 - Área suscetível à corrida de detritos, por município, na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.	30

Tabela 16 - Relação entre a área suscetível à corrida de detritos e as áreas municipais.....	32
Tabela 17 - Área de alta suscetibilidade à corrida de detritos, por município, na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.....	33
Tabela 18 - Relação entre a área de alta suscetibilidade à corrida de detritos e as áreas municipais, na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.	35
Tabela 19 - Área suscetível à corrida de detritos, por sub-bacia, na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.	36
Tabela 20 - Percentual de áreas suscetíveis à corrida de detritos, por sub-bacia, na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.	37
Tabela 21 - Área de alta suscetibilidade à corrida de detritos, por sub-bacia, na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.....	38
Tabela 22 - Percentual de áreas de alta suscetibilidade à corrida de detritos, por sub-bacia, na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.....	39
Tabela 23 - Localização dos pontos de ruptura referentes às cicatrizes de corridas de detritos – inventário nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí.	44

PRODUTO 2.9. PROCESSAMENTO DAS IMAGENS OBTIDAS POR VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)

1. MOVIMENTOS DE MASSA

Devido aos diversos tipos de movimentos de massa, há uma grande dificuldade de se identificar corretamente qual o tipo de movimento ocorreu em um determinado evento. Em alguns casos estes se confundem, dificultando ainda mais o entendimento dos mecanismos que influenciam na sua deflagração. Como, por exemplo, os deslizamentos e as corridas que muitas vezes encontram-se associados, pois o início da corrida está vinculado à ocorrência de um deslizamento anterior (Guidicini & Nieble, 1984; IPT, 1991; Selby, 1993).

Segundo Silveira (2008) na bibliografia internacional, os movimentos de solo e rocha são conhecidos e classificados como *landslides* pelos autores americanos, *landslips* pelos ingleses, *mass movements* por alguns engenheiros geotécnicos e geomorfólogos, *slope movements* pela maioria dos engenheiros geotécnicos e *mass wasting* pela maioria dos geomorfólogos.

De maneira geral, pode-se definir *landslides* como um termo utilizado para denominar diversos tipos de movimentos de massa, quedas, tombamentos, deslizamentos, fluxos e/ou afundamentos ao longo de placas.

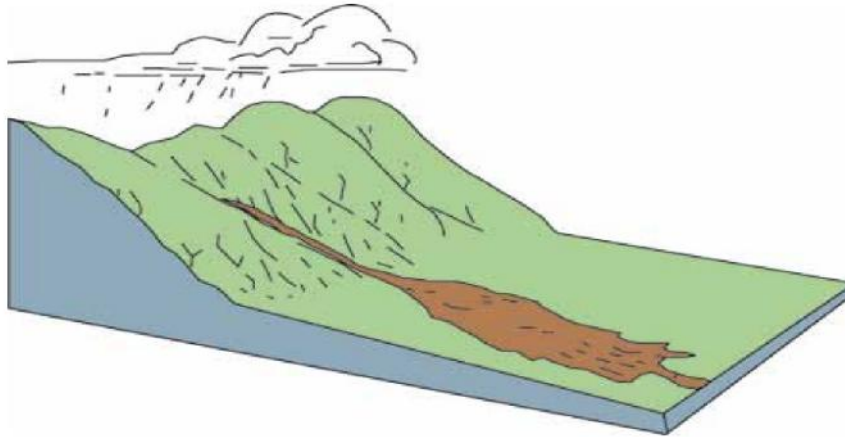
Analisando os diferentes conceitos internacionais para os movimentos em vertentes ou encostas, Nummer (2003) conclui que o termo *landslides* pode ser utilizado como sinônimo de movimento de massa (*mass movements*), isso significa, em termos mais amplos, todo e qualquer movimento de materiais terrosos ou rochosos, não importando a sua forma, a velocidade e nem o processo que o gerou.

2. CORRIDAS DE DETRITOS

As corridas de detritos são movimentos gravitacionais de massa complexos, ligados a eventos pluviométricos excepcionais. Ocorrem a partir de deslizamentos nas encostas e mobilizam grandes volumes de material, sendo o seu escoamento ao longo de um ou mais canais de drenagem, tendo comportamento líquido viscoso e alto poder de transporte. (IPT, 2007)

Estes fenômenos são mais raros que os deslizamentos, porém podem provocar consequências de magnitudes superiores, devido ao seu grande poder destrutivo e extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas (Figura 1).

Figura 1 - Corridas de detritos



Fonte: Highland (2008)

As corridas de detritos abrangem uma gama variada de denominações na literatura nacional e internacional (corrida de lama - *mud flow*, corrida de massa - *mass flow*, corrida de blocos - *debris flow*, etc.), principalmente em função de suas velocidades e das características dos materiais que mobilizam.

Segundo Stiny (1910), fluxo de detritos é a descrição de uma torrente escoando em uma montanha carregando sólidos suspensos e transportando determinada quantidade de massa erodida. Como a quantidade de massa transportada aumenta, em determinado momento ela se transforma em uma massa viscosa contendo água, solo, areia, pedras, rochas e madeira misturadas, onde este escoamento se assemelha a lava vulcânica transitando em um vale. O fluxo de detritos é um mecanismo de ruptura complexo que pode se manifestar em decorrência do aumento de poro pressões nas discontinuidades da rocha provocado por chuvas intensas e prolongadas, ou ainda pela ação de sismos. Os movimentos definidos como fluxos diferenciam-se dos demais movimentos de massa devido a características peculiares tais como: velocidade elevada, alta capacidade de erosão e destruição, e transporte de detritos a grandes distâncias em períodos de tempo muito curtos (KANJI et al., 1997; MASSAD et al., 1997 e 1998).

As corridas de detritos são consideradas o tipo de movimento de massa de maior poder destrutivo e de carregamento de materiais. Segundo Cruden e Varnes (1996), o termo fluxo de detritos, ou *debris flow*, representa um fenômeno completo de movimento de massa (escorregamento e propagação de material grosseiro), o qual inclui o início do deslocamento em uma declividade acentuada, escoando rapidamente em um canal confinado e deposição em um leque de detritos.

De maneira geral, na Tabela 1, quanto às corridas, os autores citados abordam o conceito da mesma forma, variando apenas algumas terminologias, tais como: corridas, fluxos, corridas de massa, etc. Também concordam que tanto para os deslizamentos quanto para as corridas, devem ser levados em consideração diversos elementos (geologia, solos, precipitação, geomorfologia, etc.).

Tabela 1 - Conceitos de corridas.

	Conceito	Fontes	Descrição
Corridas	Movimentos gravitacionais de massa complexos, ligados a eventos pluviométricos excepcionais. Ocorrem a partir de deslizamentos nas encostas e mobilizam grandes volumes de material. O escoamento ocorre ao longo de um ou mais canais de drenagem. Tem comportamento líquido viscoso e alto poder de transporte.	Stiny, 1910; Christofletti, 1980; Augusto Filho, 1992; Cruden e Varnes, 1996; KANJI et al., 1997; MASSAD et al., 1997 e 1998; Pinheiro et al., 2000; AVELAR et al., 2002; NUMMER et al., 2003; SAITO, 2004; MARCELINO, 2004; ZNAMENSKY, 2005; Bateira, 2006; GOMES, 2006; VANACOR, 2006; HIGHLAND, 2008; MONGUILHOTT, 2008; SILVEIRA, 2008; GRAMANI, 2013; KOBİYAMA e MICHEL, 2015.	A maioria dos autores concorda na conceituação de corridas. Variam apenas na nomenclatura utilizada, tais como: fluxos, fluxos de detritos, fluxos de massa, corridas de massa. A respeito desse conceito destacamos o trabalho “Bibliografia dos trabalhos de fluxos de detritos ocorridos no Brasil no período de 1949-2014”, de Kobiyama e Michel (2015), onde consta a quase totalidade dos trabalhos envolvendo a temática de corridas no Brasil.

3. 1ª ETAPA: INVENTÁRIO DE CICATRIZES DE CORRIDAS DE DETRITOS

A primeira etapa para a geração do mapa de suscetibilidade à corrida de detritos na bacia do rio Taquari-Antas consistiu na construção de um inventário de cicatrizes a partir de pesquisa bibliográfica, pesquisa em imagens orbitais, consulta a autoridades locais e atividades de campo. No total, foram identificadas e mapeadas 193 cicatrizes de movimentos de massa que desencadearam corridas de detritos. O Anexo A, apresenta as coordenadas geográficas dos pontos de ruptura referentes ao inventário das 193 cicatrizes. Em um primeiro momento, através da consulta a autoridades locais foram identificadas apenas duas cicatrizes na bacia hidrográfica do Taquari-Antas, uma localizada no município de Venâncio Aires e outra no município de Jaquirana. Dessa forma, inicialmente, devido a falta de base dados (inventários de cicatrizes de corridas) para o Taquari-Antas, através da pesquisa bibliográfica, optou-se por utilizar

outras áreas com ocorrências de corridas de detritos localizadas em municípios na sub-bacia do Arroio Forromeco, bacia hidrográfica do Caí (Alto Feliz, São Vendelino e Carlos Barbosa), ocorridos em dezembro de 2000. Ressalta-se, como justificativas para a escolha desta área amostral a presença de rupturas significativas, com possibilidade de identificação por imagens orbitais, além da relativa semelhança climática, geológica, pedológica e geomorfológica. A bacia do rio Caí é adjacente à bacia do rio Taquari-Antas. Ambas estão localizadas entre o Planalto Meridional e as Planícies Continentais do Rio Jacuí. Essas cicatrizes foram identificadas a partir das imagens disponíveis no Google Earth, através de imagens do dia 06/04/2004. Através de interpretação visual, obteve-se, com relativa precisão, a localização do ponto de ruptura, como mostra a Figura 2. Ao todo, em relação a este evento extremo hidrometeorológico, foram identificadas 54 rupturas, 31 localizadas no município de Alto Feliz, 22 em Carlos Barbosa e uma em São Vendelino.

Figura 2 - Exemplo de um ponto de ruptura localizado no município de Alto Feliz, RS, sobre a imagem do Google Earth do dia 06/04/2004.

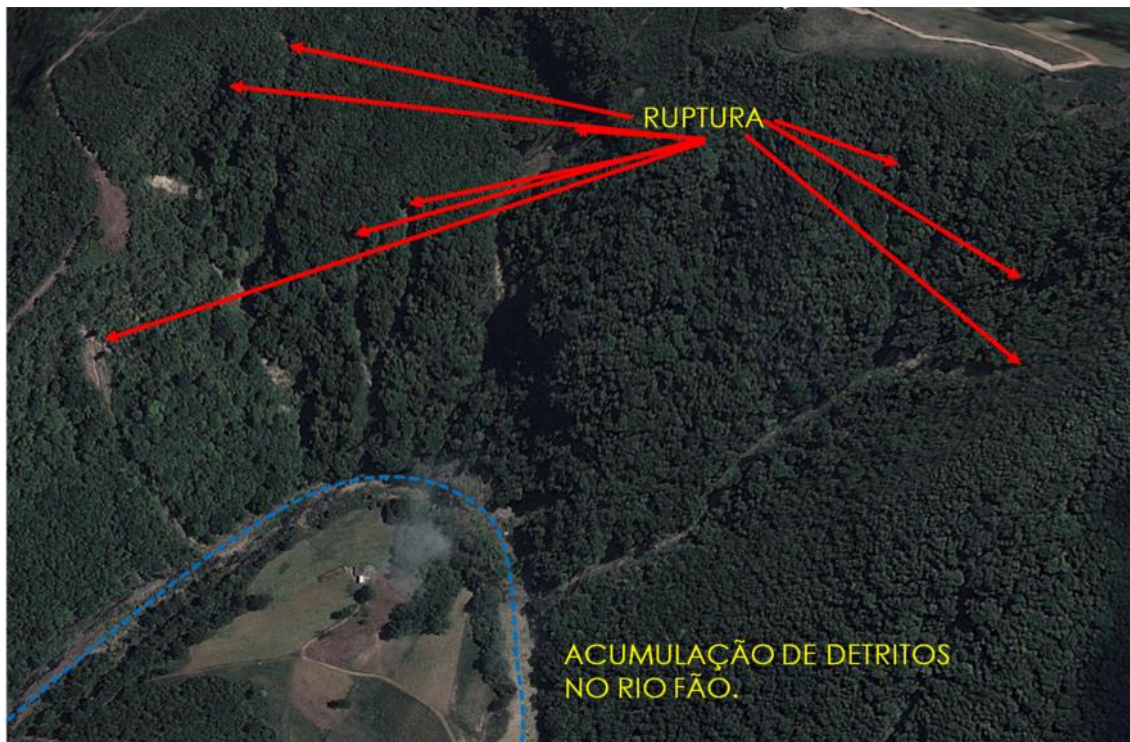


Por fim, em uma pesquisa no Google Earth, buscou-se a origem dos detritos associados à maior enxurrada registrada na bacia dos rios Fão e Forqueta, ocorrida em janeiro de 2010. Foram localizadas 137 cicatrizes em uma região de cabeceira de drenagem do rio Fão, entre os municípios de Fontoura Xavier, Barros Cassal, Soledade e Progresso. Essas cicatrizes foram identificadas no Google Earth, através de imagens

dos dias 17/01/2012 e 11/05/2012, sendo possível, através de interpretação visual, obter com relativa precisão a localização do ponto de ruptura, como mostra a Figura 3.

A partir deste inventário de pontos de ruptura é possível extrair características morfométricas, que podem estar associadas às corridas de detritos, tais como: as declividades, a curvatura e a orientação do terreno, o comprimento e o desnível da rampa (da vertente). Com base nas características observadas, é possível também adotar critérios empíricos ou baseados em distribuições estatísticas que permitam delimitar áreas em grandes regiões que possuem semelhanças em relação aos pontos de ruptura mapeados.

Figura 3 - Exemplo de pontos de ruptura localizados no município de Soledade, RS, sobre a imagem do Google Earth do dia 17/01/2012.



4. 2ª ETAPA: ANÁLISE DA MORFOMETRIA NAS ÁREAS DE OCORRÊNCIAS DE CORRIDAS DE DETRITOS, BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS TAQUARI-ANTAS E CAÍ

Dados de sensoriamento remoto da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), para a geração de modelos digitais de superfície, são vastamente difundidos e possuem aplicações no âmbito de diagnósticos ambientais e de estudos relacionados às dinâmicas geomorfológicas e hidrológicas (Valeriano, 2008; Paz e Collischonn, 2008; Brubacher *et al.*, 2012). Tais dados conFiguram-se como uma alternativa importante na minimização de custos e do tempo na produção de estudos no âmbito da

análise ambiental, uma vez que possibilitam, de forma rápida e eficiente, a extração de redes de drenagem e a análise morfométrica do terreno a partir de geoprocessamento.

Assim a base de dados altimétricos utilizada foi a SRTM, disponível em uma versão refinada para o território brasileiro através do TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (Valeriano, 2005; Valeriano, 2008). As principais justificativas para a utilização desta base de dados se referem: à qualidade dos dados para representar o terreno em escalas intermediárias (de 1:100.000 a 1:250.000); à acessibilidade e à gratuidade, que garantem que a mesma metodologia possa ser reproduzida em outras bacias hidrográficas ou regiões do Brasil.

Na base de dados SRTM/TOPODATA foram obtidas as seguintes camadas de informações espaciais: Altimetria (m); Declividades (%); Orientação do relevo; Formas do terreno. Essas informações foram adquiridas em formato *raster* (extensão *GEOTIFF*), com resolução espacial aproximada de 30 metros. A metodologia para obtenção destes dados foi utilizada com base em Valeriano (2008).

Para a delimitação da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas foi adotado o procedimento automatizado disponível no ArcGIS 10.2. O processo de extração de drenagem utiliza como base a informação de direção de fluxo (*Flow Direction*), derivada da camada de altimetria. A partir da base de direção de fluxo é gerada uma imagem com as áreas de drenagem acumulada (*Flow Accumulation*), onde cada pixel tem um valor correspondente ao somatório das áreas superficiais de todos os pixels que deságuam nele (Paz e Collischonn, 2008; Jenson e Domingue, 1988). O plano de informações de áreas de drenagem acumulada, juntamente com o de direção de fluxo, é utilizado na delimitação da bacia hidrográfica a partir de um ponto que representa a sua foz.

A camada de altimetria foi utilizada também para obtenção das bases de desnível de morro, comprimento de rampa e desnível de rampa. O desnível de cada morro foi obtido através de um método automatizado. O primeiro procedimento consiste na inversão do modelo digital de elevação (MDE) proveniente do SRTM/TOPODATA. Para inverter o MDE, foi realizada uma simples operação de álgebra de mapas (Equação 1):

$$MDE_i = Máx - MDE \quad (1)$$

Em que: MDE_i é o modelo digital de elevação invertido; $Máx$ é o valor máximo de elevação na base altimétrica original; MDE é o modelo digital de elevação original.

Com a inversão do MDE, os topos de morros e linhas de cumeeada apresentam os menores valores, enquanto que os fundos de vale e as linhas de drenagem apresentam os maiores valores. A partir disso, o segundo procedimento necessário é a obtenção das direções de fluxo (*Flow Direction*), considerando

o MDE invertido, para identificar quais os pixels que estão associados a cada topo de morro ou linha de cumeada, do ponto de vista hidrológico.

A partir das direções “invertidas” de fluxo é possível delimitar cada unidade de morro e linhas de cumeada através da extração de “bacias hidrográficas”. No ArcGIS, este procedimento é conhecido como *Basin Flow*. Uma vez que na base “invertida” as linhas de drenagem se comportam como divisores de água e vice-versa, a extração de bacias cria unidades relacionadas com topos de morros e linhas de cumeada.

Por fim, para a obtenção do desnível altimétrico em cada unidade de morro e linha de cumeada, é necessário extrair estatísticas para cada polígono de morro. No ArcGIS, este procedimento é conhecido como *Zonal Statistics*. Através desta ferramenta é possível obter não apenas os valores mínimos, máximos e a amplitude altimétrica, mas também a moda, a média, a mediana e o desvio padrão dos valores altimétricos em cada unidade.

A Tabela 1 apresenta a distribuição de frequência das rupturas inventariadas relacionadas à corrida de detritos em função dos intervalos de desnível altimétrico dos morros. Destaca-se que a maior parte das rupturas (71,5%) ocorreu em morros com desnível entre 200 e 400 metros.

Tabela 2 - Frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função dos intervalos de desnível altimétrico dos morros, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.

Intervalos de Desnível do Morro (m)	Frequência
<100	0
100-200	23
200-300	68
300-400	70
400-500	16
>500	16

O valor médio de desnível altimétrico foi de 316,5 m, com desvio padrão de 104 m, resultando em um coeficiente de variação (CV) de apenas 0,33 (Tabela 2). Isso indica que os valores de desnível altimétricos apresentam pouca dispersão em torno da média, o que facilita a adoção de uma abordagem probabilística para o tratamento destes dados a fim de obter limiares para o mapa de suscetibilidade na área de estudo.

Tabela 3 - Estatísticas básicas referentes ao desnível altimétrico dos morros e os pontos de ruptura, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.

Média	316,5
-------	-------

Desvio Padrão	104,0
Coefficiente de Variação	33%

A segunda variável morfométrica obtida a partir da base altimétrica e da inversão do MDE foi a de desnível altimétrico das rampas. Para tanto, foi extraído o menor valor altimétrico em cada unidade de morro e linhas de cumeada. A partir disso, foi realizada uma operação de álgebra de mapas conforme a Equação 2:

$$DR = MDE - \text{Mín} \quad (2)$$

Em que: *DR* é o desnível altimétrico de rampa, de cada pixel do *MDE* em relação ao valor *MÍN*, que consiste no menor valor altimétrico em cada unidade de morro.

A Tabela 3 apresenta a frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função dos intervalos de desnível altimétrico das rampas. Pode-se observar que o intervalo entre 100 e 200 m de desnível de rampa concentra boa parcela da quantidade de rupturas que desencadearam corridas de detritos, totalizando 89 ocorrências, equivalente a 46%. Ampliando o intervalo, constata-se que 165 rupturas (85,5%) ocorreram em locais com desnível altimétrico de rampa inferior a 300 m. O valor médio de desnível altimétrico das rampas nos locais com ruptura foi de 183 m, com desvio padrão de 113 m, resultando em um coeficiente de variação (CV) de 0,62 (Tabela 4).

Tabela 4 - Frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função dos intervalos de desnível altimétrico das rampas, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.

Intervalos de Desnível de Rampa (m)	Número de Rupturas
<100	45
100-200	89
200-300	31
300-400	15
400-500	10
>500	3

Tabela 5 - Estatísticas básicas referentes ao desnível altimétrico das rampas e os pontos de ruptura, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.

Média	182,9
Desvio Padrão	112,8
Coefficiente de Variação	62%

A terceira variável morfométrica obtida a partir da base altimétrica e da inversão do MDE foi a base de comprimento de rampa. Para tanto, a partir das direções “invertidas” de fluxo, foi calculado comprimento

de drenagem (*Flow Length*) no ArcGIS. Este procedimento calcula a distância, pixel a pixel, pela direção de fluxo, entre cada pixel e a sua linha de drenagem respectiva.

A Tabela 5 apresenta a frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em relação aos intervalos de comprimento de rampa. Pode-se observar que o intervalo com comprimentos de rampa inferiores a 400 m, concentra boa parte das rupturas que desencadearam corridas de detritos, totalizando 161 ocorrências, equivalente a 83%. O valor médio de comprimento de rampa nos locais com ruptura foi de 265,5 m, com desvio padrão de 326,4 m, resultando em um coeficiente de variação (CV) de 1,23 (Tabela 6). Estes resultados indicam que os valores de comprimento de rampa apresentam um comportamento que dificulta a adoção de uma abordagem probabilística para o tratamento destes dados a fim de obter limiares para o mapa de suscetibilidade na área de estudo.

Tabela 6 - Frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função dos intervalos de comprimento de rampa, bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.

Intervalos de Comprimento de Rampa (m)	Número de Rupturas
<100	53
100-200	49
200-300	34
300-400	25
400-500	7
500-600	5
600-700	4
700-800	6
>800	10

Tabela 7 - Estatísticas básicas referentes ao comprimento das rampas e os pontos de ruptura, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.

Média	265,5
Desvio Padrão	326,4
Coeficiente de Variação	123%

A orientação das vertentes também foi combinada aos pontos de ruptura relacionados às corridas de detritos observadas nas áreas amostrais. A Tabela 7 apresenta a frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função da orientação das vertentes.

Tabela 8 - Frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função da orientação das vertentes, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.

Orientação do Relevo	Número de Rupturas
Norte	14

Nordeste	19
Leste	31
Sudeste	32
Sul	14
Sudoeste	23
Oeste	44
Noroeste	16

Ao analisar a Tabela 7 fica evidente a ausência de uma relação clara entre as corridas de detritos e a base de orientação das vertentes. As vertentes com orientação oeste, leste e sudeste concentraram a maior parte das rupturas, somando 107 ocorrências, equivalente a 55%.

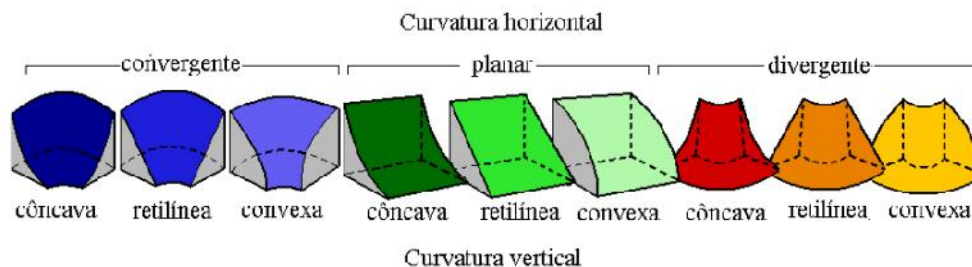
Nessa área de estudo, fica claro que a orientação das vertentes não determina a ocorrência de corridas de detritos, uma vez que existem rupturas em todas as direções. Esse comportamento já havia sido constatado no estudo de Paulino (2013) que aplicou um modelo para a ocorrência de deslizamentos na região nordeste de Santa Catarina, com base no inventário de cicatrizes do evento extremo ocorrido em 2008 naquela região. O autor constatou, na ocasião, que havia cicatrizes em todas as direções de orientação das vertentes, com maior frequência nas vertentes de orientação norte.

Na literatura científica (Paulino, 2013) é utilizado o argumento de que as vertentes mais úmidas, com menor exposição à radiação solar, são mais suscetíveis aos movimentos de massa. Porém, tal comportamento não parece ser determinante para a ocorrência de corridas de detritos, especificamente, nas bacias hidrográficas do rio Caí e do rio Taquari-Antas, uma vez que as vertentes do quadrante sul (menor exposição à radiação solar) não apresentaram maior concentração de rupturas (Tabela 7).

Deste modo, a base de orientação das vertentes não foi indicada como critério para a elaboração do mapa de suscetibilidade à corrida de detritos na bacia do rio Taquari-Antas, pois não contribui para eliminar ou ressaltar áreas mais propícias para tal movimento de massa.

De acordo com a metodologia apresentada em Valeriano (2008), a curvatura horizontal e a curvatura vertical da superfície resultam nas formas do terreno (Figura 4). A base de formas do terreno está disponível no banco de dados TOPODATA.

Figura 4 - Combinação entre curvatura horizontal e curvatura vertical, resultando em nove formas do terreno.



Fonte: Valeriano, 2008.

As formas do terreno foram combinadas aos pontos de ruptura relacionados às corridas de detritos observadas nas áreas amostrais. A Tabela 8 apresenta a frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função das formas do terreno. As Tabelas 9 e 10 apresentam a frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função das curvaturas horizontal e vertical, respectivamente.

Na literatura científica alguns autores (Silveira *et al.*, 2013; Bloom, 1970; Troeh, 1965; Christofolletti, 1980) avaliaram as formas das vertentes. Normalmente as vertentes com curvatura horizontal convergente são mais suscetíveis à ocorrência de corridas de detritos, em virtude de apresentar a concentração do fluxo e solos relativamente mais espessos. Porém, tal fenômeno não foi observado nas áreas amostrais (bacias dos rios Taquari-Antas e Caí), como pode ser observado nas Tabelas 8 e 9. Percebe-se que as vertentes divergentes apresentaram um grande número de rupturas (84), perfazendo 44% das ocorrências. Quanto à curvatura vertical, o predomínio de rupturas ocorreu em vertentes convexas, com 100 amostras (52%). A forma do terreno mais destacada quanto às rupturas que desencadearam as corridas de detritos nas áreas amostrais foi a divergente-convexa, totalizando 51 ocorrências, ou 26% das corridas.

Tabela 9 - Frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função das formas do terreno, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.

Formas do Terreno	Número de Rupturas
Convergente-Côncava	35
Convergente-Retilínea	2
Convergente-Convexa	20
Planar-Côncava	22
Planar-Retilínea	1
Planar-Convexa	29
Divergente-Côncava	29
Divergente-Retilínea	4

Divergente-Convexa 51

Tabela 10 - Frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função da curvatura horizontal das vertentes, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.

Curvatura Horizontal	Número de Rupturas
Convergente	57
Planar	52
Divergente	84

Tabela 11 - Frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função da curvatura vertical das vertentes, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.

Curvatura Vertical	Número de Rupturas
Côncava	86
Retilínea	7
Convexa	100

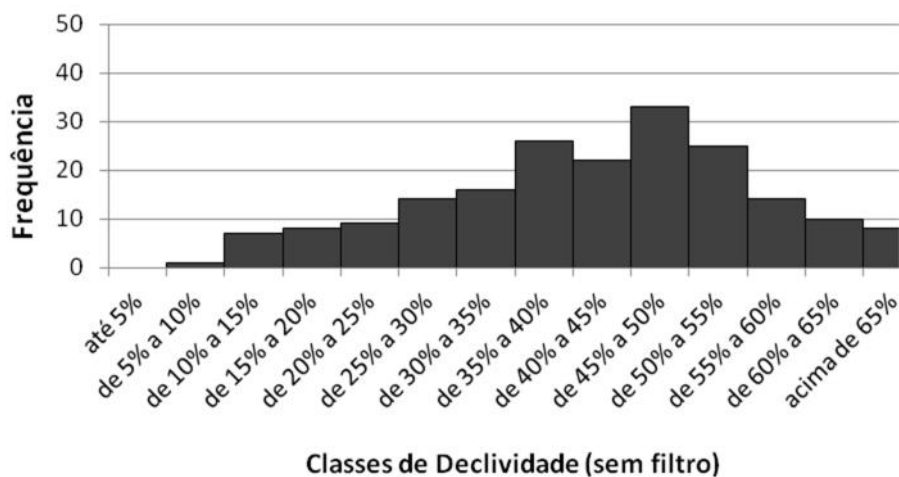
Este comportamento também pode ser observado no estudo. Ainda assim, é importante ressaltar que, embora a ruptura possa ocorrer em praticamente todos os tipos de formas do terreno, a massa de detritos apresenta um deslocamento fortemente associado às direções de fluxo, tendendo a concentrar os detritos em áreas de curvatura convergente. Porém, uma vez que o interesse é espacializar áreas suscetíveis à ocorrência de corridas de detritos, relacionadas ao ponto de ruptura do terreno, não é possível descartar nenhum tipo de curvatura no processo de caracterização dos eventos.

A camada de informações mais importante para caracterizar as corridas de detritos é a referente às declividades. A base utilizada foi obtida no banco de dados TOPODATA. A Figura 5 apresenta a frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função dos intervalos de declividades.

Ao analisar a Figura 4 é possível identificar uma predisposição para a ruptura, seguida de corrida de detritos, em declividades entre 25% e 65%, com 160 ocorrências, perfazendo 83% dos casos. O intervalo de declividades com a maior frequência foi de 45% e 50%, com 33 ocorrências.

Ainda que essa tendência tenha sido verificada, percebe-se que algumas rupturas ocorreram em declives relativamente baixos, entre 5% e 25%, totalizando 25 casos (13%). Este comportamento resulta em uma razoável dispersão dos valores de declividades em relação às amostras de corridas de detritos nas bacias amostrais. A declividade média foi de 42,2%, com desvio padrão de 14,2% e coeficiente de variação de 0,335. Além disso, pode-se observar um comportamento bimodal na distribuição de frequência (Figura 4).

Figura 5 - Frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função dos intervalos de declividades, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.



Visando suavizar este comportamento, foi testada a aplicação de um filtro de média, utilizando uma janela móvel em toda a imagem de declividades. As Figuras 5 e 6 mostram a frequência dos pontos de ruptura que originaram corridas de detritos nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS, em função das declividades filtradas pela média, em uma janela móvel com dimensões 3x3 e 5x5, respectivamente.

Ao analisar os resultados é possível constatar que a aplicação de filtros reduz a dispersão dos valores obtidos de declividades para os pontos de ruptura. Com a aplicação de um filtro de média em uma janela 3x3 (Figura 6), todas as rupturas ocorreram em declividades entre 10% e 65%, com predominância de corridas de detritos em declives entre 25% e 60%, com 180 casos (93%). Por sua vez, com a aplicação de um filtro de média em uma janela 5x5 (Figura 7), todas as rupturas ocorreram em declividades entre 10% e 55%, com predominância de corridas de detritos em declives entre 25% e 55%, com 183 casos (95%). Nos dois casos (janelas 3x3 e 5x5), a distribuição de frequência perde o comportamento bimodal, o que facilita a aplicação de distribuições estatísticas para a modelagem de áreas suscetíveis à corrida de detritos.

Figura 6 - Frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função dos intervalos de declividades filtradas pela média em uma janela móvel com dimensão 3x3, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.

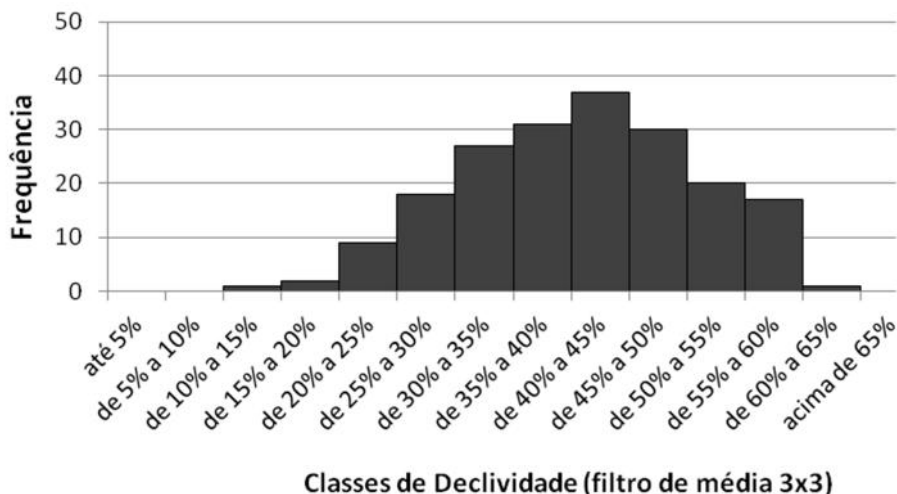
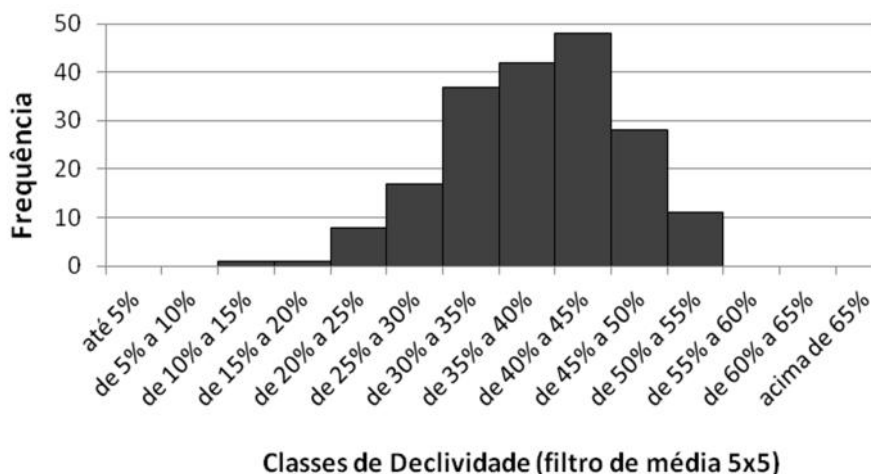


Figura 7 - Frequência das rupturas relacionadas à corrida de detritos em função dos intervalos de declividades filtradas pela média em uma janela móvel com dimensão 5x5, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.



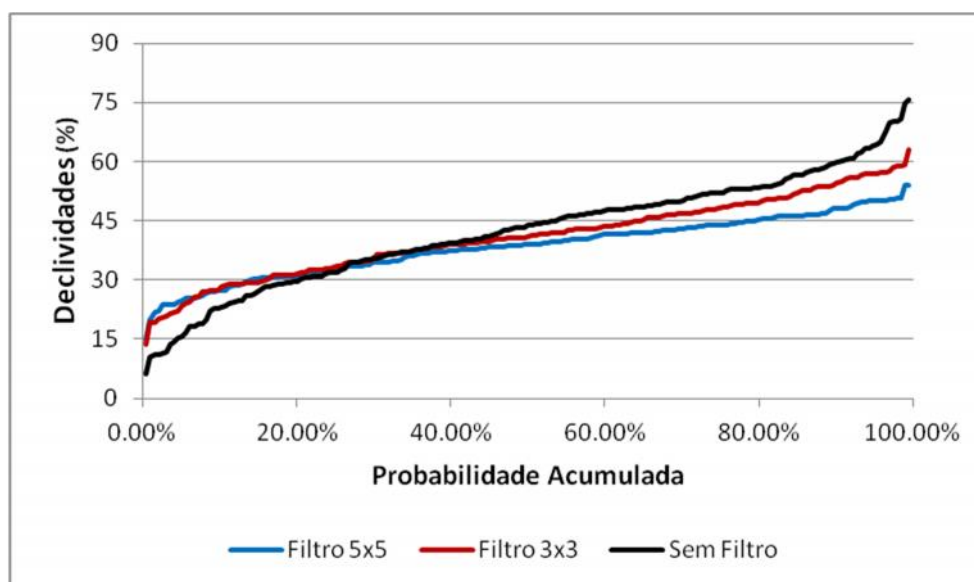
A Tabela 11 ilustra a comparação entre as estatísticas básicas referentes às declividades, com e sem a aplicação de filtros de média, e os pontos de ruptura, nas áreas amostrais, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí. Nesta tabela é possível observar que o coeficiente de variação reduz na medida em que aumenta a janela do filtro aplicado, passando para apenas 0,198 na condição de uma janela com dimensão 5x5. Neste caso, a média de declividades ficou em 38,3% e o desvio padrão em 7,6%.

Tabela 12 - Estatísticas básicas referentes às declividades, com e sem a aplicação de filtros de média, e os pontos de ruptura, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.

	Filtro 5x5	Filtro 3x3	Sem Filtro
Média	38,3	40,9	42,2
Desvio Padrão	7,6	10,0	14,2
Coefficiente de Variação	19,8%	24,4%	33,5%

A Figura 8 mostra um comparativo entre as curvas de probabilidade acumulada para as rupturas relacionadas à corrida de detritos em função dos intervalos de declividades, com e sem a aplicação de filtro, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí. Percebe-se que as maiores diferenças entre as curvas ocorrem nos valores extremos, com probabilidades inferiores a 0,1 e superiores a 0,6.

Figura 8 - Comparativo entre as curvas de probabilidade acumulada para as rupturas relacionadas à corrida de detritos em função dos intervalos de declividades, com e sem a aplicação de filtro, nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí, RS.



Os resultados aqui apresentados evidenciam que a aplicação de filtros na base de declividades para extrair um comportamento geral das rupturas em função desta variável morfométrica pode ser benéfica, pois permite reduzir a variabilidade dos valores críticos para a ocorrência de corridas de detritos.

5. 3ª ETAPA: MODELAGEM DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS ÀS CORRIDAS DE DETRITOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAQUARI-ANTAS

A metodologia proposta pelo IPT (2007) estabelece dois passos importantes no mapeamento: primeiramente o **zoneamento** que compreende a identificação dos processos destrutivos atuantes, a

avaliação do risco de ocorrência de acidentes e a delimitação e distribuição espacial de setores homogêneos em relação ao grau de probabilidade de ocorrência do processo ou mesmo ocorrência de risco, estabelecendo tantas classes quantas necessárias. Permite individualizar e caracterizar cada um dos setores, fornecendo informações sobre aos diversos níveis de suscetibilidade ao qual estão submetidos.

E em segundo o **cadastramento de risco**, que fornece informações específicas, como a quantidade de moradias localizadas nos setores de risco, além de identificar aquelas passíveis de uma prévia remoção, constituindo-se em subsídio para ações que necessitem de uma rápida intervenção dos órgãos responsáveis. Possibilita o detalhamento das situações caso a caso ou, às vezes, por agrupamentos de mesmo grau de probabilidade de ocorrência do processo ou risco.

Zaidan & Fernandes (2009) aplicaram metodologia para a determinação de áreas susceptíveis a escorregamentos na bacia de drenagem urbana do Córrego Independência na escala 1:2.000, em Juiz de Fora - MG. Utilizaram o Modelo SHALSTAB, que consiste em um modelo determinístico baseado em processos físicos naturais e que leva em consideração os fatores topográficos no processo de modelagem e previsão da susceptibilidade dessas áreas com o auxílio de softwares de Geoprocessamento.

Santos et al. (2008) no trabalho intitulado *Cartografia de Susceptibilidade de Movimentos de Massa em Canelas-Penafiel* criaram mapas de topografia, litologia, ocupação do solo, e carta de espessura do solo. A partir desses mapas foram derivados mapas de declividades e de concavidade de vertentes, analisados os fatores mais suscetíveis à ocorrência de movimentos de massa. Foram ponderados valores nas sobreposições, para a carta de concavidades foi atribuído 10%, para o uso e ocupação do solo, 15 %, para a espessura dos solos foram atribuídos 20%, para o mapa litológico, 20%, e para o mapa de declividades, foi atribuído 35%. Baseado nessa sobreposição foi elaborado um mapa de susceptibilidade com 3 classes: pouco suscetível, suscetível e muito suscetível.

Faria et al. (2009) comparam duas metodologias para o mapeamento de áreas de risco em Juiz de Fora - MG, a primeira utiliza um modelo matemático determinístico (modelo SHALSTAB), e a segunda elaborada a partir de um mapeamento direto em campo. Destacam que a análise a partir do modelo (mapeamento indireto) permitiu constatar que o mesmo deve se basear em dados concretos, pois a falta dessas informações de entrada pode comprometer os dados gerados. Entretanto, no modelo de mapeamento direto foram observadas algumas falhas, tais como a homogeneização dos dados ao longo da bacia (espessura do solo, densidade global do solo saturado, etc.), e a indefinição dos dados da coesão do solo. Concluem que monitoramentos em campo e análises de cicatrizes antigas devem ser usados para validar esses resultados, diminuindo assim a probabilidade de erro.

A abordagem metodológica adotada neste estudo foi a probabilística, tendo em vista a obtenção do inventário e dos atributos morfométricos. Esses atributos foram quantificados em cada ponto de ruptura que originou corrida de detritos, tanto na bacia do rio Caí quanto na bacia do Taquari-Antas. A escolha desta abordagem se deve: à escala de análise (bacia de grandes dimensões, com mais de 26 mil km²); à ausência de dados de alta resolução espacial que cubram toda a área da bacia (inviabilizando o uso de modelos conceituais); e à ausência de estudos abrangentes na área de estudo, definindo limiares e critérios precisos para a ocorrência de corridas de detritos.

Os limiares e critérios estabelecidos na literatura científica nacional e internacional para o mapeamento de áreas suscetíveis a este tipo de movimento de massa se referem, normalmente, a locais com características climáticas, geológicas, geomorfológicas e morfométricas muito diferentes das observadas na bacia do Taquari-Antas. Dessa forma, optou-se pela abordagem estatística, considerando somente os eventos observados na área de estudo e adjacências. Embora, isso implique em uma simplificação dos fenômenos físicos envolvidos nas corridas de detritos, tal procedimento foi julgado como mais adequado do que estabelecer critérios subjetivos baseados em literatura científica produzida em áreas com aspectos morfométricos muito diferentes em relação à área deste estudo.

Com base nos resultados apresentados no capítulo anterior, referente à ETAPA 2, optou-se por utilizar os atributos morfométricos que apresentaram um comportamento de frequência e distribuição possível de ser modelado com o ajuste de distribuições probabilísticas conhecidas, tais como as distribuições Normal, Log-Normal, Weibull, Gumbel, Gamma, entre outras. Os atributos morfométricos escolhidos foram os seguintes:

Declividades filtradas pela média em janela 5x5;

Desnível altimétrico da rampa;

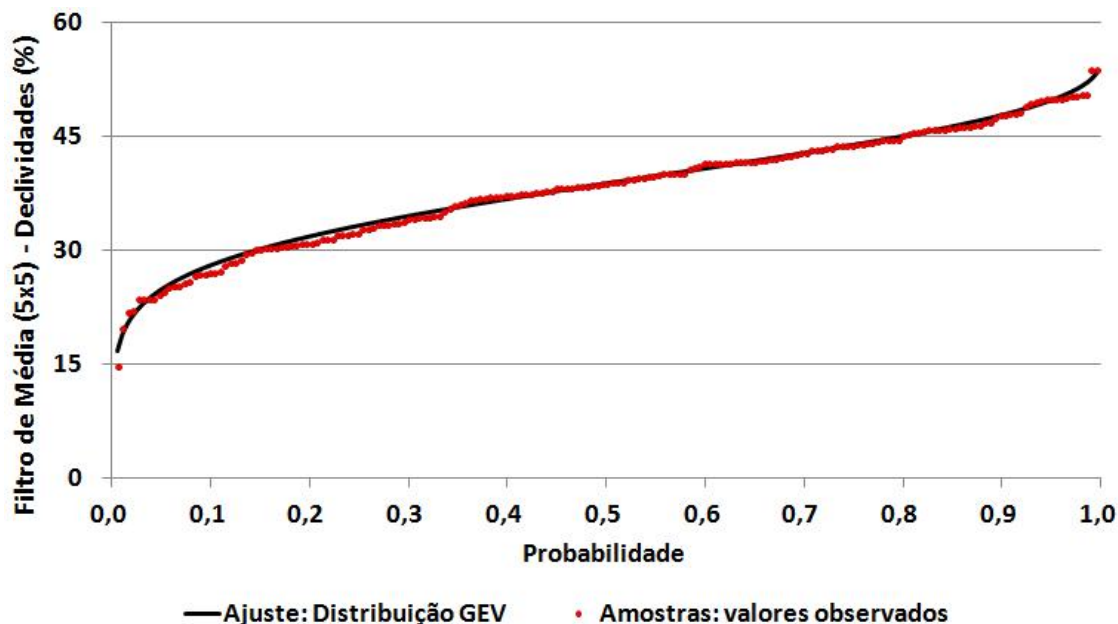
Desnível altimétrico da unidade de morro e linhas de cumeada.

Estas três variáveis morfométricas apresentaram uma tendência central bem definida, com baixa dispersão dos dados, e uma baixa correlação entre si (inferior a 0,55), garantindo a independência entre os três atributos. Tais características são desejáveis para a modelagem estatística do fenômeno na área de interesse.

A modelagem estatística consiste no ajuste de uma distribuição de probabilidades às amostras de rupturas obtidas no inventário, em relação a cada um dos três atributos. Este ajuste foi executado no software MATLAB R2010a, o qual dispõe de dezenas de distribuições estatísticas para análise e ajuste a conjuntos de dados amostrais.

Para o atributo de declividades, a distribuição que apresentou o melhor ajuste às amostras foi a distribuição de probabilidades generalizada para valores extremos (GEV). A Figura 9 ilustra a boa aderência dos dados amostrais à distribuição.

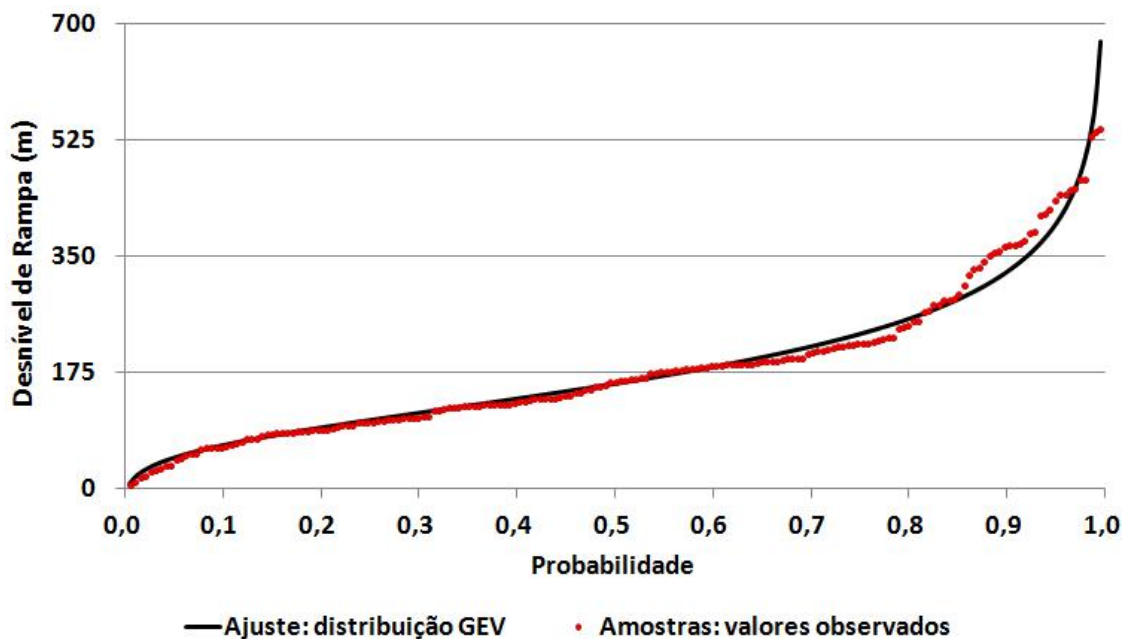
Figura 9 - Ajuste da distribuição generalizada para valores extremos (GEV) aos dados amostrais de rupturas que desencadearam corridas de detritos na bacia do rio Caí e na bacia do rio Taquari-Antas, em 2000 e 2010, respectivamente, em função da declividade filtrada pela média em uma janela móvel com dimensão 5x5.



Considerando o ajuste estatístico em relação ao atributo morfométrico de declividades pode-se estimar que apenas 5% (probabilidade igual a 0,05) das ocorrências de corridas de detritos são deflagradas em declividades iguais ou inferiores a 25%. Do mesmo modo, estima-se que 95% das ocorrências são deflagradas em declividades iguais ou inferiores a 49,8%. Com base nisso, pode-se afirmar, com 90% de confiança, que as rupturas para corridas de detritos provavelmente acontecem no intervalo entre 25% e 50% de declividades, aproximadamente.

Para o atributo de desnível altimétrico da rampa, a distribuição que apresentou o melhor ajuste às amostras também foi a distribuição de probabilidades generalizada para valores extremos (GEV). A Figura 10 ilustra a boa aderência dos dados amostrais à distribuição.

Figura 10 - Ajuste da distribuição generalizada para valores extremos (GEV) aos dados amostrais de rupturas que desencadearam corridas de detritos na bacia do rio Caí e na bacia do rio Taquari-Antas, em 2000 e 2010, respectivamente, em função do desnível altimétrico da rampa.

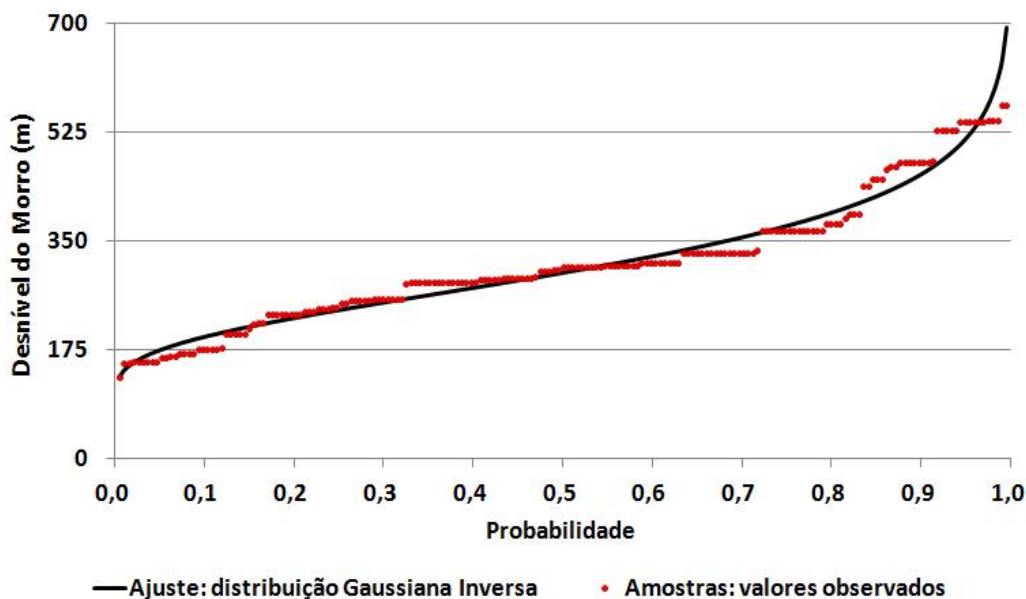


Considerando o ajuste estatístico em relação ao atributo morfométrico de desnível altimétrico da rampa pode-se estimar que apenas 5% das ocorrências de corridas de detritos são deflagradas em rampas com desnível altimétrico em relação à linha de drenagem igual ou inferior a 47 metros. Do mesmo modo, estima-se que 95% das ocorrências são deflagradas em rampas com desnível altimétrico em relação à linha de drenagem igual ou inferior a 400 metros. Ou seja, com base nesse modelo, pode-se afirmar, com 90% de confiança, que as rupturas para corridas de detritos provavelmente acontecem em rampas com desnível altimétrico entre 50 e 400 metros, aproximadamente.

Por fim, para o atributo de desnível altimétrico da unidade de morro e de linhas de cumeada, a distribuição que apresentou o melhor ajuste às amostras também foi a distribuição de probabilidades Gaussiana Inversa. A Figura 11 ilustra a boa aderência dos dados amostrais à distribuição.

Levando-se em consideração o ajuste estatístico realizado em relação ao atributo morfométrico de desnível altimétrico dos morros pode-se estimar que apenas 5% das ocorrências de corridas de detritos são deflagradas em morros com desnível altimétrico igual ou inferior a 175 metros. Do mesmo modo, estima-se que 95% das ocorrências são deflagradas em morros com desnível altimétrico igual ou inferior a 516 metros. Ou seja, com base nesse modelo, pode-se afirmar, com 90% de confiança, que as rupturas para corridas de detritos provavelmente acontecem em morros com desnível altimétrico entre 175 e 515 metros, aproximadamente.

Figura 11 - Ajuste da distribuição Gaussiana Inversa, dados amostrais de rupturas que desencadearam corridas de detritos na bacia do rio Caí e na bacia do rio Taquari-Antas, em 2000 e 2010, respectivamente, em função do desnível altimétrico das unidades de morros e linhas de cumeada.



Os limiares de probabilidade dos três atributos morfométricos para definir as áreas suscetíveis à corrida de detritos e seus respectivos graus de suscetibilidade na bacia hidrográfica do Taquari-Antas foram estabelecidos em função do erro de omissão obtido nas áreas amostrais, das bacias hidrográficas do rio Caí e do rio Taquari-Antas.

Quanto menor o erro de omissão pretendido, maior deve ser o limiar de intervalo de confiança escolhido e mais abrangente se torna o intervalo de valores dos três atributos para espacializar as áreas suscetíveis. Considerando esta regra, optou-se por limiares mais estreitos e rigorosos na medida em que aumenta o grau de suscetibilidade, para que a delimitação de áreas de alta suscetibilidade não seja abrangente demais a ponto de generalizar o fenômeno na bacia.

A Tabela 12 apresenta os graus de suscetibilidade à corrida de detritos em função do erro de omissão aceitável em cada categoria e do limiar de intervalo de confiança adotado. Para as áreas de alta suscetibilidade foi adotado o limiar de 75% para o tamanho do intervalo de confiança para os três atributos morfométricos, o que resultou em um erro de omissão de cerca de 50%. Ao adotar esse limiar, 103 das 193 amostras de rupturas foram devidamente identificadas em áreas de alta suscetibilidade.

Tabela 13 - Graus de suscetibilidade à corrida de detritos na bacia hidrográfica do Taquari-Antas, em função do erro de omissão e do limiar de intervalo de confiança.

Suscetibilidade	Erro de Omissão (acumulado)	Intervalo de Confiança (limiar)
-----------------	-----------------------------	---------------------------------

Baixa	2%	99%
Média	11%	95%
Alta	47%	75%

Para as áreas de média suscetibilidade foi adotado o limiar de 95% para o tamanho do intervalo de confiança para os três atributos morfométricos, o que resultou em um erro de omissão de cerca de 10%, somando-se à área de alta suscetibilidade já identificada. Ao adotar esse limiar, em torno de 90% amostras de rupturas (172 de 193 amostras) foram devidamente identificadas em áreas de média ou alta suscetibilidade à corrida de detritos.

Por fim, para as áreas de baixa suscetibilidade foi adotado o limiar de 99% para o tamanho do intervalo de confiança para os três atributos morfométricos, o que resultou em um erro de omissão próximo de zero, somando-se às áreas de alta e média suscetibilidade já identificadas. Ao adotar esse limiar, apenas quatro amostras de rupturas não foram devidamente identificadas em áreas de baixa, média ou alta suscetibilidade à corrida de detritos.

Considerando os intervalos de confiança estabelecidos na Tabela 13, são apresentados os intervalos de valores de declividades, desnível de rampa e desnível de morros para obtenção das áreas suscetíveis à corrida de detritos na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.

Tabela 14 - Intervalos de declividades, desnível de rampa e desnível de morros para obtenção das áreas suscetíveis à corrida de detritos na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.

Suscetibilidade	Declividade Filtro de Média (5x5)		Desnível de Rampa Pixel x Drenagem		Desnível do Morro Cumeada x Drenagem	
	LI	LS	LI	LS	LI	LS
Baixa	16,8%	53,3%	8 m	674 m	131 m	695 m
Média	22,2%	51,2%	32 m	477 m	158 m	572 m
Alta	29,3%	47,1%	73 m	305 m	205 m	439 m

Legenda: LI é o limite inferior do intervalo; LS é o limite superior do intervalo.

Para obtenção do mapa final, uma vez que as áreas são acumuladas entre os diferentes graus de suscetibilidade, é necessário extrair as diferenças entre os três mapas. Assim, das áreas de média suscetibilidade são excluídos todos os pixels que já apresentam alta suscetibilidade. E, por fim, das áreas de baixa suscetibilidade à corrida de detritos são excluídos todos os pixels que já apresentam média ou alta suscetibilidade.

6. 4ª ETAPA: ESPACIALIZAÇÃO E ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS ÀS CORRIDAS DE DETRITOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAQUARI-ANTAS

Neste item são apresentados, analisados e discutidos os principais resultados quanto à espacialização das áreas suscetíveis às corridas de detritos na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas.

A Figura 12 ilustra a altimetria na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, com base nos dados SRTM/TOPODATA. Os maiores valores altimétricos são observados, de modo geral, entre as porções norte e leste da bacia, com altimetria superior a 700 m em relação ao nível médio dos oceanos, nas cabeceiras de drenagem dos rios Carreiro, da Prata, das Antas, Tainhas, Lajeado Grande e São Marcos. Estas áreas estão localizadas na Unidade Geomorfológica dos Campos Gerais, ou Campos de Cima da Serra. Por sua vez, as áreas mais baixas estão localizadas na porção sul da bacia, junto às planícies e terraços fluviais do rio Taquari, principalmente no trecho entre os municípios de Arroio do Meio e Triunfo.

As Figuras 13, 14 e 15 espacializam as três variáveis morfométricas escolhidas para a identificação das áreas suscetíveis, respectivamente, os mapas de declividades com filtro de média (5x5), de desnível de rampa e de desnível das unidades de morro.

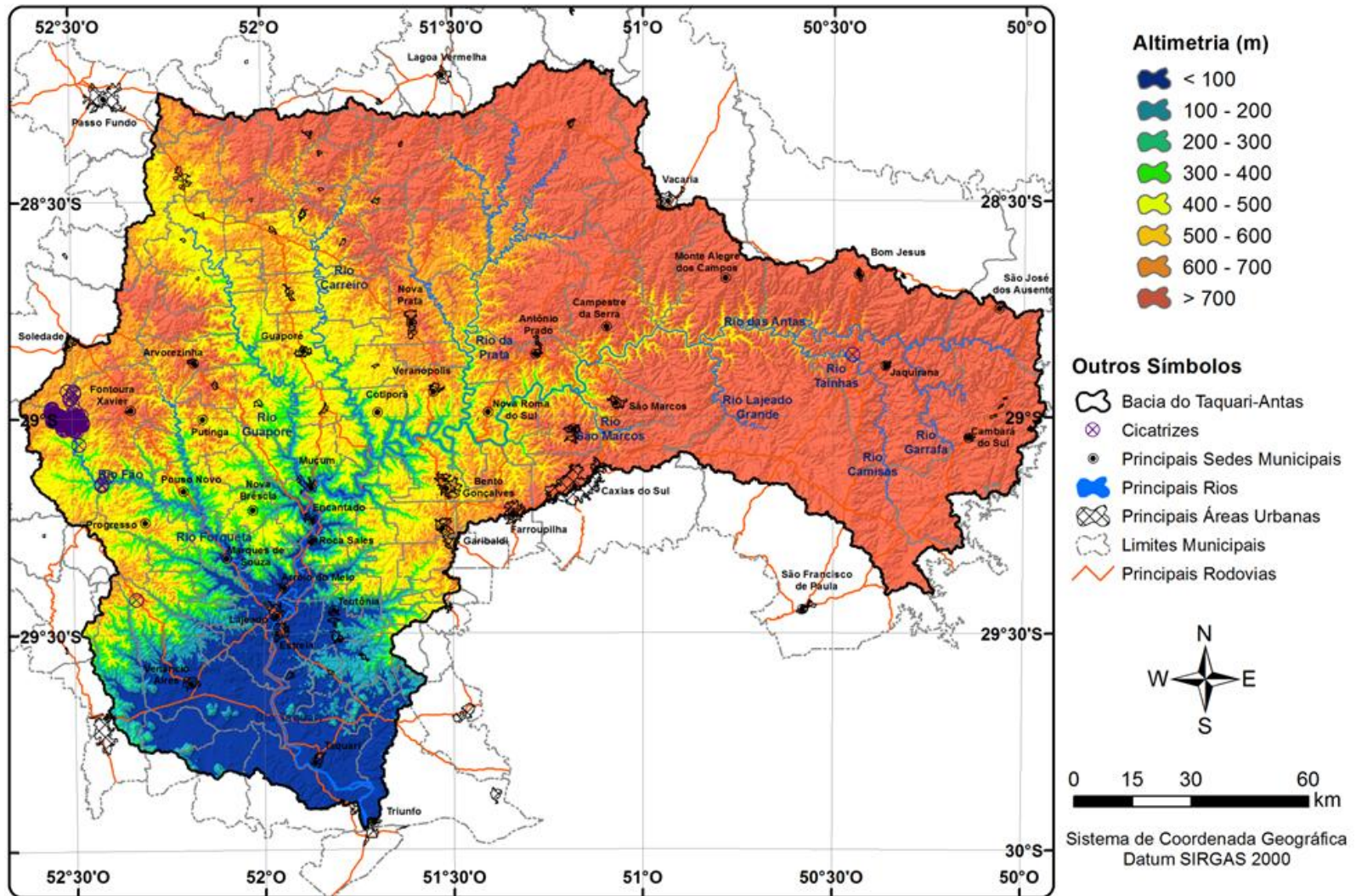
As áreas com maiores percentuais de declividades (Figura 13) estão localizadas junto aos vales dos rios das Antas, São Marcos, da Prata, Carreiro, Guaporé, Forqueta e Fão. Trata-se de vales com rios extremamente encaixados, cujas planícies e terraços fluviais são pequenos ou inexistentes, os quais representam a Unidade Geomorfológica da Serra Geral. As declividades médias nestas áreas superam o valor de 50%.

Com base na Figura 14 observa-se que as rampas com maiores desníveis estão localizadas, de modo geral, ao longo do vale do rio das Antas, principalmente no trecho entre os rios Lajeado Grande e Carreiro, na porção central da bacia Taquari-Antas. Neste trecho, muitas rampas possuem desníveis superiores a 400 metros.

Já com base na Figura 15 observa-se que as unidades de morros com maiores desníveis altimétricos estão localizadas preferencialmente na porção centro-oeste da bacia hidrográfica do Taquari-Antas, principalmente ao longo dos rios das Antas (entre os rios Lajeado Grande e Carreiro), da Prata, Guaporé, Fão, Forqueta e Taquari (entre os rios Carreiro e Forqueta). Nestes locais, pode ser observada uma grande quantidade de morros com desníveis altimétricos superiores a 500 metros.

Já a Figura 16 apresenta o mapa síntese de áreas suscetíveis às corridas de detritos da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS. As áreas suscetíveis à ruptura seguida de corridas de detritos estão localizadas preferencialmente ao longo das linhas de escarpa erosiva que marcam o limite entre a Serra Geral e os compartimentos geomorfológicos adjacentes (Patamares Baixos da Serra Geral e Campos Gerais). A linha de escarpa erosiva está localizada em maior parte junto das vertentes referentes aos vales dos rios das Antas, da Prata, São Marcos, Carreiro, Guaporé, Forqueta, Fão e Taquari (entre os rios Carreiro e Forqueta).

Figura 12 - Altimetria da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.



Fonte: SRTM/TOPODATA; Outras bases digitais: IBGE; Hasenack e Weber (2010).

Figura 13 - Declividades (filtro de média em janela 5x5) da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.

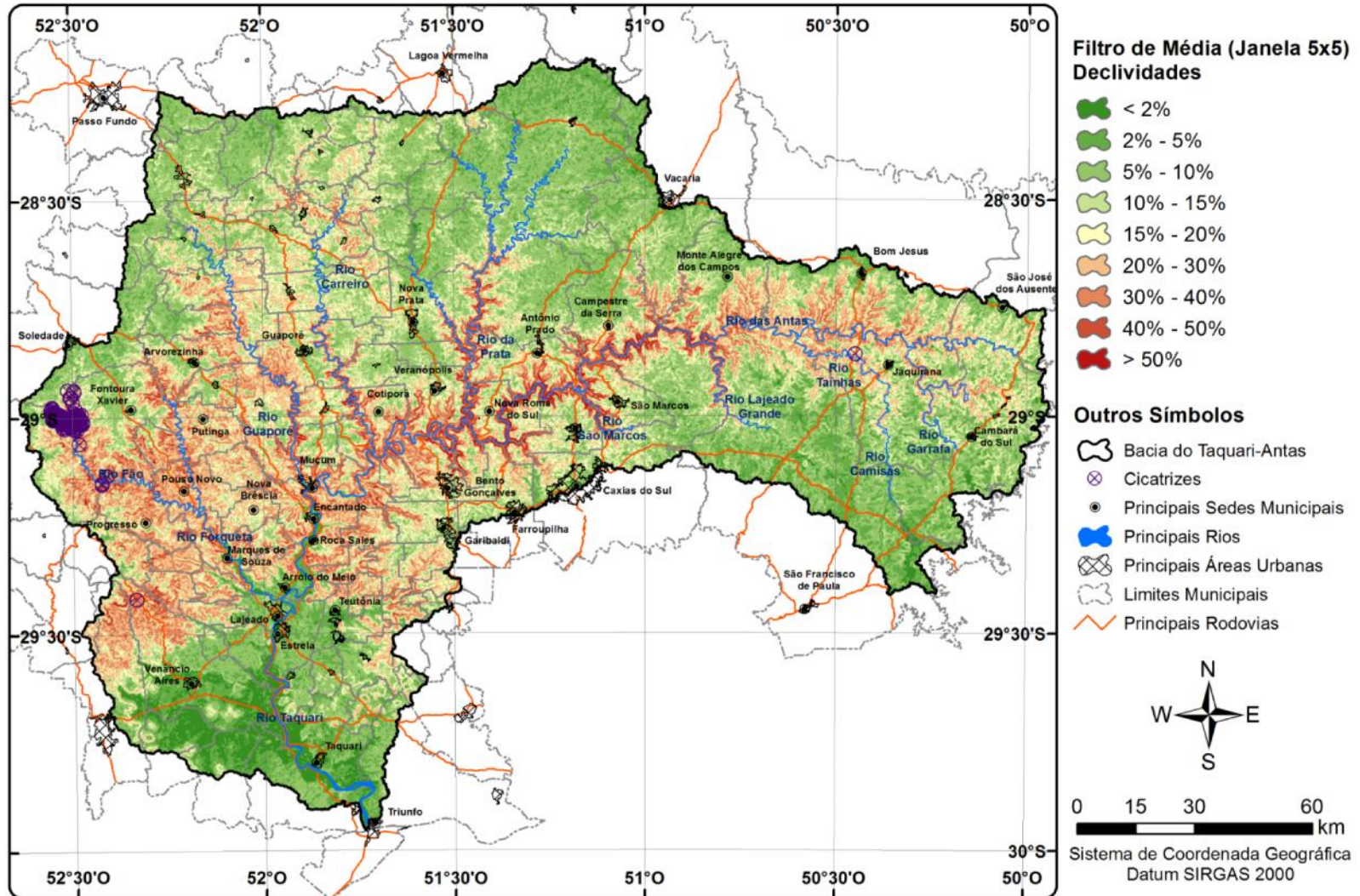


Figura 14 - Mapa de desnível de rampas da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.

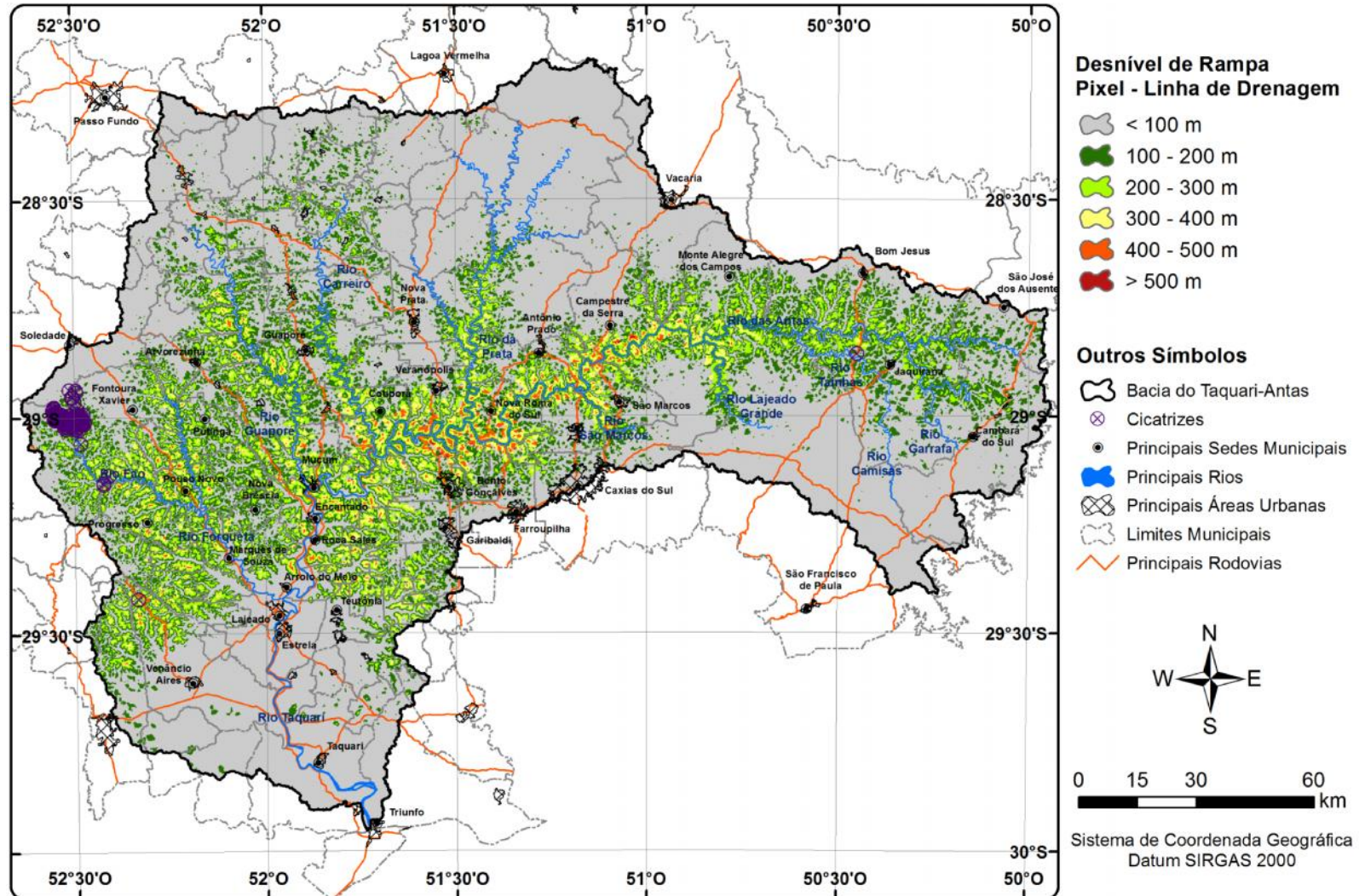


Figura 15 - Mapa de desnível altimétrico dos morros da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.

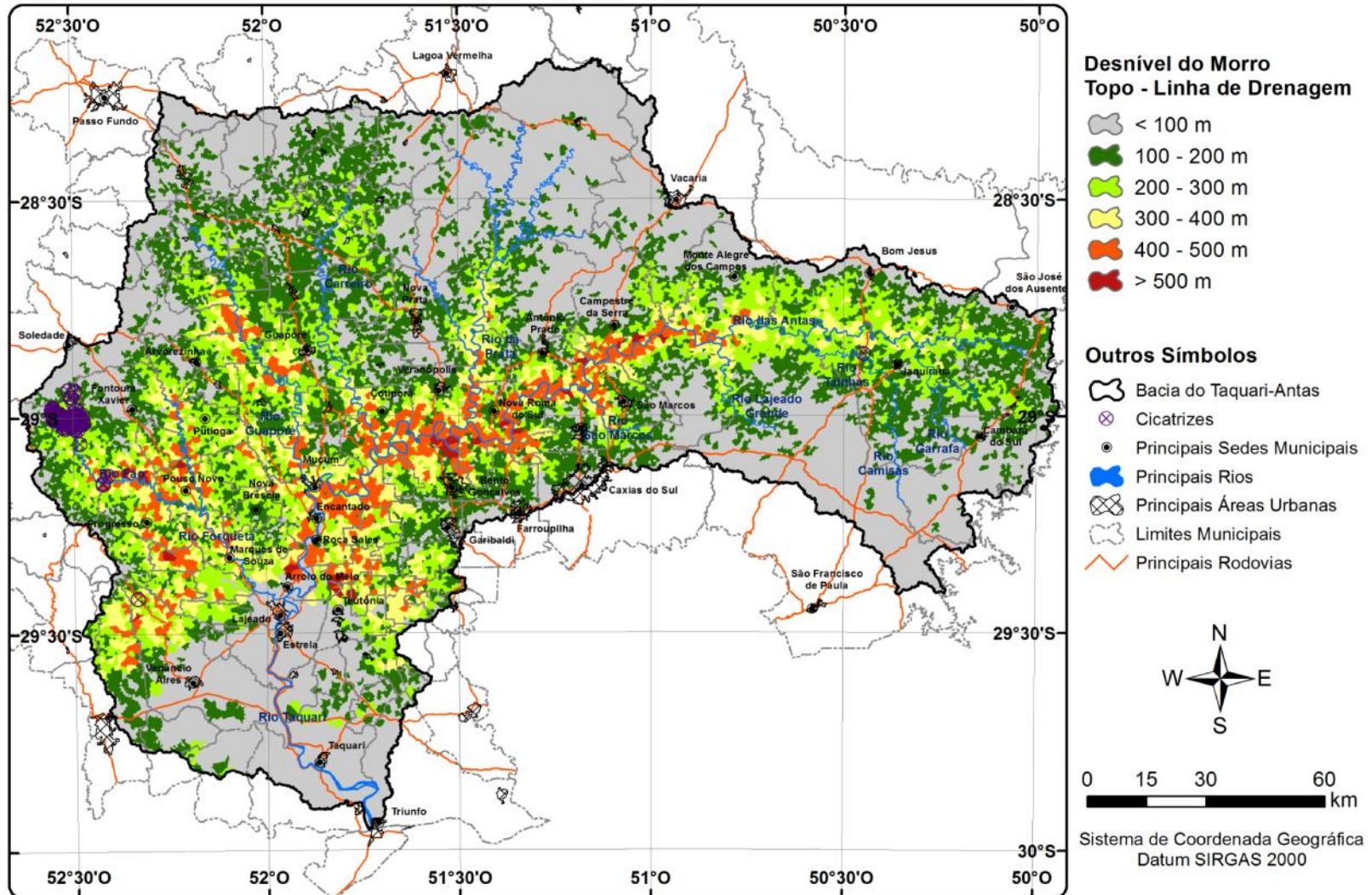
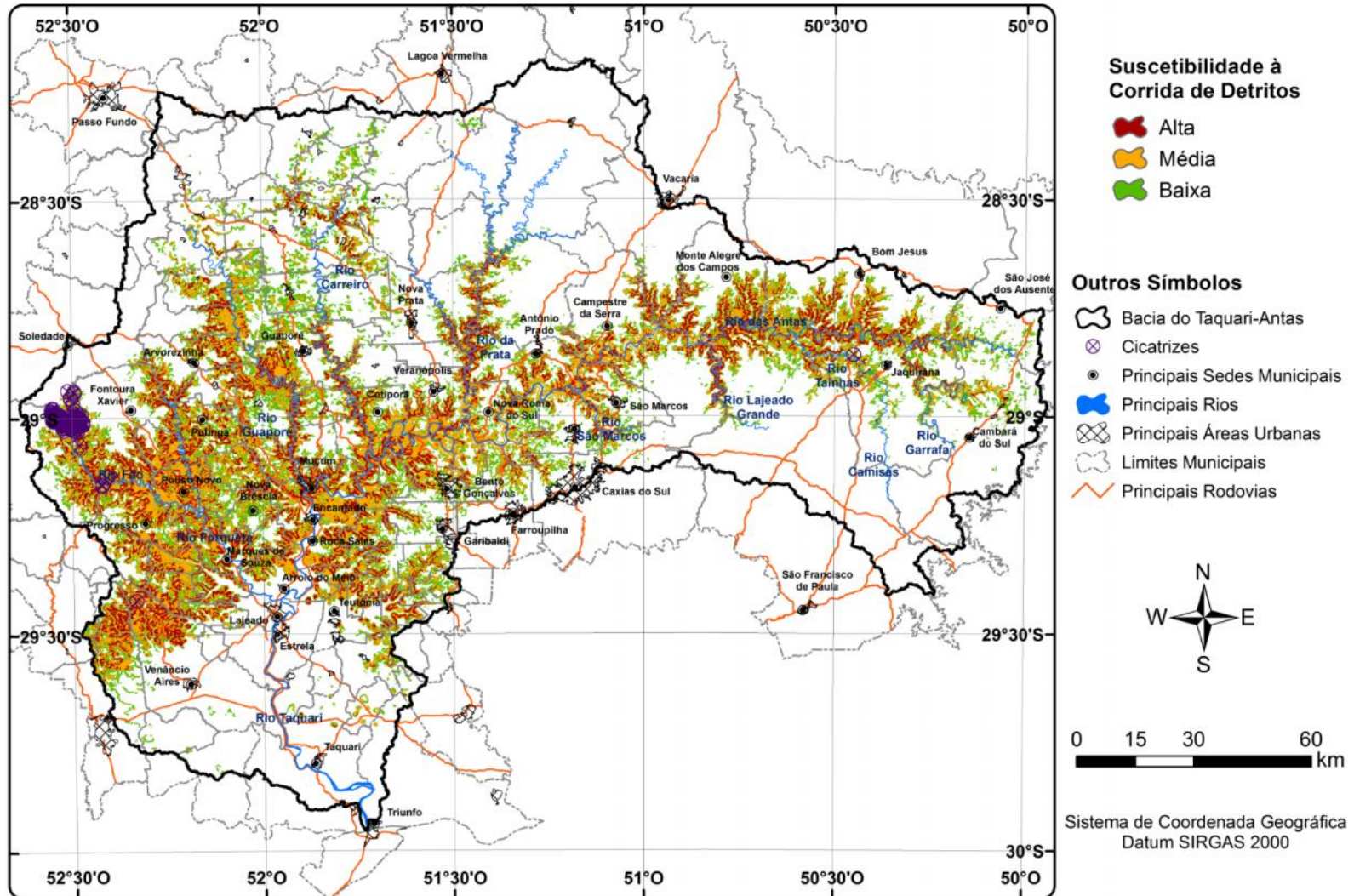


Figura 16 - Mapa de áreas suscetíveis às corridas de detritos da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.



A bacia hidrográfica do Taquari-Antas possui uma área de 26.428 km², considerando a base SRTM/TOPODATA para a extração de bacias hidrográficas. Desta área, aproximadamente 30,8% (8.147 km²) pode ser considerada suscetível à ruptura seguida de corridas de detritos, conforme a metodologia adotada por este estudo. A área de baixa suscetibilidade corresponde a 3.068 km², ou 11,6% da área total da bacia. A área de média suscetibilidade a corridas de detritos representa 3.197 km², aproximadamente 12,1% da área total da bacia. Por fim, as áreas de alta suscetibilidade representam 1.882 km², ou 7,1% da área total da bacia hidrográfica.

Ao relacionar a totalidade das áreas suscetíveis à corrida de detritos na bacia hidrográfica do Taquari-Antas com os limites municipais, foram obtidas a área absoluta e o percentual de áreas suscetíveis em cada município da bacia. Ao todo 113 municípios apresentam locais suscetíveis à corrida de detritos. Em termos absolutos (Tabela 14), os municípios com maior área suscetível são Bom Jesus (371,2 km²), Jaquirana (300 km²) e Fontoura Xavier (295,8 km²). Juntos, os três municípios concentram aproximadamente 12% de todas as áreas suscetíveis da bacia. Conforme a Tabela 15, considerando a relação entre a área suscetível e a área total dos municípios, destacam-se os municípios de Canudos do Vale (94,8%), Pouso Novo (92,2%) e Sério (89%). Ao todo, 40 municípios apresentam mais de 50% de áreas suscetíveis em seus limites municipais, a maioria destes localizados na porção centro-oeste da bacia.

A Tabela 16 apresenta uma lista de municípios com sua respectiva área de alta suscetibilidade à corrida de detritos. Ao todo 102 municípios apresentam locais com alta suscetibilidade à corrida de detritos. Em termos absolutos, os municípios que se destacam são Fontoura Xavier (90,2 km²), Bom Jesus (90,1 km²), Monte Alegre dos Campos (66,5 km²), Venâncio Aires (63,8 km²), São Francisco de Paula (57,6 km²), Jaquirana (57,4 km²), Progresso (56,5 km²), Santa Cruz do Sul (52,3 km²) e Antônio Prado (52 km²). Juntos, os nove municípios concentram aproximadamente 31% de todas as áreas com alta suscetibilidade da bacia.

Conforme a Tabela 17, considerando a relação entre as áreas de alta suscetibilidade e a área total dos municípios, destacam-se os municípios de Travesseiro (30,1%) e Muçum (26,9%). Ao todo, 17 municípios apresentam mais de 20% da sua área territorial com alta suscetibilidade à corrida de detritos e 26 municípios apresentam entre 10 e 20% da sua área territorial com este mesmo nível de suscetibilidade.

A Tabela 18 apresenta a área suscetível à corrida de detritos em relação a cada sub-bacia. Observa-se que a sub-bacia hidrográfica do rio Forqueta se destaca como a bacia com a maior área suscetível, igual

a 1.576,8 km², equivalente a 19,4% das áreas suscetíveis em toda a bacia do rio Taquari-Antas. Esta sub-bacia é conhecida por seus vales com rios extremamente encaixados, principalmente nos trechos do rio Fão, do rio Forquetinha e do Alto rio Forqueta. Em seguida, se destacam também as sub-bacias do rio Guaporé (888,4 km²), do rio Carreiro (655,5 km²) e do rio das Antas, nos trechos baixo (565,9 km²), médio (500,1 km²) e alto (645,1 km²). Juntas, as áreas suscetíveis destas sub-bacias correspondem, aproximadamente, a 60% de todas as áreas suscetíveis da bacia hidrográfica do Taquari-Antas.

Proporcionalmente, considerando a relação entre as áreas suscetíveis e a área total de cada sub-bacia, destacam-se as sub-bacias do arroio Jacaré, arroio da Seca e Alto rio Taquari, com 72,6%, 71,8% e 69,6% de áreas suscetíveis, respectivamente (Tabela 19). As sub-bacias da porção mais a jusante apresentam a menor proporção de áreas suscetíveis à corrida de detritos em relação à área da sub-bacia, tais como a do arroio Santa Cruz (8,5%), do arroio Capivara (3,7%) e do baixo rio Taquari (1,7%).

A Tabela 20 apresenta a área de alta suscetibilidade à corrida de detritos em relação a cada sub-bacia. Observa-se que a sub-bacia do rio Forqueta se destaca como a bacia com a maior área de alta suscetibilidade, igual a 444,1 km², equivalente a 23,6% das áreas de alta suscetibilidade em toda a bacia do rio Taquari-Antas. Em seguida, se destacam também as sub-bacias do rio Guaporé (176,2 km²), do alto rio das Antas (130,1 km²), do médio rio das Antas (127,8 km²) e do alto rio Taquari (125 km²). Juntas, estas cinco sub-bacias concentram aproximadamente 53% das áreas de alta suscetibilidade à ocorrência de corridas de detritos em toda a bacia hidrográfica do Taquari-Antas. Proporcionalmente, considerando a relação entre as áreas de alta suscetibilidade e a área total de cada sub-bacia, destacam-se as sub-bacias do arroio da Seca, do alto rio Taquari e do arroio Sampaio, com 21,1%, 20,7% e 19,5%, respectivamente (Tabela 21).

Tabela 15 - Área suscetível à corrida de detritos, por município, na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.

MUNICÍPIO	ÁREA SUSCETÍVEL (km ²)	MUNICÍPIO	ÁREA SUSCETÍVEL (km ²)
BOM JESUS	371,2	SANTA CLARA DO SUL	52,1
JAQUIRANA	300,0	MONTAURI	51,2
FONTOURA XAVIER	295,8	MONTE BELO DO SUL	50,1
SÃO FRANCISCO DE PAULA	220,8	CASCA	50,0
CAXIAS DO SUL	217,6	TEUTÔNIA	49,5
MONTE ALEGRE DOS CAMPOS	217,2	GARIBALDI	48,3
PROGRESSO	205,2	SÃO VALENTIM DO SUL	47,5
ANTÔNIO PRADO	185,0	POÇO DAS ANTAS	46,6
SANTA CRUZ DO SUL	182,8	PARAÍ	46,5

MUNICÍPIO	ÁREA SUSCETÍVEL (km ²)	MUNICÍPIO	ÁREA SUSCETÍVEL (km ²)
VENÂNCIO AIRES	177,2	VESPASIANO CORREA	46,3
BENTO GONÇALVES	175,0	CAPITÃO	45,8
GUAPORÉ	169,3	WESTFALIA	45,4
PUTINGA	165,5	DAVID CANABARRO	44,0
ANTA GORDA	164,0	NOVA BASSANO	41,2
ROCA SALES	158,1	NOVA PRATA	39,3
VERANÓPOLIS	156,7	VISTA ALEGRE DO PRATA	37,9
BARROS CASSAL	156,4	PAVERAMA	37,4
ARVOREZINHA	143,2	SOLEDADE	36,8
CAMBARÁ DO SUL	141,6	SÃO DOMINGOS DO SUL	35,1
CAMPESTRE DA SERRA	125,6	VILA MARIA	34,8
COTIPORÃ	121,4	FAGUNDES VARELA	30,3
FLORES DA CUNHA	116,7	SÃO JORGE	29,6
IPÊ	116,1	BARÃO	29,5
RELVADO	102,7	NOVA ARAÇÁ	26,6
SÃO MARCOS	100,1	SANTO ANTÔNIO DO PALMA	26,3
POUSO NOVO	98,1	COLINAS	25,3
ENCANTADO	95,3	CAMARGO	25,2
COQUEIRO BAIXO	95,1	VANINI	20,5
MARQUES DE SOUZA	93,6	ANDRÉ DA ROCHA	19,7
SÉRIO	88,6	VILA FLORES	19,3
NOVA ROMA DO SUL	86,1	CIRÍACO	16,3
CORONEL PILAR	83,1	MUITOS CAPÕES	15,1
DOUTOR RICARDO	82,1	SINIMBU	15,0
MUÇUM	81,4	SALVADOR DO SUL	12,9
UNIÃO DA SERRA	80,0	BROCHIER	12,0
BOQUEIRÃO DO LEÃO	77,7	TABAÍ	10,0
CANUDOS DO VALE	77,6	GUABIJU	9,9
NOVA BRÉSCIA	77,2	IBIRAIARAS	9,6
DOIS LAJEADOS	76,1	LAJEADO	7,2
SÃO JOSÉ DO HERVAL	75,3	TAQUARI	7,0
PINTO BANDEIRA	71,6	MULITERNO	6,3
NOVA ALVORADA	70,5	PASSO DO SOBRADO	5,2
SERAFINA CORRÊA	69,4	CAPÃO BONITO DO SUL	4,7
NOVA PÁDUA	68,6	SÃO PEDRO DA SERRA	4,6
PROTÁSIO ALVES	68,6	MONTENEGRO	4,6
ARROIO DO MEIO	67,2	LAGOA VERMELHA	3,6
FARROUPILHA	66,5	VALE VERDE	3,4
CARLOS BARBOSA	66,5	MARAU	3,3
FORQUETINHA	65,8	BOM RETIRO DO SUL	2,5
SANTA TEREZA	64,2	TRIUNFO	2,4

MUNICÍPIO	ÁREA SUSCETÍVEL (km ²)	MUNICÍPIO	ÁREA SUSCETÍVEL (km ²)
ITAPUCA	62,5	CRUZEIRO DO SUL	1,6
TRAVESSEIRO	62,1	FAZENDA VILANOVA	1,5
IMIGRANTE	60,4	ESTRELA	1,4
VACARIA	59,5	MATO LEITÃO	1,2
BOA VISTA DO SUL	58,4	CASEIROS	0,2
SÃO JOSÉ DOS AUSENTES	58,4	GENTIL	0,0
ILÓPOLIS	54,9		

Tabela 16 - Relação entre a área suscetível à corrida de detritos e as áreas municipais.

MUNICÍPIO	RELAÇÃO ÁREA SUSCETÍVEL X ÁREA MUNICIPAL	MUNICÍPIO	RELAÇÃO ÁREA SUSCETÍVEL X ÁREA MUNICIPAL
CANUDOS DO VALE	94,8%	BOQUEIRÃO DO LEÃO	29,3%
POUSO NOVO	92,2%	CARLOS BARBOSA	29,1%
SÉRIO	89,0%	GARIBALDI	28,5%
SANTA TEREZA	86,9%	TEUTÔNIA	27,7%
COQUEIRO BAIXO	84,7%	DAVID CANABARRO	25,2%
RELVADO	83,3%	SÃO JORGE	25,1%
IMIGRANTE	82,3%	SANTA CRUZ DO SUL	24,9%
PUTINGA	80,7%	BARROS CASSAL	24,1%
PROGRESSO	80,2%	BARÃO	23,7%
CORONEL PILAR	78,8%	CAMPESTRE DA SERRA	23,4%
TRAVESSEIRO	76,6%	VENÂNCIO AIRES	22,9%
ROCA SALES	75,8%	FAGUNDES VARELA	22,6%
DOUTOR RICARDO	75,7%	PAVERAMA	21,8%
NOVA BRÉSCIA	75,1%	SANTO ANTÔNIO DO PALMA	20,8%
MARQUES DE SOUZA	74,8%	NOVA BASSANO	19,5%
MUÇUM	73,4%	IPÊ	19,4%
SÃO JOSÉ DO HERVAL	73,0%	VILA MARIA	19,2%
MONTE BELO DO SUL	72,0%	FARROUPILHA	18,5%
WESTFALIA	71,0%	CASCA	18,4%
COTIPORÃ	70,5%	CAMARGO	18,3%
FORQUETINHA	70,4%	VILA FLORES	17,9%
POÇO DAS ANTAS	69,0%	NOVA PRATA	15,2%
ENCANTADO	68,5%	BOM JESUS	14,2%
PINTO BANDEIRA	68,2%	CAXIAS DO SUL	13,2%
ANTA GORDA	67,5%	SALVADOR DO SUL	13,1%
NOVA PÁDUA	66,5%	SÃO PEDRO DA SERRA	13,1%
BENTO GONÇALVES	63,9%	CAMBARÁ DO SUL	11,7%
BOA VISTA DO SUL	62,7%	BROCHIER	11,2%
MONTAURI	62,5%	TABAÍ	10,6%

MUNICÍPIO	RELAÇÃO ÁREA SUSCETÍVEL X ÁREA MUNICIPAL	MUNICÍPIO	RELAÇÃO ÁREA SUSCETÍVEL X ÁREA MUNICIPAL
CAPITÃO	62,0%	LAJEADO	8,0%
UNIÃO DA SERRA	61,1%	SÃO FRANCISCO DE PAULA	6,7%
SANTA CLARA DO SUL	60,1%	GUABIJU	6,7%
NOVA ROMA DO SUL	57,8%	ANDRÉ DA ROCHA	6,1%
DOIS LAJEADOS	57,1%	CIRÍACO	6,0%
GUAPORÉ	56,9%	MULITERNO	5,7%
VERANÓPOLIS	54,2%	SÃO JOSÉ DOS AUSENTES	5,0%
ANTÔNIO PRADO	53,3%	IBIRAIARAS	3,2%
ARVOREZINHA	52,8%	SOLEDADE	3,0%
SÃO VALENTIM DO SUL	51,5%	SINIMBU	2,9%
FONTOURA XAVIER	50,7%	VACARIA	2,8%
NOVA ALVORADA	47,2%	MATO LEITÃO	2,6%
ILÓPOLIS	47,1%	BOM RETIRO DO SUL	2,5%
SÃO DOMINGOS DO SUL	44,5%	TAQUARI	2,0%
COLINAS	43,3%	PASSO DO SOBRADO	2,0%
FLORES DA CUNHA	42,7%	FAZENDA VILANOVA	1,7%
ARROIO DO MEIO	42,6%	MUITOS CAPÕES	1,3%
SERAFINA CORRÊA	42,5%	MONTENEGRO	1,1%
VESPASIANO CORREA	40,7%	VALE VERDE	1,0%
PROTÁSIO ALVES	39,7%	CRUZEIRO DO SUL	1,0%
MONTE ALEGRE DOS CAMPOS	39,5%	CAPÃO BONITO DO SUL	0,9%
SÃO MARCOS	39,1%	ESTRELA	0,8%
PARAÍ	38,3%	MARAU	0,5%
NOVA ARAÇÁ	35,7%	TRIUNFO	0,3%
ITAPUCA	33,9%	LAGOA VERMELHA	0,3%
JAQUIRANA	33,1%	CASEIROS	0,1%
VISTA ALEGRE DO PRATA	31,8%	GENTIL	0,0%
VANINI	31,5%		

Tabela 17 - Área de alta suscetibilidade à corrida de detritos, por município, na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.

MUNICÍPIO	ÁREA DE ALTA SUSCETIBILIDADE (km ²)	MUNICÍPIO	ÁREA DE ALTA SUSCETIBILIDADE (km ²)
FONTOURA XAVIER	90,22	CAPITÃO	13,22
BOM JESUS	90,07	WESTFALIA	12,81
MONTE ALEGRE DOS CAMPOS	66,45	TEUTÔNIA	11,77
VENÂNCIO AIRES	63,75	VESPASIANO CORREA	11,03
SÃO FRANCISCO DE PAULA	57,60	PARAÍ	10,84
JAQUIRANA	57,35	NOVA BRÉSCIA	10,43

MUNICÍPIO	ÁREA DE ALTA SUSCETIBILIDADE (km ²)	MUNICÍPIO	ÁREA DE ALTA SUSCETIBILIDADE (km ²)
PROGRESSO	56,47	PINTO BANDEIRA	10,16
SANTA CRUZ DO SUL	52,25	MONTE BELO DO SUL	9,96
ANTÔNIO PRADO	51,95	CARLOS BARBOSA	9,71
CAXIAS DO SUL	44,95	VISTA ALEGRE DO PRATA	9,59
PUTINGA	44,50	GARIBALDI	9,42
ROCA SALES	42,49	SÃO DOMINGOS DO SUL	9,27
ANTA GORDA	39,95	NOVA PÁDUA	9,18
GUAPORÉ	38,57	COLINAS	8,32
ARVOREZINHA	38,16	SOLEDADE	8,25
BARROS CASSAL	38,11	CAMBARÁ DO SUL	6,96
VERANÓPOLIS	36,70	UNIÃO DA SERRA	6,63
BENTO GONÇALVES	34,63	FARROUPILHA	6,12
ENCANTADO	31,54	SÃO JORGE	6,10
CAMPESTRE DA SERRA	29,92	FAGUNDES VARELA	5,65
MUÇUM	29,80	VILA FLORES	5,49
COTIPORÃ	28,02	NOVA PRATA	4,71
SÃO JOSÉ DO HERVAL	26,40	SANTO ANTÔNIO DO PALMA	4,39
IPÊ	26,30	SÃO JOSÉ DOS AUSENTES	4,17
MARQUES DE SOUZA	25,81	PAVERAMA	3,79
SÉRIO	25,80	VILA MARIA	3,67
POUSO NOVO	25,60	VANINI	3,47
TRAVESEIRO	24,39	ANDRÉ DA ROCHA	3,12
CORONEL PILAR	24,09	LAJEADO	2,94
FORQUETINHA	23,08	SALVADOR DO SUL	2,81
SÃO MARCOS	21,72	BARÃO	2,80
DOUTOR RICARDO	21,23	CASCA	2,29
PROTÁSIO ALVES	20,95	MUITOS CAPÕES	2,13
BOQUEIRÃO DO LEÃO	20,47	MONTAURI	1,92
CANUDOS DO VALE	19,63	BROCHIER	1,48
COQUEIRO BAIXO	19,58	SINIMBU	1,46
FLORES DA CUNHA	19,57	NOVA ARAÇÁ	1,44
IMIGRANTE	18,76	GUABIJU	1,34
SANTA TEREZA	18,71	TAQUARI	1,26
VACARIA	17,79	CAMARGO	0,89
NOVA ROMA DO SUL	17,65	NOVA BASSANO	0,79
POÇO DAS ANTAS	17,31	DAVID CANABARRO	0,75
RELVADO	17,18	CIRÍACO	0,75
ARROIO DO MEIO	16,49	ESTRELA	0,63
ILÓPOLIS	16,20	MONTENEGRO	0,41
NOVA ALVORADA	15,72	TABAÍ	0,32

MUNICÍPIO	ÁREA DE ALTA SUSCETIBILIDADE (km ²)	MUNICÍPIO	ÁREA DE ALTA SUSCETIBILIDADE (km ²)
BOA VISTA DO SUL	15,28	CRUZEIRO DO SUL	0,20
ITAPUCA	15,12	SERAFINA CORRÊA	0,17
DOIS LAJEADOS	14,97	SÃO PEDRO DA SERRA	0,06
SANTA CLARA DO SUL	13,90	BOM RETIRO DO SUL	0,04
SÃO VALENTIM DO SUL	13,41	TRIUNFO	0,01

Tabela 18 - Relação entre a área de alta suscetibilidade à corrida de detritos e as áreas municipais, na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.

MUNICÍPIO	RELAÇÃO ÁREA DE ALTA SUSCETIBILIDADE X ÁREA MUNICIPAL	MUNICÍPIO	RELAÇÃO ÁREA DE ALTA SUSCETIBILIDADE X ÁREA MUNICIPAL
TRAVESEIRO	30,09%	BOQUEIRÃO DO LEÃO	7,72%
MUÇUM	26,89%	FLORES DA CUNHA	7,16%
SÉRIO	25,90%	SANTA CRUZ DO SUL	7,13%
POÇO DAS ANTAS	25,64%	TEUTÔNIA	6,60%
SÃO JOSÉ DO HERVAL	25,62%	JAQUIRANA	6,32%
IMIGRANTE	25,59%	BARROS CASSAL	5,87%
SANTA TEREZA	25,31%	GARIBALDI	5,57%
FORQUETINHA	24,68%	CAMPESTRE DA SERRA	5,57%
POUSO NOVO	24,04%	VANINI	5,35%
CANUDOS DO VALE	23,97%	SÃO JORGE	5,17%
CORONEL PILAR	22,86%	VILA FLORES	5,09%
ENCANTADO	22,68%	UNIÃO DA SERRA	5,07%
PROGRESSO	22,08%	IPÊ	4,39%
PUTINGA	21,71%	CARLOS BARBOSA	4,25%
MARQUES DE SOUZA	20,63%	FAGUNDES VARELA	4,21%
ROCA SALES	20,38%	SANTO ANTÔNIO DO PALMA	3,49%
WESTFALIA	20,03%	BOM JESUS	3,43%
DOUTOR RICARDO	19,59%	LAJEADO	3,26%
CAPITÃO	17,89%	SALVADOR DO SUL	2,85%
COQUEIRO BAIXO	17,45%	CAXIAS DO SUL	2,74%
ANTA GORDA	16,45%	MONTAURI	2,34%
BOA VISTA DO SUL	16,41%	BARÃO	2,25%
COTIPORÃ	16,27%	PAVERAMA	2,21%
SANTA CLARA DO SUL	16,05%	VILA MARIA	2,02%

FONTOURA XAVIER	15,47%	NOVA ARAÇÁ	1,93%
ANTÔNIO PRADO	14,96%	NOVA PRATA	1,82%
SÃO VALENTIM DO SUL	14,55%	SÃO FRANCISCO DE PAULA	1,76%
MONTE BELO DO SUL	14,33%	FARROUPILHA	1,70%
COLINAS	14,27%	BROCHIER	1,39%
ARVOREZINHA	14,05%	ANDRÉ DA ROCHA	0,96%
RELVADO	13,92%	GUABIJU	0,91%
ILÓPOLIS	13,91%	CASCA	0,84%
GUAPORÉ	12,97%	VACARIA	0,84%
VERANÓPOLIS	12,69%	SOLEDADE	0,68%
BENTO GONÇALVES	12,64%	CAMARGO	0,65%
PROTÁSIO ALVES	12,13%	CAMBARÁ DO SUL	0,58%
MONTE ALEGRE DOS CAMPOS	12,10%	DAVID CANABARRO	0,43%
NOVA ROMA DO SUL	11,85%	NOVA BASSANO	0,37%
SÃO DOMINGOS DO SUL	11,75%	TAQUARI	0,36%
DOIS LAJEADOS	11,23%	SÃO JOSÉ DOS AUSENTES	0,36%
NOVA ALVORADA	10,53%	ESTRELA	0,34%
ARROIO DO MEIO	10,45%	TABAÍ	0,33%
NOVA BRÉSCIA	10,15%	SINIMBU	0,29%
VESPASIANO CORREA	9,69%	CIRÍACO	0,27%
PINTO BANDEIRA	9,68%	MUITOS CAPÕES	0,18%
PARÁÍ	8,93%	SÃO PEDRO DA SERRA	0,17%
NOVA PÁDUA	8,90%	CRUZEIRO DO SUL	0,13%
SÃO MARCOS	8,48%	SERAFINA CORRÊA	0,10%
VENÂNCIO AIRES	8,25%	MONTENEGRO	0,10%
ITAPUCA	8,21%	BOM RETIRO DO SUL	0,04%
VISTA ALEGRE DO PRATA	8,04%	TRIUNFO	0,00%

Tabela 19 - Área suscetível à corrida de detritos, por sub-bacia, na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.

SUB-BACIA	ÁREA SUSCETÍVEL (km ²)	PERCENTUAL
RIO FORQUETA	1576,8	19,4%
RIO GUAPORÉ	888,4	10,9%
RIO CARREIRO	655,5	8,0%
ALTO RIO DAS ANTAS	645,1	7,9%
BAIXO RIO DAS ANTAS	565,9	6,9%
MÉDIO RIO DAS ANTAS	500,1	6,1%
ALTO RIO TAQUARI	420,1	5,2%

SUB-BACIA	ÁREA SUSCETÍVEL (km ²)	PERCENTUAL
ARROIO JACARÉ	390,6	4,8%
RIO DA PRATA	378,1	4,6%
ARROIO TAQUARI-MIRIM	314,9	3,9%
ARROIO BOA VISTA	272,2	3,3%
RIO TAINHAS	184,1	2,3%
ARROIO DA SECA	138,2	1,7%
ARROIO SAMPAIO	135,8	1,7%
ARROIO MARRECÃO	110,2	1,4%
RIO SÃO MARCOS	100,4	1,2%
RIO LAJEADO GRANDE	97,4	1,2%
RIO TEGAS	96,9	1,2%
ARROIO PEDRINHO	89,9	1,1%
RIO QUEBRA-DENTES	70,0	0,9%
RIO REFUGIADO	67,4	0,8%
RIO BURATI	66,5	0,8%
ARROIO DO GOVERNADOR	61,4	0,8%
MÉDIO RIO TAQUARI	60,2	0,7%
ARROIO VIEIRA	54,2	0,7%
ARROIO SÃO TOMÉ	53,5	0,7%
ARROIO RETIRO	52,6	0,6%
ARROIO SANTA CRUZ	34,7	0,4%
ARROIO ESTRELA	26,5	0,3%
ARROIO MULADA	20,8	0,3%
BAIXO RIO TAQUARI	12,2	0,1%
ARROIO CAPIVARA	6,2	0,1%

Tabela 20 - Percentual de áreas suscetíveis à corrida de detritos, por sub-bacia, na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.

SUB-BACIA	PERCENTUAL DE ÁREAS SUSCETÍVEIS NA SUB-BACIA
ARROIO JACARÉ	72,6%
ARROIO DA SECA	71,8%
ALTO RIO TAQUARI	69,6%
ARROIO PEDRINHO	60,3%
MÉDIO RIO DAS ANTAS	58,7%
BAIXO RIO DAS ANTAS	56,3%
RIO FORQUETA	55,4%
ARROIO SAMPAIO	53,5%
ARROIO MARRECÃO	49,4%
ARROIO BOA VISTA	47,2%

SUB-BACIA	PERCENTUAL DE ÁREAS SUSCETÍVEIS NA SUB-BACIA
ARROIO DO GOVERNADOR	43,4%
RIO GUAPORÉ	35,7%
RIO TEGAS	33,1%
RIO BURATI	32,0%
ALTO RIO DAS ANTAS	31,2%
ARROIO RETIRO	29,3%
RIO CARREIRO	25,6%
RIO SÃO MARCOS	25,1%
MÉDIO RIO TAQUARI	23,7%
ARROIO TAQUARI-MIRIM	23,1%
ARROIO VIEIRA	20,6%
ARROIO SÃO TOMÉ	18,8%
RIO QUEBRA-DENTES	17,4%
RIO REFUGIADO	17,1%
ARROIO MULADA	13,5%
RIO TAINHAS	12,7%
ARROIO ESTRELA	11,1%
RIO LAJEADO GRANDE	10,3%
RIO DA PRATA	10,0%
ARROIO SANTA CRUZ	8,5%
ARROIO CAPIVARA	3,7%
BAIXO RIO TAQUARI	1,7%

Tabela 21 - Área de alta suscetibilidade à corrida de detritos, por sub-bacia, na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.

SUB-BACIA	ÁREA DE ALTA SUSCETIBILIDADE (km²)	PERCENTUAL
RIO FORQUETA	444,1	23,60%
RIO GUAPORÉ	176,2	9,36%
ALTO RIO DAS ANTAS	130,1	6,91%
MÉDIO RIO DAS ANTAS	127,8	6,79%
ALTO RIO TAQUARI	125,0	6,64%
BAIXO RIO DAS ANTAS	104,2	5,54%
RIO CARREIRO	97,2	5,16%
RIO DA PRATA	93,6	4,97%
ARROIO TAQUARI-MIRIM	90,0	4,78%
ARROIO JACARÉ	85,3	4,54%
ARROIO BOA VISTA	61,0	3,24%
ARROIO SAMPAIO	49,5	2,63%

SUB-BACIA	ÁREA DE ALTA SUSCETIBILIDADE (km²)	PERCENTUAL
ARROIO DA SECA	40,6	2,16%
RIO LAJEADO GRANDE	31,3	1,66%
ARROIO PEDRINHO	25,3	1,35%
ARROIO MARRECÃO	24,0	1,27%
RIO TAINHAS	22,2	1,18%
RIO REFUGIADO	20,9	1,11%
RIO QUEBRA-DENTES	20,6	1,09%
RIO SÃO MARCOS	16,8	0,89%
ARROIO SÃO TOMÉ	14,3	0,76%
MÉDIO RIO TAQUARI	14,0	0,75%
RIO TEGAS	12,9	0,68%
ARROIO VIEIRA	12,7	0,67%
ARROIO RETIRO	11,7	0,62%
ARROIO DO GOVERNADOR	9,7	0,52%
RIO BURATI	7,8	0,42%
ARROIO MULADA	4,6	0,25%
ARROIO SANTA CRUZ	2,7	0,14%
BAIXO RIO TAQUARI	2,5	0,13%
ARROIO ESTRELA	2,3	0,12%
ARROIO CAPIVARA	0,7	0,04%

Tabela 22 - Percentual de áreas de alta suscetibilidade à corrida de detritos, por sub-bacia, na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.

SUB-BACIA	PERCENTUAL DE ÁREAS DE ALTA SUSCETIBILIDADE NA SUB-BACIA
ARROIO DA SECA	21,1%
ALTO RIO TAQUARI	20,7%
ARROIO SAMPAIO	19,5%
ARROIO PEDRINHO	17,0%
ARROIO JACARÉ	15,9%
RIO FORQUETA	15,6%
MÉDIO RIO DAS ANTAS	15,0%
ARROIO MARRECÃO	10,8%
ARROIO BOA VISTA	10,6%
BAIXO RIO DAS ANTAS	10,4%
RIO GUAPORÉ	7,1%
ARROIO DO GOVERNADOR	6,8%
ARROIO TAQUARI-MIRIM	6,6%
ARROIO RETIRO	6,5%

SUB-BACIA	PERCENTUAL DE ÁREAS DE ALTA SUSCETIBILIDADE NA SUB-BACIA
ALTO RIO DAS ANTAS	6,3%
MÉDIO RIO TAQUARI	5,5%
RIO REFUGIADO	5,3%
RIO QUEBRA-DENTES	5,1%
ARROIO SÃO TOMÉ	5,0%
ARROIO VIEIRA	4,8%
RIO TEGAS	4,4%
RIO SÃO MARCOS	4,2%
RIO CARREIRO	3,8%
RIO BURATI	3,8%
RIO LAJEADO GRANDE	3,3%
ARROIO MULADA	3,0%
RIO DA PRATA	2,5%
RIO TAINHAS	1,5%
ARROIO ESTRELA	1,0%
ARROIO SANTA CRUZ	0,6%
ARROIO CAPIVARA	0,4%
BAIXO RIO TAQUARI	0,4%

REFERÊNCIAS

AUGUSTO FILHO, O. *Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica*. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 1, 1992, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABMS/ABGE. 1992. p.721-733.

AVELAR, A.S.; LACERDA, W.A.; COELHO NETTO, A.L. *Análise de susceptibilidade a movimentos de massa no Maciço da Tijuca (RJ) utilizando SIG*. In: Conferência Brasileira Sobre Estabilidade de Encostas - COBRAE III, 2002, Rio de Janeiro. Anais do: Conferência Brasileira Sobre Estabilidade de Encostas - COBRAE III, Anais, 2002. p.133-140.

BATEIRA, C. *TERRISC: Recuperação de paisagens de terraços e prevenção de riscos naturais (SUDOE III B)*. (2006) Porto - Portugal.

BRUBACHER, J.P.; OLIVEIRA, G.G.; GUASSELLI, L.A. Suscetibilidade de enchentes a partir da análise das variáveis morfométricas na bacia hidrográfica do rio dos Sinos/RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011, p. 1863-1870. DVD. ISBN: 978-85-17-00057-7.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

FARIA, R.; ROCHA, G.G.; ZAIDAN, R.T. A eficácia de previsões de ocorrência de movimentos de massa em Juiz de Fora - MG. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física e Aplicada, Universidade Federal de Viçosa, Anais Viçosa, MG, julho de 2008.

GRAMANI, M., *A corrida de detritos no Ribeirão Cagado, Serra do Mar, Município de Cubatao-SP*. In VI Conferência Brasileira de Encostas. Angra dos Reis, 2013.

GOMES, R.A.T. *Modelagem de Previsão de Movimentos de Massa a Partir da Combinação de Modelos de Escorregamentos e Corridas de Massa*. UFRJ, 2006. (Tese doutorado)

GUIDICINI, G. & NIEBLE, C. M. 1984. *Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação*. São Paulo: 2a ed. Edgard Blücher, 194p.

HASENACK, H. & WEBER, E. (Orgs.). Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000. Porto Alegre: UFRGS-IB - Centro de Ecologia. 2010. DVDROM (Série Geoprocessamento, 3).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; *Curso de treinamento de técnicos municipais para o mapeamento e gerenciamento de áreas urbanas com risco de escorregamentos e inundações*. Relatório Técnico 74186-205. São Paulo. 2004.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; *Mapeamento e diagnóstico das áreas de risco associado a processos de instabilização do terreno nas encostas dos Morros de Arujá, SP*. Relatório Técnico 77889-205. São Paulo. 2005.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; *Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações do município de Potim, SP*. Relatório Técnico 142750-205. São Paulo. 2015.

JENSON, S.K. & DOMINGUE, J.O. Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 54, n. 11, p. 1593-1600, 1988

KANJI, M. A., CRUZ, P. T., MASSAD, F., *Debris flow affecting the Cubatão Oil Refinery, Brazil*, *Landslides*, v.5, pp. 71–82. 2008

KOBIYAMA, M.; MICHEL, G.P. *Histórico de ocorrência de fluxos de detritos e seus estudos no Brasil*. In: XI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, João Pessoa/PB, Anais, 2014. 20p.

KOBYAMA, M. *Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos*. Curitiba: Ed. Organic Trading , 2006.

MARCELINO, E. V. *Mapeamento de áreas suscetíveis a escorregamento no município de Caraguatatuba (SP) usando técnicas de sensoriamento remoto e SIG*. São José dos Campos. 228p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Inpe, 2004.

MONGUILHOTT, M. *Estudo de áreas suscetíveis a movimentos de massa na rodovia RS/486 – Rota do Sol*. Porto Alegre: UFRGS, 2008. (Dissertação de mestrado)

MONTEIRO, J. B. & PINHEIRO, D. R. C. *O desastre natural como fenômeno induzido pela sociedade: abordagens teóricas e metodologias operacionais para identificação/mitigação de desastres naturais* www.ufjf.br/revistageografia - v.2, n.1, p.1-9, 2012

NUMMER, V. A. *Parâmetros Geológico-Geotécnicos controladores dos movimentos de massa na rota do sol/ RS 486 – Itati, RS*. 2003. (tese de doutorado UFRGS)

PAZ, A.R. & COLLISCHONN, W. Derivação de rede de drenagem a partir de dados SRTM. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 2, n. 2, p. 84-95, 2008.

PINHEIRO, R.J.B.; BRESSANI, L.A.; BICA, A.V.D. *Movimentos de massa associados à encosta da Serra Geral no Estado do Rio Grande do Sul*. In: GEOSUL, 2000, Porto Alegre. GEOSUL. Porto Alegre: ABMS, Anais, 2000. v.1. p.115-127.

RIFFEL, E.S.; GUASSELLI, L. A. *Mapeamento de áreas suscetíveis a movimentos de massa na bacia hidrográfica do rio Paranhana, RS*. In: Laurindo Antonio Guasselli; Guilherme Garcia de Oliveira; Rita de Cássia Marques Alves. (Org.). *EVENTOS EXTREMOS NO RIO GRANDE DO SUL: INUNDAÇÕES E MOVIMENTOS DE MASSA*. 1ed.Porto Alegre: Editora Evangraf, 2013, v. 1, p. 119-138.

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

SCHEUREN, J.M.; POLAIN, O.; BELOW, R.; GUHA-SAPIR, D.; PONSERRE, S. 2008. *Annual Disaster Statistical Review – The Numbers and Trends 2007*. CRED - Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. 2008, Université Catholique de Louvain, Brussels, Belgium. Disponível em: <http://www.emdat.be/Documents>. Último acesso em nov de 2014.

SELBY, M. *Earth's changing surface: an introduction to geomorphology*. New York: Oxford University Press, 1985.

SILVEIRA, R. M. *Comportamento Geotécnico de um Solo Coluvionar de São Vendelino (RS)* Doutorado em Engenharia Civil UFRGS. Porto Alegre - RS, 2008.

VANACÔR, R.N. *Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao mapeamento das áreas susceptíveis a movimentos de massa na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: UFRGS, 2006.132p. (Mestre em Sensoriamento Remoto)

VALERIANO, M.M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia. Anais... Goiânia, 2005, p. 1-8. 23.

VALERIANO, M.M. Dados topográficos. In: T.G. FLORENZANO (Org.), *Geomorfologia - conceitos e tecnologias atuais*. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, v. 1, p. 72-104, 2008.

ZAIDAN, R.T.; FERNANDES, N.F. Zoneamento de susceptibilidade a escorregamentos em encostas aplicada à bacia de drenagem urbana do córrego do Independência - Juiz de Fora (MG). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, UFSM, São Paulo – SP, v.10 (2): p.57-75, 2009.

ZNAMENSKY, D. *Mecanismos de formação das corridas detríticas em ambientes tropicais úmidos e a pesquisa de estruturas para o controle e manejo desses fenômenos*. Tese de doutorado na USP, 2005.

ANEXOS
Tabela 23 - Localização dos pontos de ruptura referentes às cicatrizes de corridas de detritos – inventário nas bacias hidrográficas dos rios Taquari-Antas e Caí.

CICATRIZES	MUNICÍPIO	LONGITUDE (°)	LATITUDE (°)
1	BARROS CASSAL	-52,5167	-29,0223
2	BARROS CASSAL	-52,5146	-29,0220
3	BARROS CASSAL	-52,5206	-29,0273
4	BARROS CASSAL	-52,5246	-29,0230
5	BARROS CASSAL	-52,5213	-29,0156
6	BARROS CASSAL	-52,5221	-29,0139
7	BARROS CASSAL	-52,5211	-29,0151
8	BARROS CASSAL	-52,5228	-29,0127
9	BARROS CASSAL	-52,5274	-29,0147
10	BARROS CASSAL	-52,5280	-29,0129
11	BARROS CASSAL	-52,5284	-29,0074
12	BARROS CASSAL	-52,5283	-29,0090
13	BARROS CASSAL	-52,5307	-29,0081
14	BARROS CASSAL	-52,5315	-29,0075
15	BARROS CASSAL	-52,5320	-29,0064
16	BARROS CASSAL	-52,5338	-29,0056
17	BARROS CASSAL	-52,5517	-29,0044
18	BARROS CASSAL	-52,5513	-29,0042
19	BARROS CASSAL	-52,5506	-29,0043
20	BARROS CASSAL	-52,5501	-29,0041
21	BARROS CASSAL	-52,5498	-29,0039
22	BARROS CASSAL	-52,5496	-29,0068
23	BARROS CASSAL	-52,5480	-29,0058
24	BARROS CASSAL	-52,5443	-29,0063
25	BARROS CASSAL	-52,5473	-29,0023
26	BARROS CASSAL	-52,5427	-29,0027
27	BARROS CASSAL	-52,5408	-29,0010
28	BARROS CASSAL	-52,5440	-28,9980
29	BARROS CASSAL	-52,5454	-28,9984
30	BARROS CASSAL	-52,5438	-28,9938
31	BARROS CASSAL	-52,5449	-28,9937
32	BARROS CASSAL	-52,5509	-28,9925
33	BARROS CASSAL	-52,5511	-28,9914
34	BARROS CASSAL	-52,5479	-28,9914
35	BARROS CASSAL	-52,5475	-28,9917
36	BARROS CASSAL	-52,5528	-28,9908
37	BARROS CASSAL	-52,5525	-28,9902
38	BARROS CASSAL	-52,5526	-28,9888

CICATRIZES	MUNICÍPIO	LONGITUDE (°)	LATITUDE (°)
39	BARROS CASSAL	-52,5541	-28,9843
40	BARROS CASSAL	-52,5548	-28,9834
41	BARROS CASSAL	-52,5498	-28,9883
42	FONTOURA XAVIER	-52,4980	-28,9661
43	FONTOURA XAVIER	-52,4922	-28,9816
44	FONTOURA XAVIER	-52,4898	-28,9957
45	FONTOURA XAVIER	-52,4892	-28,9954
46	FONTOURA XAVIER	-52,4877	-28,9953
47	FONTOURA XAVIER	-52,4897	-28,9982
48	FONTOURA XAVIER	-52,4845	-29,0004
49	FONTOURA XAVIER	-52,4821	-29,0004
50	FONTOURA XAVIER	-52,4816	-29,0000
51	FONTOURA XAVIER	-52,4821	-28,9943
52	FONTOURA XAVIER	-52,4754	-28,9939
53	FONTOURA XAVIER	-52,4772	-29,0038
54	FONTOURA XAVIER	-52,4818	-29,0051
55	FONTOURA XAVIER	-52,4875	-29,0062
56	FONTOURA XAVIER	-52,4718	-29,0088
57	FONTOURA XAVIER	-52,4723	-29,0124
58	FONTOURA XAVIER	-52,4790	-29,0115
59	FONTOURA XAVIER	-52,4723	-29,0155
60	FONTOURA XAVIER	-52,4776	-29,0147
61	FONTOURA XAVIER	-52,4783	-29,0141
62	FONTOURA XAVIER	-52,4786	-29,0169
63	FONTOURA XAVIER	-52,4794	-29,0164
64	FONTOURA XAVIER	-52,4814	-29,0155
65	FONTOURA XAVIER	-52,4849	-29,0108
66	FONTOURA XAVIER	-52,4814	-29,0141
67	FONTOURA XAVIER	-52,4858	-29,0110
68	FONTOURA XAVIER	-52,4910	-29,0139
69	FONTOURA XAVIER	-52,4892	-29,0135
70	FONTOURA XAVIER	-52,4908	-29,0118
71	FONTOURA XAVIER	-52,4904	-29,0110
72	FONTOURA XAVIER	-52,4888	-29,0092
73	FONTOURA XAVIER	-52,4893	-29,0224
74	FONTOURA XAVIER	-52,4914	-29,0270
75	FONTOURA XAVIER	-52,4865	-29,0295
76	FONTOURA XAVIER	-52,4094	-29,1356
77	FONTOURA XAVIER	-52,4822	-29,0615
78	SOLEDADE	-52,5110	-28,9368
79	SOLEDADE	-52,4944	-28,9386
80	SOLEDADE	-52,4938	-28,9422
81	SOLEDADE	-52,5030	-28,9536

CICATRIZES	MUNICÍPIO	LONGITUDE (°)	LATITUDE (°)
82	SOLEDADE	-52,5045	-28,9547
83	SOLEDADE	-52,4984	-28,9900
84	SOLEDADE	-52,4961	-28,9951
85	SOLEDADE	-52,5004	-28,9982
86	SOLEDADE	-52,5007	-28,9989
87	SOLEDADE	-52,4951	-29,0280
88	SOLEDADE	-52,5038	-29,0238
89	SOLEDADE	-52,5048	-29,0217
90	SOLEDADE	-52,4998	-29,0220
91	SOLEDADE	-52,5011	-29,0213
92	SOLEDADE	-52,5047	-29,0191
93	SOLEDADE	-52,5029	-29,0179
94	SOLEDADE	-52,5071	-29,0176
95	SOLEDADE	-52,5115	-29,0187
96	SOLEDADE	-52,5171	-29,0137
97	SOLEDADE	-52,5164	-29,0118
98	SOLEDADE	-52,5195	-29,0103
99	SOLEDADE	-52,5202	-29,0104
100	SOLEDADE	-52,5215	-29,0101
101	SOLEDADE	-52,5210	-29,0101
102	SOLEDADE	-52,5203	-29,0103
103	SOLEDADE	-52,5219	-29,0070
104	SOLEDADE	-52,5205	-29,0055
105	SOLEDADE	-52,5200	-29,0051
106	SOLEDADE	-52,5204	-29,0043
107	SOLEDADE	-52,5207	-29,0042
108	SOLEDADE	-52,5223	-29,0023
109	SOLEDADE	-52,5225	-29,0018
110	SOLEDADE	-52,5240	-29,0020
111	SOLEDADE	-52,5245	-29,0021
112	SOLEDADE	-52,5248	-29,0006
113	SOLEDADE	-52,5255	-29,0009
114	SOLEDADE	-52,5268	-29,0027
115	SOLEDADE	-52,5287	-28,9950
116	SOLEDADE	-52,5286	-28,9971
117	SOLEDADE	-52,5283	-28,9973
118	SOLEDADE	-52,5285	-28,9976
119	SOLEDADE	-52,5354	-28,9933
120	SOLEDADE	-52,5359	-28,9930
121	SOLEDADE	-52,5390	-28,9942
122	SOLEDADE	-52,5393	-28,9932
123	SOLEDADE	-52,5358	-28,9913
124	SOLEDADE	-52,5362	-28,9914

CICATRIZES	MUNICÍPIO	LONGITUDE (°)	LATITUDE (°)
125	SOLEDADE	-52,5390	-28,9913
126	SOLEDADE	-52,5396	-28,9953
127	SOLEDADE	-52,5405	-28,9961
128	SOLEDADE	-52,5415	-28,9925
129	SOLEDADE	-52,5441	-28,9890
130	SOLEDADE	-52,5444	-28,9875
131	SOLEDADE	-52,5450	-28,9869
132	SOLEDADE	-52,5459	-28,9864
133	SOLEDADE	-52,5515	-28,9794
134	SOLEDADE	-52,5516	-28,9782
135	SOLEDADE	-52,5515	-28,9770
136	PROGRESSO	-52,4229	-29,1529
137	PROGRESSO	-52,4228	-29,1562
138	JAQUIRANA	-50,4492	-28,8587
139	VENÂNCIO AIRES	-52,3353	-29,4217
140	CARLOS BARBOSA	-51,3987	-29,3200
141	CARLOS BARBOSA	-51,3808	-29,3364
142	CARLOS BARBOSA	-51,3589	-29,3256
143	CARLOS BARBOSA	-51,3765	-29,3442
144	CARLOS BARBOSA	-51,3736	-29,3394
145	CARLOS BARBOSA	-51,3981	-29,3398
146	CARLOS BARBOSA	-51,3645	-29,3473
147	CARLOS BARBOSA	-51,3650	-29,3455
148	CARLOS BARBOSA	-51,3831	-29,3278
149	CARLOS BARBOSA	-51,3911	-29,3161
150	CARLOS BARBOSA	-51,3837	-29,3297
151	CARLOS BARBOSA	-51,3603	-29,3279
152	CARLOS BARBOSA	-51,3605	-29,3296
153	CARLOS BARBOSA	-51,3916	-29,3304
154	CARLOS BARBOSA	-51,3990	-29,3402
155	CARLOS BARBOSA	-51,3882	-29,3372
156	CARLOS BARBOSA	-51,3805	-29,3343
157	CARLOS BARBOSA	-51,3799	-29,3380
158	CARLOS BARBOSA	-51,3571	-29,3225
159	CARLOS BARBOSA	-51,3876	-29,3392
160	CARLOS BARBOSA	-51,4027	-29,3392
161	CARLOS BARBOSA	-51,4063	-29,3348
162	ALTO FELIZ	-51,3528	-29,3343
163	ALTO FELIZ	-51,3256	-29,3476
164	ALTO FELIZ	-51,3251	-29,3452
165	ALTO FELIZ	-51,3290	-29,3490
166	ALTO FELIZ	-51,3258	-29,3480
167	ALTO FELIZ	-51,3287	-29,3538

CICATRIZES	MUNICÍPIO	LONGITUDE (°)	LATITUDE (°)
168	ALTO FELIZ	-51,3156	-29,3614
169	ALTO FELIZ	-51,3498	-29,3331
170	ALTO FELIZ	-51,3167	-29,3647
171	ALTO FELIZ	-51,3503	-29,3387
172	ALTO FELIZ	-51,3524	-29,3392
173	ALTO FELIZ	-51,3536	-29,3341
174	ALTO FELIZ	-51,3489	-29,3427
175	ALTO FELIZ	-51,3516	-29,3359
176	ALTO FELIZ	-51,3505	-29,3426
177	ALTO FELIZ	-51,3260	-29,3452
178	ALTO FELIZ	-51,3262	-29,3492
179	ALTO FELIZ	-51,3256	-29,3451
180	ALTO FELIZ	-51,3212	-29,3604
181	ALTO FELIZ	-51,3198	-29,3496
182	ALTO FELIZ	-51,3200	-29,3507
183	ALTO FELIZ	-51,3250	-29,3466
184	ALTO FELIZ	-51,3539	-29,3416
185	ALTO FELIZ	-51,3501	-29,3362
186	ALTO FELIZ	-51,3480	-29,3372
187	ALTO FELIZ	-51,3290	-29,3547
188	ALTO FELIZ	-51,3275	-29,3512
189	ALTO FELIZ	-51,3512	-29,3427
190	ALTO FELIZ	-51,3440	-29,3377
191	ALTO FELIZ	-51,3276	-29,3540
192	ALTO FELIZ	-51,3269	-29,3499
193	SÃO VENDELINO	-51,3670	-29,3520