

CLASSIFICAÇÃO DOS MOVIMENTOS DE MASSA OCORRIDOS EM MARÇO DE 2011 NA SERRA DA PRATA, ESTADO DO PARANÁ

Roberto Carlos PINTO¹

Everton PASSOS²

Sony Cortese CANEPARO³

RESUMO

Os movimentos de massa caracterizam-se por serem processos naturais de evolução das encostas e, portanto, da paisagem como um todo. De acordo com a velocidade e composição do material deslocado vertente abaixo, recebe diferentes denominações. São processos desencadeados por uma série de fatores naturais, porém, podem ser potencializados pela ação antrópica. No Brasil, os movimentos de massa de grande magnitude, quando ocorridos em áreas ocupadas, ganham contexto de desastres naturais, uma vez que, provocam consideráveis prejuízos socioeconômicos, e por vezes, com vítimas fatais. Estudos desses fenômenos no país aumentaram a partir de meados do século XX, após registros de eventos catastróficos. Nos últimos anos, os ocorridos no Vale do Itajaí, Santa Catarina (2008), na região serrana do Rio de Janeiro (2011) e no do litoral paranaense (2011), tiveram grandes proporções. Esse último deixou um rastro destruição e prejuízos significativos para população local. Nesse contexto, este estudo de caso, baseado em consulta de referencial específico, material cartográfico e, sobretudo análises em campo, se propôs a classificar o evento ocorrido no litoral do Estado do Paraná, mais precisamente no compartimento de relevo denominado Serra da Prata, de maneira apropriada, assim como demonstrar aspectos referentes às alterações provocadas pelo fenômeno em questão.

Palavras chave: Eventos. Alterações. Paisagem. Condicionantes.

¹ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

² Doutor em Engenharia Florestal. Professor do Departamento de Geografia da UFPR

³ Doutora em Meio Ambiente e Desenvolvimento. Professora do Departamento de Geografia da UFPR.

CLASSIFICATION OF LANDSLIDES OCCURRED IN MARCH 2011 IN THE SERRA DA PRATA, STATE PARANÁ

ABSTRACT

The landslides are characterized by natural processes of evolution of slopes, and therefore the landscape as a whole. According to the speed and composition of the material moved down slope, receives different denominations. Processes are triggered by a number of natural factors, however, can be leveraged by human action. In Brazil, the landslides of great magnitude, when occurring in the occupied areas, gain context of natural disasters, since, causing considerable damage socioeconomic, and sometimes with fatalities. Studies of these phenomena in the country increased from the mid-twentieth century, after records of catastrophic events. In recent years, occurred in the Vale do Itajaí, Santa Catarina (2008), in the mountainous region of Rio de Janeiro (2011) and on the coast of Paraná (2011), had large proportions. The latter left a trail destruction and significant harm to the local population. In this context, this case study, based on query specific benchmark, cartographic material, and especially field analysis, is proposed to classify the event occurred on the coast of Paraná State, specifically in relief compartment called Serra da Prata, of appropriately, and demonstrate aspects related to changes caused by this phenomenon.

Keywords: Events. Changes. Landscape. Constraints.

1 INTRODUÇÃO

Os movimentos gravitacionais de massa são classificados de acordo com uma série de características, com variações relacionadas, sobretudo, ao tipo de material envolvido e a velocidade de deslocamento. Os aspectos descritos induzem a utilização de terminologias diversas para tais processos, que por vezes, causam confusão quanto a utilização de classificações condizentes para determinados eventos. Pesquisadores, técnicos, mas principalmente os veículos de comunicação, invariavelmente, se confundem quanto à determinação correta de fenômenos desse tipo.

O presente artigo objetivou analisar algumas alterações geomorfológicas, além de identificar e classificar a tipologia dos movimentos de massa ocorridos no mês de março de 2011, na região litorânea do Estado do Paraná, mais precisamente no compartimento de relevo denominado de Serra da Prata.

Na ocasião, os significativos índices pluviométricos desencadearam uma série de deslocamentos de materiais encosta abaixo que deixou reflexos de alteração da paisagem natural e grandes prejuízos socioeconômicos para a comunidade local. Os movimentos de massa e os alagamentos resultaram em duas mortes e 200 feridos no município de Antonina, um óbito e 21 feridos em Morretes e mais dois mil desabrigados. Os prejuízos dessas duas cidades juntamente com os de Guaratuba e Paranaguá foram da ordem de R\$ 104.641.917,00 (cento e quatro milhões, seiscentos e quarenta e um mil e novecentos e dezessete reais), resultado da destruição e comprometimento de casas, ruas, pontes, lavouras, etc. (PARANÁ, 2011), como mostra a Figura 1: A, B, C e D.

Nesse contexto, diante da magnitude e complexidade do evento supracitado, objetivando demonstrar as alterações na paisagem local e propor uma classificação condizente para o processo ocorrido, o estudo de caso, utilizou-se de material cartográfico, consulta a referencial específico, comparações com outros eventos ocorridos no Brasil, levantamento de dados e principalmente análise *in loco* apoiados em vasto material fotográfico.



Figura 1: Imagens com aspectos dos movimentos de massa ocorridos em março de 2011 nas encostas da Serra da Prata, pertencente ao município de Morretes. **(A)** deslizamentos, transbordamento do canal fluvial, deslocamento de lama e detritos encosta abaixo. **(B)** alagamento da planície de inundação do Rio Jacaré, ao fundo observa-se cicatrizes de deslizamentos nas encostas. **(C)** troncos de árvores carregados junto a lama, com destruição de casas e da lavoura. **(D)** destruição de parte da ponte sobre o Rio Jacaré (BR 277) pela força de arraste do rio com grande volume d'água e sedimentos.

Fonte: Hedeson S. Jornal Gazeta do Povo, 13/03/2011.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Os movimentos de massa de ordem gravitacional representam um importante agente externo modelador do relevo e são processos ligados ao quadro evolutivo das encostas. Guerra e Marçal (2006, p. 75-76) caracterizam-nos como sendo “o transporte coletivo de material rochoso e/ou de solo, onde a ação da gravidade tem papel preponderante, podendo ser potencializado, ou não, pela ação da água”. Para Drew (1986, p. 132) “ele varia em função da natureza do material, da topografia, do clima e da vegetação, mas pode ser tão lento que se torna imperceptível (*creep* ou reptação) ou brusco (desabamento ou desmoronamento)”.

Esses processos são desencadeados por uma complexa relação entre uma série de fatores condicionantes intrínsecos, esses, são elementos do meio físico ou biótico que diminui a resistência do solo ou da rocha, contribuindo para a deflagração dos processos. Os condicionantes naturais fazem parte da própria dinâmica de desenvolvimento das encostas, porém, podem ser potencializados pela ação antrópica.

As condições que favorecem os movimentos de massa dependem principalmente da estrutura geológica, da declividade da vertente (forma topográfica), do regime de chuvas (em especial de episódios pluviais intensos), da perda de vegetação e da atividade antrópica, bem como pela existência de espessos mantos de intemperismo, além da presença de níveis ou faixas impermeáveis que atuam como planos de deslizamentos (BIGARELLA *et al.*, 2003, p. 1026).

Nesse sentido, a atual pesquisa enquadrou-se numa abordagem sistêmica, uma vez que analisou diversos componentes, físicos e socioeconômicos que se apresentam integrados e correlacionados, de maneira que mudanças sofridas num dos elementos em análise reflete diretamente nos demais, com efeito em cadeia. De acordo com Christofolletti (1999, p.35) análises sob ponto de vista sistêmico “facilita o tratamento dos conjuntos complexos como os da organização espacial”.

2.1 TIPOS DE MOVIMENTOS DE MASSA

O conhecimento referente à tipologia dos movimentos de massa é interessante no contexto de estudos que buscam identificar a relação entre os condicionantes e a predisposição de ocorrência desses processos, auxiliando na compreensão do processo evolutivo da paisagem e por envolver o homem de forma direta ou indireta, também contribui com o entendimento das relações estabelecidas entre a sociedade e a natureza. Embora existam inúmeros estudos relacionados aos processos de movimentos de massa, algumas dúvidas referentes às terminologias e classificações persistem. A grande maioria dos autores trata de forma distinta, por exemplo, à erosão dos solos e os movimentos de massa e invariavelmente, consideram “a velocidade de deslocamento de materiais vertente abaixo, o tipo de material envolvido, a geometria do terreno e a presença ou não de água para sua classificação” (BIGARELLA; MOUSINHO, 1965; BIGARELLA, *et al.*, 2003; CHRISTOFOLETTI, 1980,

FERNANDES; AMARAL, 2000; GUIDICINI; NIEBLE, 1984; GARSON; KIRKBY, 1972 *apud* CASSETI, 1991 e 2005; GUERRA; MARÇAL 2006; MINEROPAR 2010; IPT 1991).

Em função da não uniformidade de conceitos para a classificação dos movimentos de massa e seus mecanismos deflagradores, para efeito dessa pesquisa, buscou-se contemplar as terminologias adotadas pelos autores mencionados anteriormente, que, embora tenham pequenas variações, os pontos em comum são preponderantes, no sentido de se complementarem.

Nessa perspectiva, organizou-se a sequência da classificação considerando a velocidade e o material transportado. Portanto, primeiramente os conceitos incidem sobre os escoamentos, movimentos mais lentos de solo e outros detritos superficiais, passando, para aqueles caracterizados pela elevada velocidade, envolvendo solo no sentido amplo (solo propriamente dito e manto de intemperismo), colúvios, tálus e outros depósitos detríticos e rocha, ou a combinação de um ou mais elementos, com destaque à corrida de lama, incluindo os deslocamentos em queda livre de blocos e lascas de rochas, e por último, o tombamento e rolamento de blocos.

2.1.1 Rastejamento ou *creep*

Bigarella *et al.* (2003, p. 1039) descrevem rastejamento como “os movimentos vertente abaixo muito lentos sob influência da gravidade, independentemente do seu mecanismo ou gênese, deve referir apenas o movimento imperceptível ou muito lento das vertentes, de caráter mais ou menos contínuo (*creep* na literatura inglesa)”.

Penteado (1974, p. 99) observa que o “*creep* e o escoamento difuso são os principais processos que explicam a convexidade das encostas. O reflexo do rastejamento é observado na curvatura das árvores, postes inclinados, pequenos terraços ao longo das encostas”. (Figura 2).

Os rastejos são movimentos lentos e contínuos de material de encostas com limites, via de regra, indefinidos. Podem envolver grandes massas de solo, como, por exemplo, os taludes de uma região, sem que haja, na área interessada, diferenciação entre material em movimento e material estacionário. A movimentação é provocada pela ação da gravidade, intervindo, porém, os efeitos devidos às variações de temperatura e umidade. O fenômeno de expansão e de contração da massa de material, por variação térmica, se traduz em movimento, encosta abaixo, numa espessura proporcional à atingida pela variação de temperatura. Abaixo dessa profundidade, somente haverá rastejo por ação da gravidade (GUIDICINI; NIEBLE, 1984, p. 18).

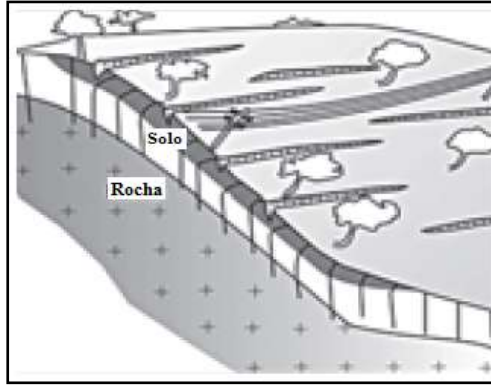


Figura 2: Perfil esquemático do processo de corridas de massa
Fonte: Brasil (2007). Adaptado pelo autor

2.1.2 Solifluxão

Movimento lento das camadas superficiais, semelhante ao rastejamento, porém, com velocidade um pouco maior no processo de deslocamento do solo encosta abaixo. De acordo com Penteado (1974, p. 100) “é o movimento de massa do solo encharcado, de alguns decímetros por ano, fora da zona fria ocorre em vertentes de maior declive, entre 8 a 15”.

Christofolletti (1980, p. 29) afirma que “a solifluxão corresponde aos movimentos coletivos do regolito quando este se encontra saturado de água. Ocorre quando a presença de uma camada impermeável do regolito impede a penetração da água, provocando a concentração e saturando a camada sobrejacente”. Em análise mais detalhada sobre a solifluxão, Bigarella *et al.* (2003, p. 1.046) consideram que este processo,

Constitui um tipo de movimento de massa dentro da capa superficial, que ocorre quando se processa o encharcamento do manto de intemperismo. A massa saturada de água começa solifluir lentamente como corpo viscoso de extrema plasticidade, movimentando em desordem uma massa de clásticos finos em mistura com material bastante grosseiro. A massa solifluente desloca-se lentamente vertente abaixo em consequência do próprio peso. Na solifluxão é essencial, apenas, a presença de uma camada impermeabilizante, que não permita a infiltração das águas a maiores profundidades, promovendo assim a saturação e a perda de estabilidade da parte superior do regolito. Ocorre nas mais variadas declividades das vertentes, dependendo apenas da ocorrência de pluviosidade suficiente para promover o encharcamento do solo.

2.1.3 Corridas de Massa

Modalidade de movimentos de massa caracterizados pela relativa rapidez no processo de escoamento de solo ou composto de solo e rocha com massa de aspecto viscoso são denominadas corridas de massa, que “abrangem uma gama variada de denominações na literatura nacional e internacional (corrida de lama, *mudflow*, corrida de detritos, corrida de blocos, *debrisflow*, etc.), principalmente em função de suas velocidades e das características dos materiais que mobilizam” (BRASIL, 2007, p. 40).

Conforme Bigarella *et al.* (2003, p. 1049) “são formas rápidas de escoamento de fluidos viscosos, com ou sem uma superfície definida de movimentação. De caráter hidrodinâmico, são ocasionadas pela perda de atrito interno, em virtude da destruição da estrutura, em presença de excesso de água”. (Figura 3).

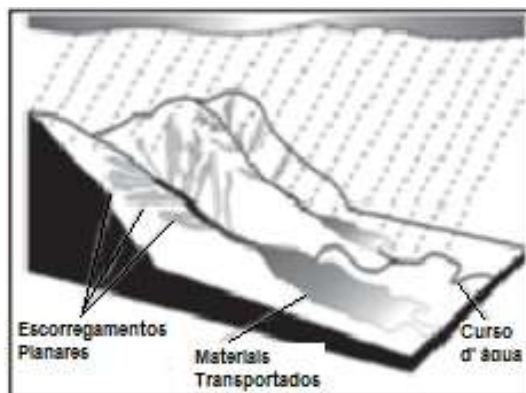


Figura 3: Perfil esquemático do processo de corridas de massa.
Fonte: Brasil (2007). Adaptado pelo autor.

De acordo com o IPT (1991) os processos de corridas são:

Gerados a partir de um grande aporte de material para as drenagens. Este aporte, combinado com um determinado volume d'água, acaba formando uma massa com um comportamento de líquido viscoso, de alto poder destrutivo e de transporte, e extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas. São causadas por índices pluviométricos excepcionais, são mais raras que outros movimentos de massa, porém com consequências destrutivas maiores.

Fernandes e Amaral (2000, p. 130) consideram as corridas (ou fluxos) como movimentos rápidos, em que os materiais se comportam como fluídos altamente viscosos, associadas com a grande concentração de água superficial.

Guidicini e Nieble (1984, p. 26) classificam esse tipo de movimento de acordo com o grau de fluidez em:

Corridas de terra: nos menores graus de fluidez deparamos com as corridas de terra. Estas ocorrem geralmente sob determinadas condições topográficas, adaptando-se às condições do relevo, são geralmente provocadas por encharcamento do solo por pesadas chuvas ou longos períodos de chuva de menor intensidade. Ocorrem em formas topográficas menos abruptas, pois são muito influenciados pelas características de resistência do material.

Corridas de lama: constituem um exemplo de corrida de extrema fluidez e são geralmente produzidas pela ação de lavagem e remoção de solos por cursos de água durante enchentes e tempestades. Percebe-se, assim, que determinados cursos de água, sob determinadas condições geomorfológicas e climáticas, podem se constituir de eixos de recorrência do fenômeno.

Consideram-se as corridas de lama, movimentos de massa relativamente mais rápidos, se comparados aos descritos anteriormente, pouco abordado entre os estudos relacionados a esses processos e, portanto, sem aprofundamento específico. Para Passos (2012)⁴ esses eventos “caracterizam-se pela afluência de grande quantidade de material em geral de escorregamentos rápidos que ocorrem a montante e fluem para a drenagem existente. A parte argilosa deste material se mistura com a água formando um líquido viscoso (lama), com alta plasticidade que flui para as partes baixas. Pela sua velocidade e densidade elevadas possui alto poder destrutivo e extenso raio de ação e se assemelham a energia das avalanches.

Em algumas situações, de acordo com as condições físicas de uma determinada área, podem ocorrer movimentos de massa múltiplos, um misto de processos simultâneos ou separados por curto espaço de tempo, até mesmo um movimento pode ser responsável direto pelo desencadeamento de outros.

Esta classe abrange todos os fenômenos de movimentação onde, durante sua manifestação, ocorra uma mudança de características morfológicas, mecânicas ou causais. É o caso, por exemplo, de rastejos de detritos de tálus, que, com o aumento do teor de água, passam a corridas, que, por diminuição do teor de água passam a rastejos, ou ainda de rastejos, que, por variação da inclinação da encosta, passa a escorregamentos e assim por diante (GUIDICINI; NIEBLE, 1984, p. 48).

⁴ PASSOS, E. Entrevista concedida em Junho de 2012.

2.1.4 Escorregamentos

Os escorregamentos são caracterizados como “movimentos rápidos, com limites laterais e profundidade bem definidos, com geometria que pode ser circular, planar ou em cunha, sendo que o principal agente deflagrador destes processos são as chuvas, podendo envolver solo, solo e rocha ou apenas rocha” (IPT 1991, p. 19; MINEROPAR, 2010 p. 27).

Guidicini e Nieble (1984, p. 27) afirmam que os escorregamentos “são rápidos, de duração relativamente curta, de massas de terreno geralmente bem definidas quanto ao seu volume, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora do talude”. De forma semelhante, Fernandes e Amaral (2000) consideram os escorregamentos (*slides*) como a classe que representa mais importância dentre todas as formas de movimentos de massa, referindo-se a estes como:

Movimentos rápidos de curta duração, com plano de ruptura bem definido, permitindo a distinção entre o material deslizado e aquele não movimentado. São feições longas, podendo apresentar 10:1, comprimento-largura. São geralmente divididos com base tipo de material movimentado, que pode ser constituído por solo, rocha, por uma complexa mistura de solo e rocha ou até mesmo por lixo doméstico e em sua forma do plano de ruptura, em rotacionais (*slumps*) que possuem uma superfície de ruptura curva, côncava para cima, ao longo da qual se dá o movimento rotacional da massa do solo e translacionais, que representam a forma mais frequente entre todos os tipos de movimentos de massa. Possuem superfície de ruptura com forma planar a qual acompanha, de modo geral, descontinuidades mecânicas e/ou hidrológicas existentes no interior do material. Na grande maioria das vezes, ocorrem em períodos de grande precipitação (FERNANDES; AMARAL, 2000, p. 134-135).

O IPT (1991, p. 19) classifica os escorregamentos de acordo com sua “geometria em circular, planar ou em cunha, em função da existência ou não de estruturas ou plano de fraqueza nos materiais movimentados, que condicionem a formação de superfícies de ruptura” (Figura 4).

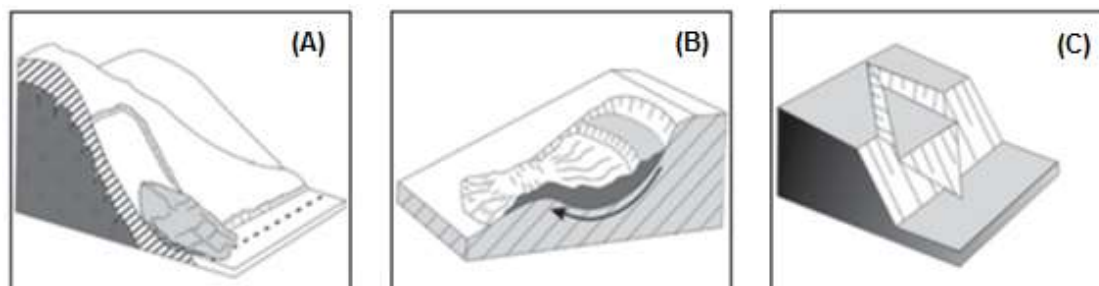


Figura 4: Perfil esquemático do processo de escorregamento. (A) escorregamento planar ou translacional (B) escorregamento circular ou rotacional e (C) escorregamento em cunha ou estruturado.

Fonte: Brasil (2007). Adaptado pelo autor.

2.1.5 Desmoronamentos

Entre os diversos tipos de movimentos de massa, os desmoronamentos também são caracterizados pela elevada velocidade no deslocamento de materiais da encosta e, portanto, são classificados como movimentos rápidos. Christofolletti (1980, p. 29) considera os desmoronamentos como “deslocamento rápido de um bloco de terra, quando o solapamento criou um vazio na parte inferior da vertente. Geralmente ocorrem em vertentes íngremes, sendo comuns nas margens fluviais e em muitos cortes de rodovias e ferrovias”.

Conforme Bigarella *et al.* (2003, p. 1055) os desmoronamentos “se fazem ao longo de planos de cisalhamento planares, sobre os quais a massa em movimento, geralmente fragmenta-se em muitos blocos. representam a forma mais comum de remoção de massa. Iniciam na parte superior da vertente transformando-se numa avalanche na parte inferior da encosta”.

2.1.6 Queda de Blocos

De acordo com Guidicini e Nieble (1984, p. 42) “são movimentos rápidos, que ocorrem em penhascos verticais, ou taludes muito íngremes, onde blocos e/ou lascas de rocha, deslocados do maciço por intemperismo, caem por ação da gravidade, sem a presença de uma superfície de movimentação, na forma de queda livre”. Segundo Fernandes e Amaral (2000, p. 147) “ocorrem nas encostas íngremes de paredões rochosos e contribuem decisivamente para a formação de depósitos de tálus”. (Figura 5).

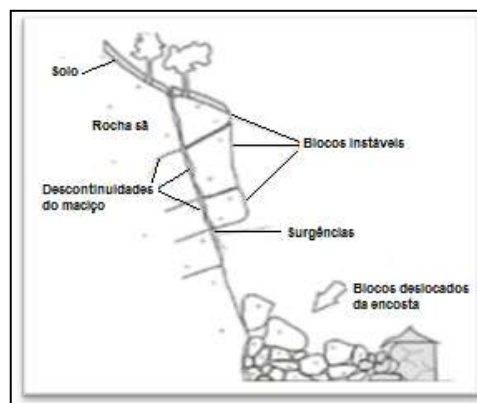


Figura 5: Perfil esquemático do processo de queda de blocos.

Fonte: Brasil (2007). Adaptado pelo autor.

Além da queda de blocos, ocorrem dois outros movimentos envolvendo afloramentos rochosos, o tombamento e o rolamento de blocos. O primeiro:

É também conhecido como basculamento, acontece em encostas/taludes íngremes de rocha, com descontinuidades (fraturas, diaclases) verticais. Em geral, são movimentos mais lentos que as quedas e ocorrem principalmente em taludes de corte, onde a mudança da geometria acaba desconfiando estas descontinuidades, propiciando o tombamento das paredes do talude (BRASIL, 2007, p. 38-39).

O rolamento de blocos, ou rolamento de matacões é classificado como:

Um processo comum em áreas de rochas graníticas, onde existe maior predisposição a origem de matacões de rocha sã, isolados e expostos em superfície. Estes ocorrem naturalmente quando processos erosivos removem o apoio de sua base, condicionando um movimento de rolamento de bloco. (Figura 6). (IPT, 1991, p. 21).

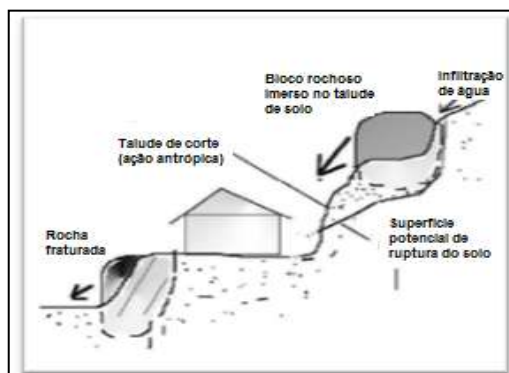


Figura 6: Perfil esquemático do processo de rolamento de bloco rochoso.

Fonte: Brasil (2007). Adaptado pelo autor.

2.2 BREVE HISTÓRICO DOS MOVIMENTOS DE MASSA NO BRASIL

Como fenômenos naturais da dinâmica de desenvolvimento das vertentes, os movimentos de massa integram os agentes externos que modelam a superfície, assim como outros processos de intemperismo, entretanto, a ocorrência de eventos dessa natureza passou a interessar mais a comunidade científica e a sociedade de forma geral, à medida que um contingente cada vez maior da população passou a ser afetada por tais processos, de forma direta ou indireta.

No Brasil a incidência dos movimentos de massa nas encostas está relacionada às características naturais do país, sobretudo às condições climáticas, geológicas e geomorfológicas. Nesse sentido, é preocupante a constatação de que, nas proximidades do litoral brasileiro, exatamente onde densidade demográfica é maior, com a concentração das grandes metrópoles nacionais, é que se tem condições físicas predominantes, faixa extensa escarpada, com declives acentuados, atuação das frentes frias e, portanto, índices pluviométricos elevados que favorecem a instabilidade das encostas.

O Brasil, por sua grande extensão e diversidade de condições climáticas, está sujeito aos desastres naturais, principalmente aqueles associados às porções susceptíveis do seu relevo. Além da frequência elevada destes desastres de origem natural, ocorrem no país, também, um grande número de eventos induzidos pela ação antrópica. As metrópoles brasileiras convivem com acentuada incidência de deslizamentos por cortes para implantação de moradias e de estradas, desmatamentos, atividades de pedreiras, etc. (FERNANDES; AMARAL, 2000, p. 125).

Augusto Filho e Virgili (2004) afirmam que alguns relatos indicam que os primeiros estudos sobre os movimentos de massa nas encostas ocorreram à aproximadamente 2000 anos, na China e no Japão. No Brasil os primeiros relatos foram registrados ainda no período colonial em 1671 nas encostas de Salvador na Bahia.

Os registros dos movimentos de massa ocorridos no Brasil aumentaram consideravelmente a partir da metade do século XX em função principalmente, dos avanços técnicos alcançados. Para Guidicine e Nieble (1984)

No registro da ocorrência de qualquer movimento de massa no Brasil, um fator determinante é representado pelo nível de desenvolvimento do meio técnico na época em que ocorria o acontecimento... Os movimentos de massa podem ocorrer, de maneira isolada, no tempo e no espaço ou, então, se concentrar em ocorrências praticamente simultâneas, afetando regiões inteiras. São deste último tipo os episódios catastróficos que, em época recente, atingiram a Serra de Caragatatuba (1967), a Serra das Araras (1967), a Baixada Santista (1956), a cidade do Rio de Janeiro (1966 e 1967), a Serra de Maranguape (1974), o Sul de Minas Gerais (1948), o vale do rio Tubarão, em Santa Catarina (1974). (GUIDICINE; NIEBLE, 1984, p. 05).

Os eventos catastróficos no Brasil guardam características peculiares, Em Santos-SP (1956), os escorregamentos de terra nos morros foram ocasionados basicamente pelas condições geológicas e pela ação antrópica, efetivados pelas chuvas intensas e prolongadas. O ocorrido na região de Tubarão-SC (1974) teve como principal agente desencadeador as pesadas precipitações, 742 mm em 16 dias de chuvas, dos quais 251,7 mm caíram em 24 horas (25.03.1974), desmoronamentos e enchentes danificaram uma grande extensão de terras. Situação semelhante aconteceu na Serra das Araras e em Caraguatatuba (1967) com movimentos de massa em forma de desmoronamentos, em que os índices pluviométricos atingiram 420 mm em 18.03.1967 desencadearam o processo. (BIGARELLA, *et al.* 2003, p. 1061-1062).

Os deslizamentos ocorridos no Rio de Janeiro em 1967 estão associados de acordo com Meis; Silva (1968) *apud.* Bigarella (2003, p. 1067) ao impulso climático excepcional e à interação entre fatores tais como, estrutura geológica, formas topográficas e as modificações introduzidas pelo homem.

Pellerin *et. al.* (1997) *apud.* Bigarella *et al.* (2003, p. 1068) caracterizaram os acidentes catastróficos nas vertentes da Serra Geral no sul de Santa Catarina como corrida de lama, evento ocasionado em função das altas precipitações havidas nas vertentes íngremes. Nessa situação, após duas ou três horas do início das chuvas originou-se um fluxo concentrado que destruiu tudo a sua passagem, transportando troncos, blocos e matacões rochosos englobados numa massa de detritos finos.

Eventos extremos mais recentes, que provocaram grandes prejuízos à sociedade brasileira, ainda carecem de referencial, entre esses destacam-se, os ocorridos nos municípios de Ilhota e Luiz Alves, Vale do Itajaí, no Estado de Santa Catarina, no mês de novembro de 2008; em dezembro de 2009, no município de Angra dos Reis, resultando em 63 mortes; na região serrana do Rio de Janeiro no mês de janeiro de 2011, o mais catastrófico que se tem registro, episódio que atingiu as cidades de Petrópolis, Teresópolis, Nova Friburgo, Sumidouro e São José do Vale do Rio Preto (Figura 7), deixando marcas profundas de alteração na superfície e de destruição da infraestrutura local e das atividades econômicas, contabilizando mais de 900 mortes e cerca de 400 desaparecidos, além do evento que é o próprio objeto de estudo dessa pesquisa e que pode ser comparado com os descritos anteriormente.

Os eventos mais recentes citados acima foram amplamente divulgados pela mídia nacional, na ocasião de suas ocorrências. A divulgação dos movimentos de massa está atrelada a

localização e impacto do evento, uma vez que o interesse da imprensa está naqueles que afetam a ocupação humana, portanto os números divulgados, certamente, são menores que aqueles que ocorreram de fato.



Figura 7: Fotografia demonstrando movimentos de massa ocorridos na Região Serrana do Rio de Janeiro em 2011, município de Nova Friburgo, maior desastre natural que se tem registro no Brasil
Fonte: Lacerda, A. Jornal Folha de São Paulo. 17/01/2011

3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A escolha da área de estudo, foi em função da complexidade, magnitude e das alterações da paisagem local, resultante dos movimentos de massa ocorridos em março de 2011, no litoral paranaense. Esse evento, é considerado, o maior processo desse tipo, registrado na região, justificando o interesse científico, pelo aprofundamento na compreensão do fenômeno.

O estudo de caso, se desenvolveu na face oeste e noroeste da Serra da Prata, cordão montanhoso, com altitudes superiores aos 1500 metros, unidade de relevo pertencente a Serra do Mar. A área localiza-se na divisa entre os municípios de Morretes e Paranaguá no Estado do Paraná, proximidades da BR 277 (principal via de acesso entre a capital do Estado, Curitiba e a cidade de Paranaguá), entre as coordenadas UTM 731901W, 7172968S e 731583W, 7170068S.

As análises de campo, se deram mais precisamente, no Rio Tingidor, pertencente a bacia hidrográfica do Rio Jacareí. A imagem orbital (Figura 8) apresenta o recorte espacial da área de estudo, retirada após os eventos de março de 2011, em seguida (Figura 9) tem-se um panorama da região em imagem anterior aos referidos eventos.



Figura 8: Imagem de satélite WORDVIEW-1, imageamento em 05 de maio de 2011, com polígono demonstrativo da área de estudo. Observam-se cicatrizes no terreno que evidenciam as dimensões do evento

Fonte: MINEROPAR (2011). Adaptado pelo autor.



Figura 9: Imagem orbital com panorama da área de estudo anterior aos movimentos de massa de março de 2011

Fonte: Image © 2012 Digital Globe, Image © 2012 GeoEye, disponível em Google Earth®(2012)

Rochas resistentes ao intemperismo mantêm as elevadas altitudes da Serra da Prata, com encostas caracterizadas por apresentarem relevo fortemente ondulado, devido, principalmente, a elevada declividade. Os solos são predominantemente rasos, pouco desenvolvidos, comumente apresentando afloramento rochosos. O intemperismo de forma geral e os movimentos do regolito são potencializados pelo significativo volume das precipitações.

Referindo-se aos canais fluviais, as condições geomorfológicas da Serra da Prata propiciam o desenvolvimento de vales em forma de V, uma vez que, os cursos d'água percorrem terrenos íngremes, com elevado gradiente entre as nascentes e a foz e também com ocorrências de falhas geológicas. Em situações semelhantes Bigarella *et al.* (1978, p. 24) consideram que “na faixa das encostas mais íngremes a drenagem encontra-se encaixada nas linhas estruturais originando profundos vales em V.”

Corroborando com o descrito acima Guerra e Cunha (1994) e Christofolletti (1980) destacam que próximos as nascentes, nas cabeceiras, com forte gradiente do leito e topografia íngreme, a velocidade do rio atinge o máximo, a carga sólida transportada é elevada, resultado do intenso processo de erosão, em consequência ocorre à modelagem do vale em V, profundo com vertentes fortemente inclinadas, nesse fragmento a energia de desgaste e transporte do canal fluvial é relativamente alta.

A cobertura vegetal é um importante agente atenuante de desequilíbrio das encostas. O IPT (1991, p. 27) afirma que “a vegetação atua no sentido de favorecer a estabilidade das encostas, através do esforço mecânico (raízes) e redistribuição da água de chuva, diminuindo e retardando a infiltração desta no terreno, além de protegê-lo contra a erosão”. Na área de estudo Bigarella *et al.* (1978) observam a ocorrência da seguinte composição de vegetação:

Mata pluvial tropical e subtropical, que reveste a Serra do Mar, passa acima da altitude de 1150m a uma mata de “neblina” constituída por arbustos raquíticos cobertos por epífitas, pequenas bromélias, musgos, pteridófitas e orquídeas. Esta mata desenvolve-se até a altitude de 1350m onde é substituída por uma formação de campos limpos com arbustos de compostas, ericáceas e meistomáceas. (BIGARELLA *et al.* 1978, p. 24).

Embora constatado uma cobertura vegetal densa e diversificada, inclusive com serapilheira que protege o solo da erosão e dos movimentos de massa, os outros condicionantes, sobretudo a declividade acentuada, os elevados índices pluviométricos, as forma das vertentes, características pedológicas, além do uso e ocupação da terra em alguns pontos, potencializam a área em questão para a ocorrência desses fenômenos.

De acordo com os dados pluviométricos diários e mensais cedidos pelo Instituto das Águas do Paraná (2011) do período de janeiro a agosto de 2011, nos dias 11 e 12 de março, foram registrados, respectivamente, 197,4 e 321,2mm na estação pluviométrica de Morretes

(proximidades da área de estudo), índice que destoou muito, dos outros dias do mês, (para se ter uma ideia, em todo mês março de 2011 foram registrados 760,5mm). Esses dois dias apresentaram, juntos, índices pluviométricos superiores aos meses de janeiro (432,3mm); fevereiro (366,1mm); abril (113,0mm); maio (38,4mm); junho (31,4mm); julho (151,2mm) e agosto com (265,9mm) deste ano, indicando grandes concentrações de chuvas em apenas 48 horas.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados para o desenvolvimento da pesquisa foram os seguintes:

- ✓ Consulta a referencial teórico específico que contempla conceitos e terminologias utilizadas para definição dos movimentos de massa, assim como dos condicionantes deflagradores;
- ✓ Carta topográfica Alexandra, Folha SG.22-X-D-V/2-NO, escala 1:25.000, da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército - DSG (1998) como suporte para localização e delimitação da área (Figura 10);
- ✓ Imagem de satélite WorldView/banda pancromática, com resolução espacial de 0,5 metros, gerada em junho/2011, fornecida pela Minérios do Paraná S/A - MINEROPAR (2011);
- ✓ Alturas Pluviométricas das estações instaladas no Litoral paranaense fornecida pela SEMA, Instituto das Águas do Paraná;
- ✓ Imagens orbitais disponibilizadas pelo *software Google Earth*;
- ✓ Atividades de campo para coleta de dados e demais levantamentos;
- ✓ Tomada de fotografias em campo para posterior análise de acervo em trabalho de gabinete.

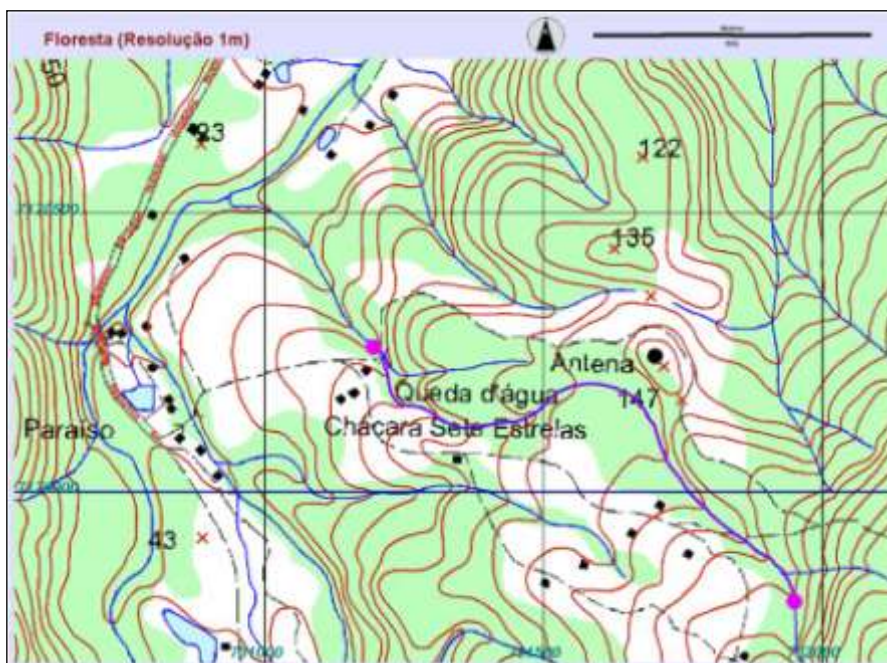


Figura 10: Detalhe do segmento do vale do Rio Tingidor, afluente do Rio Jacareí, percorrido na linha de talvegue, destacado pelo traço em magenta, entre os dois pontos de cor magenta, comunidade de Floresta, município de Morretes-PR. Recorte da carta topográfica Alexandra, Folha SG.22-X-D-V/2-NO, escala 1:25.000.

Fonte: Diretoria de Serviço Geográfico do Exército - DSG (1998). Adaptado Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais - LAGEAMB (2012)

O estudo apoiou-se na perspectiva sistêmica, uma vez que analisou as correlações entre elementos físicos constituintes de uma bacia hidrográfica, (vertente, rio, energia e matéria) que estabelecem relações mutuas, muito embora as análises se fizeram em um compartimento específico da bacia citada.

Utilizou-se do material descrito anteriormente e por meio de uma proposta empírico dedutiva, no qual os levantamentos e análises das condições ambientais e o diagnóstico da área de estudo se deram principalmente *in loco*, complementando-se às análises de material cartográfico, imagens orbitais e levantamento fotográfico para indicar a tipologia do fenômeno ocorrido e apresentar algumas alterações na paisagem natural.

A propósito das premissas descritas, Ross (1990, p. 78) destaca que “a análise empírica da fragilidade exige estudos básicos do relevo, da litologia-estrutura, do solo, do uso da terra e do clima. Os estudos passam, obrigatoriamente, pelos levantamentos de campo e pelos serviços de gabinete”.

5 RESULTADOS OBTIDOS

A partir das análises de campo, pôde-se constatar que a elevada pluviosidade em conjunto com as características geológicas, geomorfológicas e pedológicas da região, desencadeou um processo intenso de movimentos de massa, resultando em algumas alterações no ambiente natural que também afetou diretamente a população deixando grandes prejuízos socioeconômicos.

Solo, rocha e material composto, assim como parte da vegetação foram arrastados vertente abaixo, pelo excesso de água, aliado à força da gravidade, considerando que nessa área as vertentes são significativamente íngremes. A paisagem local foi modificada, ficando visíveis, entre outras: o assoreamento, desvio e alargamento do canal fluvial; alteração na profundidade e vazão dos corpos d'água; alteração na geometria e declividade do terreno e na cobertura vegetal, situações observáveis nas Figuras 11 e 12.



Figura 11: Aspectos das alterações na paisagem em decorrência dos movimentos de massa ocorridos em março de 2011 na Serra da Prata. Visão do alto da encosta com desprendimento de blocos (polígono em vermelho) e deslizamento de material composto (polígono em amarelo).



Figura 12: Matacões depositados no leito do Rio Tingidor, afluente do Jacareí, imagens evidenciam assoreamento, alargamento e desvio do canal fluvial. Os depósitos coluviais alteraram a forma do vale.

Fonte: Everton Passos e Roberto C. Pinto, Maio de 2012.

Com relação aos impactos socioeconômicos, casas, ruas e instalações foram destruídas, além das áreas de cultivo e de criação de animais. Calcula-se que a gravidade dos impactos negativos provocados pelos movimentos de massa ocorridos, só não foram maiores para a comunidade local, por se tratar de uma região com pouca interferência antrópica e com número

reduzido de moradores, uma vez que “o fenômeno foi de intensidade equivalente, ou até maior aos registrados em Caraguatatuba (1967), Serra das Araras (1967), do Rio Tubarão (1974), do Vale do Itajaí (2008, 2009) e da região serrana do Rio de Janeiro (2011), os quais vitimaram um número bem maior de pessoas” (BIGARELLA, 2012) ⁵.

Sob o ponto de vista da discussão conceitual e classificação dos movimentos ocorridos, a consulta ao referencial teórico específico, referente à temática abordada, em conjunto com as observações de campo, indicaram uma combinação de processos em que, eventualmente, um foi responsável por deflagrar outro. Diante dos índices pluviométricos significativos registrados em aproximadamente 24 horas, descritos anteriormente, houve o comprometimento da estabilidade das encostas, sobretudo nas cabeceiras de drenagem, com vertentes íngremes. O solo pouco desenvolvido, saturado deslizou, concomitantemente, ou em processos sucessivos de desprendimentos e rolamentos de blocos, praticamente preenchendo o fundo do vale, no alto e médio curso e parte da planície de inundação, formando grandes depósitos colúvios-aluvionares atuais.

As observações *in loco* demonstraram a energia do evento, blocos de rochas desprendidos rolaram até o baixo curso do rio, pela força da gravidade, impulsionados pelo grande volume de água e lama. Os blocos maiores ficaram ainda no alto curso, alguns contidos por barramentos naturais (conjunto de blocos e troncos dispostos transversalmente ao longo do canal fluvial funcionando como barreira), matacões menores e seixos, distribuíram-se pela planície de inundação do Rio Jacaré, na comunidade de Floresta. Os troncos das árvores foram barrados pela ponte sobre o Rio Jacaré – BR 277, materiais mais leves, incluindo areia, silte, solo e material composto foram transportados pela força das águas até a Baía.

Sob o ponto de vista dos riscos oferecidos à população local, é importante destacar a constatação de grandes blocos de rochas em processo avançado de intemperismo próximos de residências que evidenciam a ocorrência de eventos pretéritos na região, de grande intensidade, indicando susceptibilidade e relativo risco da comunidade local para acontecimentos dessa natureza, esse diagnóstico pode ser observado na Figura 13 e 14.

As evidências demonstraram a multiplicidade dos processos ocorridos na área de estudo, deflagrados, sobretudo pelas pesadas chuvas. Ressalta-se ainda, a possibilidade, embora sem aferições, de que o desprendimento e rolamento de blocos imensos de granitos esfoliados

⁵ BIGARELLA J.J. Entrevista concedida em agosto de 2012.

(observados em campo e demonstrados nas fotografias) previamente estabilizados nas encostas, esses removidos pelo fluxo de água e lama, provocaram abalos sísmicos de proporções suficientes para desequilibrar as vertentes, provavelmente intensificando os movimentos de massa registrados na ocasião, perfeitamente possíveis de serem comprovados em levantamentos futuros a partir de medidas de peso, velocidade de movimento de material, impacto, etc.



Figura 13: Leque com conjunto de grandes blocos de rochas instáveis no alto curso do Rio Tingidor, visão à montante, demonstrando que muito material ainda pode descer vertente abaixo. O tamanho dos blocos indica que possivelmente os impactos ocasionados pelo desprendimento e posterior rolamento, pode ter desencadeado outros processos de movimentos



Figura 14: Blocos rochosos com elevado grau de intemperismo, demonstrando eventos pretéritos e indicando o risco elevado aos moradores locais.

Fonte: Everton Passos e Roberto C. Pinto, Maio de 2012.

Nessa perspectiva, não é possível conceituar os movimentos de massa ocorridos na Serra da Prata, mais precisamente na bacia do Rio Jacaré, sem considerar, os condicionantes e uma combinação de vários tipos de movimentos. Portanto, o evento pode ser enquadrado como um movimento complexo, com deslocamento e rolamento de material rochoso nas cabeceiras das vertentes, deslizamentos onde a camada de solo saturado se desprende, corrida de lama no qual solo e material composto foram carregados pela grande quantidade de água, aumentando o volume, a medida que descia pela encosta, para dentro do canal fluvial, e por fim possíveis rastejamentos em pontos mais estáveis do terreno (baixa declividade, coberto por vegetação original, sem recortes no terreno, etc.).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os levantamentos de campo auxiliaram na compreensão das alterações na paisagem e no entendimento da dinâmica dos eventos ocorridos na área de estudo que foram satisfatoriamente representados em material fotográfico. Houve a possibilidade ainda, da constatação de que tais fenômenos fazem parte do processo de evolução do relevo local e que são recorrentes em função da existência de um conjunto de condicionantes deflagradores (declividade, altitude, litologia, pedologia e principalmente elevados índices pluviométricos recorrentes no verão).

Referindo-se a terminologia apropriada para definir o fenômeno ocorrido, algumas dúvidas permaneceram, uma vez que não aconteceu um ou outro evento isolado, a combinação dos processos é que resultou em tamanha energia e, por conseguinte nas alterações provocadas. Nesse sentido, o termo genérico movimentos de massa ou movimentos complexos, demonstrou ser o mais apropriado, entretanto, estudos futuros com intuito de mapear tal evento, poderão dividi-lo em compartimentos menores e desse modo, indicar a terminologia pertinente para cada unidade avaliada.

7 REFERÊNCIAS

AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILI, J. C. **Estabilidade de Taludes**. In: OLIVEIRA, A. M. D. S. e BRITO, S. N. A. D. (Ed.). Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE, 2004. p. 243-269.

BIGARELLA, J. J. **Serra do Mar e a porção oriental do estado do Paraná** - Contribuição a geografia, geologia e ecologia regional. Curitiba: SEPLAN, 1978.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO M. R.; **Movimentos de massa no transporte dos detritos da meteorização das rochas**. Boletim Paranaense de Geografia, UFPR. Curitiba, n. 16/17. 1965. p. 43-84.

BIGARELLA, J. J.; PASSOS, E.; **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2003 v. 3 (p.877-1436).

BLUM, C. T. **A Floresta Ombrófila Densa na Serra da Prata, Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange, PR - Caracterização Florística, Fitossociológica e Ambiental de um Gradiente Altitudinal.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR. 2006.

BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas em Margens de Rios.** CARVALHO, E. S. M.; OGURA, A. T. (Orgs.). Brasília. 2007, 176p.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo** – São Paulo: Contexto, 1991. 147p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo, Edgard Blucher, 2ª edição, 1980.

_____ **Modelagem de Sistemas Ambientais.** São Paulo: Edgard Blucher, 1999. 236 p.

_____ **Geomorfologia.** [S.l.]: [2005]. Disponível em:
<<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 03 de maio de 2012.

DREW, D. **Processos Interativos Homem-Meio Ambiente.** São Paulo, Difel, 1986.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. Movimentos de massa: uma abordagem geológico geomorfológica. In: Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. da (UFRS) **Geomorfologia e Meio Ambiente.** 3. ed. Rio de Janeiro, 2000 p. 123-194.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental,** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação.** São Paulo. Edgard Blücher; Ed. da Universidade de São Paulo, 1984. 194p.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. **Ocupação de encostas.** Coord. Cunha, M. A. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991.

MINEROPAR – Serviço Geológico do Paraná. **Acidentes Geológicos Urbanos.** Curitiba, 2010. 1ª ed. 78p.

MINEROPAR – Serviço Geológico do Paraná. **Mapeamento Geológico Geotécnico da Porção Leste da Serra do Mar do Estado do Paraná**. MINEROPAR (Minérios do Paraná S/A), 2011. 91p.

PARANÁ, Defesa Civil do Paraná. **Boletim das chuvas do Estado**, 24 de março de 2011. Disponível em: <<http://www.defesacivil.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=885>> Acesso em: 30 de Julho de 2012.

PENTEADO M. M.; **Fundamentos de Geomorfologia**. Rio de Janeiro, IBGE, 1974. 158p.

SEMA - Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Paraná. **Alturas Pluviométricas diárias (mm) – ano 2011**. Contato pessoal em outubro de 2011.

ROSS, J. L. S. (1990) **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento**, Editora Contexto, São Paulo, 85p.