

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA

JULIANA DA COSTA MANTOVANI

**PERÍCIA AMBIENTAL NA AVALIAÇÃO DE DANOS RESULTANTES DE INTERVENÇÕES
ANTRÓPICAS NO MEIO FÍSICO EM AÇÕES JUDICIAIS AMBIENTAIS**

São Paulo
2021

JULIANA DA COSTA MANTOVANI

Perícia ambiental na avaliação de danos resultantes de intervenções antrópicas no meio físico em ações judiciais ambientais

Versão Original

Tese apresentada à Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração: Geografia Física

Orientadora: Profa. Dra. Cleide Rodrigues

Coorientador: Omar Yazbek Bitar

São Paulo
2021

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

M293p Mantovani, Juliana da Costa
Perícia ambiental na avaliação de danos resultantes de intervenções antrópicas no meio físico em ações judiciais ambientais / Juliana da Costa Mantovani ; orientadora Cleide Rodrigues. - São Paulo, 2021.
380 f.

Tese (Doutorado)- Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.
Departamento de Geografia. Área de concentração: Geografia Física.

1. Perícia ambiental. 2. Meio físico. 3. Dano ambiental. 4. Geomorfologia. I. Rodrigues, Cleide, orient. II. Título.

Nome: MANTOVANI, Juliana da Costa

Título: Perícia ambiental na avaliação de danos resultantes de intervenções antrópicas no meio físico em ações judiciais ambientais

Tese apresentada à Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências

Aprovada em:

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Aos meus avós e ao meu tio Carlito

AGRADECIMENTOS

À Profª Drª Cleide Rodrigues, minha orientadora, mentora desde o mestrado, pelos conselhos, apoio e paciência em todo o processo de elaboração da tese.

Ao Omar Yazbek Bitar, pela coorientação da tese e por me receber no IPT. Também pelas diversas conversas e paciência nos momentos de maior ansiedade e perda de foco.

Aos Profs. Drs. Silene da Purificação e Jurandyr Ross, pelas contribuições no exame de qualificação, essenciais para adequar minhas expectativas e objetivos à dimensão de uma pesquisa de doutorado, mas também para indicar que estava no caminho certo.

Ao Yuri Veneziani, companheiro de vida, pelas contribuições e leituras ao texto, pelos desabafos, pela pipoca com vinho.

À minha família, em especial, aos meus pais, por compreender minhas ausências e períodos de grande ansiedade.

Aos colegas de pós-graduação, Camila, Maria Rita, Agnes, Rodrigo, Alberto, Iury e Pam.

Às minhas amigas de infância, Clarisse, Meríssea e Magá, por compreender minhas ausências e sumiços.

Ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas, em especial, ao Centro de Tecnologias Geoambientais – CTGEO, pelas contribuições e pesquisas desenvolvidas em conjunto, por meio do Programa Novos Talentos, realizado entre setembro de 2017 e 2020.

Especial agradecimento à equipe do Laboratório de Recursos Hídricos e Avaliação Geoambiental (LABGEO), pela parceria durante este período, e aos pesquisadores Caio Pompeu Cavalhieri, Marcelo Gramani e Ana Paula Silva, pelas conversas descontraídas, concepção de projetos e estudos de caso.

Aos professores e colegas de curso da Pós-graduação em Perícia Ambiental, do SENAC Jabaquara, pelos ensinamentos, visitas técnicas, elaboração de laudos e inspiração à realização desta pesquisa. Em especial, à Prof. Dr. Silene da Purificação, mentora de vida e da minha carreira nesta área, por me convencer a ingressar na Perícia Ambiental, por acreditar no meu trabalho e por todos os conselhos, profissionais e de vida.

Aos colegas de curso de Perícia Ambiental e grandes amigos/irmãos, Diogo, Caio e Vinícius, pelas inúmeras risadas, tirações de sarro, jantares no “Mineiro” e horas gastas na elaboração de relatórios em grupo e conclusão do TCC.

Ao Doutor Ruy Alberto Leme Cavalheiro e às suas assistentes de gabinete, da 1ª Câmara Reservada ao Meio Ambiente do Tribunal de Justiça de São Paulo, por me receberem, acreditarem na pesquisa e se disponibilizarem para ajuda, me permitindo o acesso à estudos de caso e proporcionando horas de conversa, regadas à muito café e à paisagem da região central da Cidade de São Paulo.

Ao Prof. Dr. Francisco Gutiérrez, por me receber na Universidade de Zaragoza, durante a realização de Doutorado Sanduíche na Espanha, e por me inserir em sua equipe. Aos colegas

de laboratório na Geodinâmica Externa: Ángel, Iván, Jorge e Domingo, pelo companheirismo e pelas muitas risadas e aulas de espanhol. Aos Professores Glória Désir e Jesus Guerrero, pelas orientações, convites a saídas de campo e por me inserirem em suas famílias. Aos demais colegas doutorandos, pelos almoços e grandes risadas trocadas durante o intercâmbio.

Especial agradecimento ao Ángel Garcia-Arnay e Carlotta Parentti, amigos de intercâmbio do laboratório de Geodinâmica Externa da Universidade de Zaragoza e amigos para toda a vida, que auxiliaram na tradução do vocabulário técnico em espanhol e italiano. Assim como ao Daniel Höbling, pesquisador da Universidade de Salzburgo, Áustria, pelo auxílio na tradução dos termos ao alemão.

À CAPES pela concessão da bolsa do Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior – PDSE 2018/2019.

E ao CNPQ, pela concessão da bolsa de doutorado e financiamento da pesquisa.

RESUMO

MANTOVANI, Juliana da Costa Mantovani. Perícia ambiental na avaliação de danos resultantes de intervenções antrópicas no meio físico em ações judiciais ambientais. 2021. 380 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

Diversos autores apontam a tendência de aumento no número de desastres naturais e antrópicos, resultantes da crescente complexidade das interações entre sociedade e natureza. Consequentemente, a judicialização de processos envolvendo crimes e danos ambientais vem aumentando, conferindo à perícia ambiental protagonismo neste âmbito. Trata-se de instrumento técnico, utilizado para averiguação idônea de danos ambientais, suas causas e agentes responsáveis. Quando envolvendo processos do meio físico, como movimentos de massa e inundações, a identificação adequada do processo-resposta pelo perito é imprescindível para reduzir possíveis erros de diagnóstico. A hipótese da tese é de que nas ações judiciais ambientais, a apropriação e aplicação dos fundamentos teórico-metodológicos da geomorfologia não são realizadas com as precisões conceituais necessárias no contexto de conflitos entre múltiplos interesses, exigidos nos âmbitos decisórios do judiciário, enfraquecendo a acurácia e eficácia de decisões e sentenças na mitigação e prevenção de novos danos ambientais, viabilizando transgressões e favorecendo certos interesses. A pesquisa possui como objetivo verificar a apropriação e transposição desse corpo teórico-metodológico nas ações judiciais envolvendo processos do meio físico, em especial nas perícias técnicas, especificando suas abordagens e utilizações de conceitos aquém ou avessos aos fundamentos da disciplina. Foram analisadas 32 ações judiciais envolvendo fenômenos do meio físico, conduzidas em 2ª instância no Estado de São Paulo e julgadas pela 1ª Câmara Reservada ao Meio Ambiente. Para definição das ações judiciais, foi realizada pesquisa de jurisprudência com base em 16 palavras-chave. Os documentos analisados foram: laudos periciais, pareceres técnicos e os principais documentos não técnicos. A leitura dos documentos buscou identificar conceitos da geomorfologia e métodos e técnicas para análise dos processos do meio físico envolvidos. Os termos foram sistematizados e confrontados com o referencial teórico-metodológico, organizado com base na pesquisa bibliográfica. A análise dos documentos demonstrou que os profissionais envolvidos não são predominantemente das disciplinas das ciências da terra, mas sim das engenharias, em especial engenheiros civis. Constatou-se que os conceitos com maior confusão terminológica são: nascentes, sulcos, ravinas, voçorocas e risco. E os de maior aderência ao referencial teórico-metodológico: assoreamento, enchente e alagamento. Comprovaram-se, também, lacunas de compreensão nos documentos em relação a outros conceitos fundamentais na geomorfologia: escalas espaciais e temporais, magnitude e frequência dos fenômenos e abordagem sistêmica. A pesquisa comprovou que a contribuição limitada da geomorfologia nas ações judiciais resultou em ambiguidades que se reproduziram em diversos documentos ao longo das ações, bem como na desconsideração de laudos periciais e relatórios técnicos por parte dos juízes, que não conseguiram reconhecer os esclarecimentos necessários à solução dos litígios.

Palavras-chave: Perícia ambiental; Meio Físico; Dano ambiental; Geomorfologia.

ABSTRACT

MANTOVANI, Juliana da Costa Mantovani. Environmental forensics in the assessment of damages resulting from anthropic interventions in the physical environment in environmental lawsuits. 2021. 380 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

Several authors indicate the rising number of natural and man-made disasters, resulting from the increasing complexity of the interactions between society and nature. Consequently, the number of lawsuits involving crimes and environmental damages has also grown, giving environmental forensics a leading role in this area. The latter is a technical instrument, used for the proper investigation of environmental damage, its causes and responsible agents. When involving physical processes, such as mass movements and floods, adequate identification of the response process by the expert is essential to reduce possible diagnostic errors. The hypothesis of the thesis is that in environmental lawsuits, the appropriation and application of the theoretical and methodological basis of geomorphology are not carried out with the necessary conceptual clarifications in the context of conflicts between multiple interests, required in the decision-making areas of the judiciary, weakening the accuracy and effectiveness of decisions and verdicts in mitigating and preventing new environmental damage, making possible transgressions and favouring certain interests. The research aims to verify the appropriation and transposition of this theoretical-methodological body in lawsuits involving processes of the physical environment, especially in technical reports, specifying its approaches and uses of concepts averse to the fundamentals of the discipline. 32 lawsuits involving physical phenomena were analysed, all of which conducted in 2nd instance in the State of São Paulo and judged by the 1st Chamber Reserved for the Environment. For the definition of the analysed lawsuits, a jurisprudence research was conducted based on 16 keywords. The documents analysed were: expert reports, technical opinions and the main non-technical documents. The reading of the documents sought to identify concepts of geomorphology and methods and techniques used for analysing the physical processes involved. The terms were systematized and compared with the theoretical-methodological framework, based on bibliographic research. The analysis of the documents showed that the professionals involved are not predominantly from the disciplines of earth sciences, but from engineering, especially civil engineers. It was found that the concepts with the greatest terminological confusion are: springs, ravines, gullies and risk. And those with greater adherence to the theoretical and methodological framework: siltation and flooding. The documents also showed gaps in the comprehension of other fundamental concepts in geomorphology: spatial and temporal scales, magnitude and frequency and systemic approach. The research proved that the limited contribution of geomorphology in the lawsuits resulted in ambiguities that were reproduced in several documents throughout the lawsuits, as well as the disregard of expert reports and technical reports by the judges, who were unable to recognize the clarifications necessary for their solution.

Keywords: Environmental forensics; Physical environment; Environmental damage; Geomorphology.

FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma das principais etapas e procedimentos da pesquisa.....	26
Figura 2 - Proporção obtida a partir da pesquisa de jurisprudência, com base nos agrupamentos dos termos.....	30
Figura 3 – Síntese dos procedimentos de amostragem.....	33
Figura 4 - Fluxograma com os documentos analisados nos processos judiciais.....	34
Figura 5 – Síntese dos procedimentos adotados na análise dos processos judiciais.....	35
Figura 6 - Taxas de operação (eixo X) dos diferentes processos geomorfológicos.....	41
Figura 7 - Desenvolvimento das formas da superfície terrestre, em relação ao tempo de formação (escala temporal) e à sua dimensão (escala espacial).	41
Figura 8 - Escalas temporais dos processos geomorfológicos	52
Figura 9 – Sequência de evolução do uso da terra e do escorregamento rotacional da Favela Nova República.....	55
Figura 10 - Modelo evolutivo do fenômeno cárstico em Cajamar.....	56
Figura 11 - Imagens do flash flood de 1996 em Biescas, Espanha	57
Figura 12 - Fotografias de diferentes visadas da praça da Dolina das Estrelas.....	59
Figura 13 - Quadro semiótico do discurso envolvido em perícias	67
Figura 14 - Principais etapas e documentos que compõem uma Ação Civil Pública	71
Figura 15 -Número de acórdãos selecionados para análise por universo de análise e termo pesquisado	80
Figura 16 - Distribuição das ocorrências dos termos do universo de análise de erosão, assoreamento e solapamento.....	82
Figura 17 - Proporção entre os tipos de peças judiciais a partir das quais foram extraídos os trechos do universo de análise de erosão, assoreamento e solapamento.....	83
Figura 18 – Mérito (ou a causa de pedir) associada à utilização da terminologia de erosão, assoreamento e solapamento.....	84
Figura 19 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "erosão".....	86
Figura 20 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "erosão laminar".	102
Figura 21 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "erosão em sulcos" e "sulcos"	110
Figura 22 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "erosão em ravinas" e "ravinas".....	118
Figura 23 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "erosão em voçorocas" e "voçorocas"	120
Figura 24 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "solapamento"....	130
Figura 25 – Bloco diagrama de solapamento de margem de canal fluvial	133
Figura 26 - Nomenclatura dos canais meândricos e locais preferenciais de solapamento	134

Figura 27 - Exemplos de solapamento em margem côncava de canal fluvial, em dois trechos do rio Ribeira de Iguape	134
Figura 28 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "assoreamento" ..	137
Figura 29 - Proporção entre os termos selecionados no universo de análise dos movimentos de massa	152
Figura 30 – Mérito (ou a causa de pedir) associada à utilização da terminologia de movimentos de massa.....	153
Figura 31 - Proporção entre os tipos de peças judiciais a partir das quais foram extraídos os trechos do universo de análise de movimentos de massa	154
Figura 32 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "movimento de massa"	156
Figura 33 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "escorregamento"	165
Figura 34 – Bloco diagrama de escorregamento rotacional e translacional.....	169
Figura 35 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "deslizamento" ...	173
Figura 36 – Quantidade de trechos contendo o termo “deslizamento” extraídos por peça judicial analisada	178
Figura 37 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "quedas de blocos"	182
Figura 38 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "tombamento" ...	186
Figura 39 – Bloco diagrama de tombamentos e quedas.....	189
Figura 40 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "corrida"	191
Figura 41 – Bloco diagrama de corrida de massa.....	196
Figura 42 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "subsidência"	199
Figura 43 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "recalque"	201
Figura 44 - Exemplo de recalque em edifícios na cidade de Santos - SP	205
Figura 45 - Esquema ilustrativo de recalque diferencial.....	206
Figura 46 - Distribuição das ocorrências dos termos do universo de análise de inundação	211
Figura 47 - Proporção entre os tipos de peças judiciais a partir das quais foram extraídos os trechos do universo de análise de inundação.....	211
Figura 48 – Mérito (ou a causa de pedir) associada à utilização da terminologia de inundação	212
Figura 49 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "cheia"	213
Figura 50 – Seção transversal esquemática e simplificada de um vale fluvial.....	215
Figura 51 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "inundação"	219
Figura 52 - Bloco diagrama esquemático do sistema fluvial.....	223
Figura 53 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "enchente".....	228

Figura 54 – Comportamento do fluxo no canal fluvial antes e após a urbanização	229
Figura 55 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "flash flood"	232
Figura 56 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "enxurrada"	234
Figura 57 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "tempo de retorno"	241
Figura 58 - Proporção entre os tipos de peças judiciais a partir das quais foram extraídos os trechos do universo de análise de risco	254
Figura 59 – Mérito (ou a causa de pedir) associada à utilização da terminologia de risco	255
Figura 60 - Distribuição das ocorrências dos termos do universo de análise de risco	256
Figura 61 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "risco"	257
Figura 62 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "perigo"	260
Figura 63 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "estabilidade"	271
Figura 64 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "vulnerabilidade"	279
Figura 65 - Formação profissional dos peritos nas ações judiciais analisadas.....	296
Figura 66 - Formação profissional dos assistentes técnicos nas ações judiciais analisadas	297
Figura 67 - Formação profissional dos especialistas responsáveis pelos pareceres técnicos.....	298
Figura 68 - Formação profissional de todos os especialistas envolvidos nos pareceres técnicos e laudos periciais das ações analisadas	302
Figura 69 - Formação profissional de peritos e assistentes técnicos.....	303
Figura 70 - Órgãos públicos responsáveis pela realização dos pareceres técnicos analisados	305
Figura 71 - Equipes multidisciplinares que atuaram nas ações analisadas e respectivos honorários periciais	307
Figura 72 - Técnicas utilizadas pelos especialistas em campo para realização dos documentos técnicos analisados.....	308
Figura 73 - Técnicas pelos especialistas em gabinete para realização dos documentos técnicos analisados.....	309

TABELAS

Tabela 1 - Processos judiciais analisados na pesquisa	31
Tabela 2 - Categorias de análise e termos selecionados para análise comparativa	36
Tabela 3 - Hierarquia de eventos, segundo seu significado com base na escala temporal.....	52
Tabela 4 - Descrição e exemplos das categorias referentes aos contextos de utilização dos termos nas ações judiciais.....	76
Tabela 5 - Processos judiciais selecionados como amostragem da terminologia de erosão, assoreamento e solapamento, com base na pesquisa de jurisprudência	81
Tabela 6 - Termo "erosão" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão.....	85

Tabela 7 - Definição do termo "erosão" de acordo com as referências selecionadas.....	86
Tabela 8 - Termo "erosão laminar" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão.....	101
Tabela 9 -Definição do termo "erosão laminar" de acordo com as referências selecionadas	102
Tabela 10 - Termo "sulco" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão	109
Tabela 11 - Definição do termo "sulco" e “erosão em sulcos” de acordo com as referências selecionadas.....	110
Tabela 12 - Termo "ravina" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão.....	117
Tabela 13 - Termo "voçoroca" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão	117
Tabela 14 - Definição do termo "ravina” e “erosão em ravina” de acordo com as referências selecionadas.....	118
Tabela 15 - Definição do termo "voçoroca” e “erosão em voçoroca” de acordo com a bibliografia selecionada.....	120
Tabela 16 - Dimensões de uma voçoroca de acordo com a literatura consultada	124
Tabela 17 - Termo "solapamento" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão.....	130
Tabela 18 - Definição do termo "solapamento” de acordo com as referências selecionadas	131
Tabela 19 - Termo "sedimentação" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão	136
Tabela 20 - Definição do termo "assoreamento” de acordo com as referências selecionadas	137
Tabela 21 - Processos selecionados como amostragem da terminologia de movimentos de massa, com base na pesquisa de jurisprudência	150
Tabela 22 - Termo "movimento de massa" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão	155
Tabela 23 - Definição do termo "movimento de massa" de acordo com as referências selecionadas	156
Tabela 24 - Termo "escorregamento" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão	164
Tabela 25 - Definição do termo "escorregamento" de acordo com as referências selecionadas	165
Tabela 26 - Termo "deslizamento" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão	172
Tabela 27 - Definição do termo "deslizamento" de acordo com as referências selecionadas.....	173
Tabela 28 - Termo "queda de blocos" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão	182
Tabela 29 - Definição do termo "queda de blocos" de acordo com as referências selecionadas	183
Tabela 30 - Termo "tombamento" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão	186
Tabela 31 - Definição do termo "tombamento" de acordo com as referências selecionadas	186
Tabela 32 - Termo "corrida" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão	190
Tabela 33 - Definição do termo "corridas de massa" de acordo com as referências selecionadas....	191
Tabela 34 - Termo "recalque" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão.....	198
Tabela 35 - Definição dos termo “subsistência” de acordo com as referências selecionadas	199
Tabela 36 - Definição do termo “recalque” de acordo com as referências selecionadas	202

Tabela 37 - Ações judiciais selecionadas como amostragem da terminologia de inundação, com base na pesquisa de jurisprudência.....	210
Tabela 38 - Termo "cheia" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão	212
Tabela 39 - Definição do termo "cheia" de acordo com as referências selecionadas	213
Tabela 40 - Termo "inundação" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão	219
Tabela 41 - Definição do termo "inundação" de acordo com as referências selecionadas.....	219
Tabela 42 - Termo "enchente" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão.....	227
Tabela 43 - Definição do termo "enchente" de acordo com as referências selecionadas	228
Tabela 44 - Termo "enxurrada" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão	232
Tabela 45 - Definição do termo "flash flood" de acordo com as referências selecionadas.....	232
Tabela 46 - Definição do termo "enxurrada" de acordo com as referências selecionadas	234
Tabela 47 - Termo "alagamento" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão.....	238
Tabela 48 - Definição do termo "alagamento" de acordo com as referências selecionadas	238
Tabela 49 - Termo "tempo de retorno" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão	240
Tabela 50 - Definição do termo "tempo de retorno" de acordo com as referências selecionadas....	241
Tabela 51 - Processos selecionados como amostragem da terminologia de riscos geomorfológicos, com base na pesquisa de jurisprudência	254
Tabela 52 - Termo "risco" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão	257
Tabela 53 - Definição do termo "risco" de acordo com as referências selecionadas	257
Tabela 54 - Termo "perigo" ou "perigosidade" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão	259
Tabela 55 - Definição do termo "perigo", "perigosidade" e "ameaça" de acordo com as referências selecionadas	260
Tabela 56 - Termo "susceptibilidade" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão.....	268
Tabela 57 - Definição do termo "susceptibilidade" de acordo com as referências consultadas	268
Tabela 58 - Termo "estabilidade" e "instabilidade" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão	271
Tabela 59 - Definição do termo "estabilidade" de acordo com as referências selecionadas.....	271
Tabela 60 - Termo "vulnerabilidade" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão.....	279
Tabela 61 - Definição do termo "vulnerabilidade" de acordo com as referências selecionadas.....	279

LISTA DE SIGLAS

ACP – Ação Civil Pública
APM – Área de Proteção aos Mananciais
APP – Área de Preservação Permanente
BO – Boletim de Ocorrência
CAEX – Centro de Apoio à Execução (Assistência Técnica do Ministério Público)
CBRN – Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CF – Constituição Federal
CPC – Código de Processo Civil
CPP – Código de Processo Penal
DPRN – Departamento de Proteção e Recuperação dos Recursos Naturais
EIA – Estudo de Impacto Ambiental
eSAJ – Portal de Serviços Eletrônicos do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo
FID – Fundo de Interesses Difusos
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia
IC – Inquérito Civil
IG – Instituto Geológico
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MP – Ministério Público
ONU – Organização das Nações Unidas
PNPDEC – Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
RIMA – Relatório de Impacto no Meio Ambiente
RL – Reserva Legal
SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SMA – Secretaria Estadual de Meio Ambiente
SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação
TAC – Termo de Ajustamento de Conduta
TC – Termo Circunstanciado
TCRA – Termo de Compromisso de Recuperação Ambiental
TJSP – Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo
UC – Unidade de Conservação
UNISDR – *United Nations Office for Disaster Risk Reduction*

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	17
1.1.	JUSTIFICATIVA	22
1.2.	HIPÓTESE	23
1.3.	OBJETIVOS	23
2.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	26
2.1.	ETAPA 1 – REVISÃO TEÓRICA DIRIGIDA NA GEOMORFOLOGIA	26
2.2.	ETAPA 2 – AMOSTRAGEM E ANÁLISE DOS PROCESSOS JUDICIAIS	27
2.2.1.	DEFINIÇÃO DO UNIVERSO DE ANÁLISE	27
2.2.2.	ANÁLISE DOS PROCESSOS JUDICIAIS E SELEÇÃO DOS TERMOS TÉCNICOS	34
2.3.	ETAPA 3 – ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES	36
3.	EMBASAMENTO TEÓRICO-CONCEITUAL.....	39
3.1.	A CIÊNCIA GEOMORFOLÓGICA.....	39
3.1.1.	GEOMORFOLOGIA APLICADA.....	44
3.1.2.	GEOMORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA	47
3.1.3.	PERÍCIA GEOMORFOLÓGICA: CONSTRUINDO UM CONCEITO	49
3.2.	A GEOMORFOLOGIA E A PERÍCIA AMBIENTAL: UMA INTERFACE.....	54
3.3.	A PERÍCIA AMBIENTAL.....	60
3.3.1.	A PERÍCIA	61
3.3.2.	O PERITO E O LAUDO PERICIAL	63
3.3.3.	INSERÇÃO DA PERÍCIA AMBIENTAL NA INSTÂNCIA CIVIL: O DANO AMBIENTAL E A RESPONSABILIDADE CIVIL	67
3.4.	INCOERÊNCIAS CONCEITUAIS E DE CATEGORIAS DA GEOMORFOLOGIA	71
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
4.1.	ANÁLISE DOS ACÓRDÃOS	79
4.2.	ANÁLISE DOS PROCESSOS JUDICIAIS.....	81
4.2.1.	GRUPO I – EROSÃO, ASSOREAMENTO E SOLAPAMENTO	81
4.2.1.1.	EROSÃO	85
4.2.1.2.	EROSÃO PLUVIAL.....	100
A.	EROSÃO DIFUSA	101
B.	EROSÃO CONCENTRADA	109
4.2.1.3.	SOLAPAMENTO.....	130
4.2.1.4.	ASSOREAMENTO	136
4.2.1.5.	CONSIDERAÇÕES SOBRE A TERMINOLOGIA ASSOCIADA AOS PROCESSOS EROSIVOS E DE SEDIMENTAÇÃO	148
4.2.2.	GRUPO II - MOVIMENTOS DE MASSA	150

4.2.2.1.	MOVIMENTOS DE MASSA	155
4.2.2.2.	PRINCIPAIS TIPOS DE MOVIMENTOS DE MASSA	164
A.	ESCORREGAMENTOS.....	164
B.	DESLIZAMENTO	172
C.	DESMORONAMENTO E DESABAMENTO	179
D.	QUEDAS DE BLOCOS	181
E.	CORRIDAS DE MASSA	190
4.2.2.3.	RECALQUE	198
4.2.2.4.	CONSIDERAÇÕES SOBRE A TERMINOLOGIA ASSOCIADA AOS MOVIMENTOS DE MASSA 207	
4.2.3.	GRUPO III – INUNDAÇÃO.....	210
4.2.3.1.	CHEIA.....	212
4.2.3.2.	INUNDAÇÃO	218
4.2.3.3.	ENCHENTE	227
4.2.3.4.	ENXURRADA	231
4.2.3.5.	ALAGAMENTO	237
4.2.3.6.	TEMPO DE RETORNO.....	240
4.2.3.7.	CONSIDERAÇÕES SOBRE A TERMINOLOGIA ASSOCIADA A INUNDAÇÃO	247
4.2.4.	RISCO GEOMORFOLÓGICO.....	253
	RISCO	256
4.2.4.1.	SUSCETIBILIDADE.....	268
4.2.4.2.	ESTABILIDADE E INSTABILIDADE	270
4.2.4.3.	VULNERABILIDADE	278
4.2.4.4.	CONSIDERAÇÕES SOBRE A TERMINOLOGIA ASSOCIADA AOS RISCOS GEOMORFOLÓGICOS.....	283
4.3.	INTEGRAÇÃO E SÍNTESE	287
4.3.1.	TERMINOLOGIA DAS CIÊNCIAS DA TERRA.....	287
4.3.2.	TERMINOLOGIA JURÍDICA	291
4.3.3.	A PERÍCIA TÉCNICA E A ATUAÇÃO DE ESPECIALISTAS.....	296
5.	CONCLUSÕES.....	312
	REFERÊNCIAS.....	319
	APÊNDICE A	335
	APÊNDICE B	337

1. INTRODUÇÃO

Durante as últimas décadas, a intensa atuação da sociedade sobre a natureza no processo de ocupação e obtenção de recursos resultou no aumento da ocorrência de acidentes ambientais de grande magnitude. Os cenários potenciais para os próximos anos são ainda mais preocupantes, dada a tendência de aumento da complexidade dessa atuação (ROSS, 2001; GOUDIE, 2010; CARBONEL et al., 2015; RODRIGUES, 2015). Como resposta a isso, a judicialização de processos envolvendo crimes e danos ambientais vem aumentando e, com isso, a perícia ambiental tem assumido protagonismo nas análises deste âmbito.

A perícia ambiental está parcialmente inserida nas ciências ambientais e parcialmente no direito, mais especificamente, no direito ambiental, de onde retira parte de seus conceitos e procedimentos técnico-administrativos.

Trata-se de instrumento de caráter técnico, utilizado para averiguação idônea da ocorrência de danos e crimes ambientais, abrangendo os impactos nas esferas física, biológica e social. Este procedimento pode ser conduzido no âmbito judicial, quando solicitado pelo juiz ou por uma das partes integrantes da ação judicial; bem como, previamente à instauração de um processo judicial ou tomada de decisão, caracterizando-se como perícia extrajudicial.

A perícia ambiental pode estar inserida nas instâncias administrativa, civil e penal. Na primeira realiza investigações relacionadas a aplicação de multas, autuações e licenças expedidas pela polícia ou pelo órgão ambiental; na instância civil, debruça-se sobre avaliações da extensão dos danos, responsabilidades sobre sua ocorrência e formas de reparação ou recuperação; e na instância criminal, trata da averiguação da ocorrência de crime ambiental.

O conceito de dano ambiental refere-se, em suma, à degradação dos recursos ambientais, resultando na alteração adversa do equilíbrio ecológico ou da qualidade de vida (MILARÉ, 2011). Apesar de inexistir uma definição específica a este termo na legislação brasileira, que conceitua apenas os termos degradação, poluição e impacto ambiental, a doutrina que rege o direito ambiental apresenta diversas definições, que conceituam tipos de dano ambiental, como: o dano individual, o dano coletivo, o dano moral, os danos irreparáveis, os danos compensáveis, etc.

Tais danos podem estar associados às intervenções antrópicas sobre diferentes ecossistemas, como por exemplo: supressão de vegetação, ocupação de Áreas de Preservação Permanente; intervenção em Unidades de Conservação; desvio e canalização de cursos d'água; desestabilização de taludes e de infraestruturas, etc.

Em relação aos sistemas físicos e, especialmente, geomorfológicos, as intervenções antrópicas podem impactar na estabilidade de vertentes; nas taxas de sedimentação, remoção e transporte de materiais; no regime de canais fluviais; na geração ou agravamento de eventos extremos; na redução da geodiversidade, entre outros (NIR, 1983; ROSS, 1994; RODRIGUES, 1997, 2010a; GOUDIE; VILES, 2016).

O acesso ao ambiente ecologicamente equilibrado, que garanta a qualidade de vida da população, é um direito do ser humano, integrando o conjunto denominado Direitos Difusos,

estabelecido pela Constituição Federal, no Artigo 225¹ (BRASIL, 1988). Logo, os casos envolvendo danos ou crimes ambientais devem ser apurados, com a responsabilização dos agentes envolvidos, interrupção das fontes do dano e exigida sua reparação ou recuperação.

Por ser de interesse de toda a sociedade, o agente responsável pela promoção de tais ações é o Ministério Público, cuja atuação visa garantir a aplicação dos direitos do ser humano. Ainda que a ação judicial de casos de dano ambiental possa ser proposta por outros agentes, como a União, Estados, Municípios ou Associações, o Ministério Público deve estar envolvido como uma das partes do processo ou como fiscal da Lei, conforme estabelecido na Lei de Ação Civil Pública (BRASIL, 1985).

A investigação do dano ambiental pode ocorrer por meio de Inquérito Civil, por parte do Ministério Público, visando averiguar a ocorrência e a necessidade de iniciar efetivamente uma ação judicial para responsabilização e restauração dos danos. Tal inquérito, envolve a participação dos especialistas do órgão, denominados assistentes técnicos, responsáveis pela elaboração de relatórios técnicos que irão embasar a instauração de uma ação judicial ou o encerramento do caso. Estes inquéritos visam, ainda, evitar a mobilização do setor judiciário de forma desnecessária.

Os diversos pareceres técnicos que instruem o inquérito podem ser elaborados por órgãos públicos e institutos de pesquisa, ou ainda, por consultores particulares e consultorias ambientais privadas, a depender da tipologia do caso.

Uma vez que se decide pelo início de ação judicial, o Ministério Público propõe uma Ação Civil Pública (ACP). Outros agentes podem, também, instaurar as ACPs, exceto no caso de pessoa física, para a qual existe a Ação Popular. Dentre os diversos documentos que compõem uma ACP, destaca-se a fase de produção das provas (ou de instrução processual) que embasam o processo judicial, dentre as quais, a prova pericial, elaborada pelo perito judicial, demandada pelas partes ou pelo juiz.

O perito é um especialista em determinada área do conhecimento científico, com comprovada formação acadêmica e experiência técnica para atender demandas judiciais² que exijam conhecimentos aprofundados sobre o funcionamento de um determinado fenômeno.

Apesar de serem frequentes perícias que envolvam impactos e danos, diretos ou indiretos, no meio físico, as técnicas e metodologias adotadas por peritos ambientais estão, em geral, voltadas para aspectos do meio biótico (ex: supressão de vegetação) e para o meio socioeconômico, sobretudo no que tange à saúde da população envolvida.

A formação profissional dos peritos ambientais designados por juízes ou dos assistentes técnicos, designados pelas partes, é composta na maioria das vezes, de

¹ “Artigo 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” (BRASIL, 1988).

² O termo perito envolve, necessariamente, a designação temporária ao “cargo” por um juiz. O especialista pode atuar, no entanto, como assistente técnico de uma das partes do processo judicial ou em perícias extrajudiciais, sendo nesses casos apenas designado como especialista.

engenheiros de várias especialidades, como a engenharia civil, agrônômica, industrial e elétrica, e, em menor número, por biólogos, geólogos, geógrafos, gestores ambientais, entre outros. Evidentemente, existem diversos fatores associados a este quadro profissional e seu destaque possui importância no âmbito da presente pesquisa. Recentemente, tem-se observado, também, a promoção de perícias ambientais multidisciplinares, envolvendo a participação de equipe de especialistas ou de, ao menos, dois peritos com formações em áreas diferentes, visando abranger a complexidade dos danos ambientais.

Na instância penal o procedimento é um pouco diferente, envolvendo as polícias civil e ambiental para averiguação de crimes ambientais. Nestes casos, antes da instauração da ação judicial, é realizado o inquérito policial, promovido a pedido do delegado de polícia, com base em um Boletim de Ocorrência. A perícia ambiental criminal ocorre nessa fase com o objetivo de embasar o inquérito e a decisão de conduzir uma Ação Penal, sendo, geralmente, promovida por um perito do Instituto de Criminalística, no caso do Estado de São Paulo.

Cabe destacar que, dependendo do tipo de degradação ambiental, ela pode envolver procedimentos jurídicos nas três instâncias: administrativa, civil e penal. Um caso de supressão de vegetação, por exemplo, pode ser investigado do ponto de vista administrativo, envolvendo as licenças ambientais para tal; na instância civil, pelo dano ambiental promovido; e na instância penal, podendo se enquadrar em tipo penal previsto pela Lei de Crimes Ambientais (BRASIL, 1998).

A superfície terrestre, no entanto, apresenta um funcionamento complexo, com interdependências entre os diferentes elementos e mecanismos que compõem o sistema terrestre (atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera). Quando se estuda o meio físico e, em especial, quando se estudam aspectos estruturantes como os da geomorfologia, esta abordagem sistêmica e abrangente é fundamental, uma vez que, um impacto em uma das componentes do sistema físico pode influenciar todo o sistema considerado, sejam bacias hidrográficas, vertentes, canais fluviais, praias, dentre outros sistemas com os quais a geomorfologia trabalha diretamente (CHORLEY, 1962; CHRISTOFOLETTI, 1974; SCHUMM, 1991; ROSS, 1992; RODRIGUES, 1997).

Há três questões tomadas a priori quanto à complexidade dos processos do meio físico e a necessidade de solidez de conhecimento científico do perito, que permitem problematizar o objeto tratado na presente pesquisa: uma, vinculada ao reconhecimento do sistema físico efetivamente atingido ou abrangido, seus subsistemas e suas escalas espaço-temporais; outra, relacionada à necessidade de compreensão das dúvidas a serem esclarecidas, em um contexto de criação de provas, resolução de conflito envolvendo diversos grupos de interesses, por vezes opostos, e de retóricas desses grupos; e uma terceira, concernente ao dever de traduzir o vocabulário técnico da área de especialidade do perito a um agente leigo no assunto.

Em relação à primeira questão, diante de tal complexidade envolvendo o funcionamento do meio físico, o perito responsável pelo estudo deve ter a competência de identificar adequadamente o processo-resposta envolvido no caso, minimizando incertezas e imprecisões em seus diagnósticos, avaliações e afirmações feitas no laudo pericial.

Tais erros podem ter múltiplas fontes, mas relacionam-se, sobretudo, às escalas espacial e temporal utilizadas, e à localização e extensão dos eventos em estudo, tanto em relação ao local da interferência, como dos efeitos resultantes, envolvendo, de modo geral, a compreensão da espacialidade e limiares do sistema físico abordado (SCHUMM, 1991).

Esses erros potenciais assumem relevância no contexto das perícias ambientais, pois elas produzem documentos sobre os quais ações judiciais podem ser instauradas, sentenças decididas, indenizações quantificadas, etc. Em última instância, elas podem resultar na criação de jurisprudência, que, quando baseadas em equívocos, podem abrir espaço às transgressões e enfraquecer os marcos regulatórios ambientais (RODRIGUES, 2015).

Assim, o domínio dos conceitos básicos dos sistemas físicos e o conhecimento sobre sua dinâmica, são pré-requisitos para realização de uma perícia ambiental aplicada a um dano no meio físico. Tal domínio está no cerne da geografia física e, mais especificamente, da geomorfologia, que apresenta diversas possibilidades de contribuição na formação dos profissionais atuantes nas perícias ambientais e na realização de perícias fundamentadas e conclusivas.

A segunda questão que justifica a solidez da fundamentação científica e do aporte teórico-metodológico utilizado pelo perito, refere-se às questões colocadas a ele pelas partes que integram o processo judicial.

Ao participar como perito oficial, o especialista tem como objetivo esclarecer o ponto contravertido da ação judicial, apresentado em despacho saneador pelo juiz, em que constam as dúvidas a serem esclarecidas pela perícia. As partes envolvidas, como o autor e os réus, podem apresentar questões próprias, a serem respondidas, se pertinente, pelo perito. Tais questões são denominadas quesitos.

Ao elaborar os quesitos, os advogados buscam, em suma, defender suas teses jurídicas, acerca do dano ambiental e da responsabilidade de algum ator. Os quesitos são redigidos, assim, visando orientar as respostas do perito, sintetizadas no laudo pericial.

Na elaboração do laudo pericial, portanto, o perito circunscreve seu relatório aos objetivos do documento, estabelecido pelo juiz, para quem responde diretamente, e às respostas aos quesitos, caso considere da sua competência respondê-los. Uma perícia com profundidade ou informações além daquelas solicitadas raramente ocorre, por diversas razões, como a necessária objetividade do laudo, mas principalmente por limitações no prazo e nos honorários estipulados (pagamento).

Neste sentido, quando as questões colocadas pelo juiz e os quesitos apresentados pelas partes estão excessivamente vagos, superficiais ou com pouca clareza, o laudo pericial resultante tende, comumente, a apresentar uma análise proporcionalmente vaga, superficial e pouco clara, ou seja, com respostas que abarcam o problema apenas superficialmente, e não em toda sua complexidade.

Tal situação, não é rara, porque tanto os juízes, quanto as partes, não possuem o conhecimento técnico aprofundado sobre o assunto, o que em si, justifica a participação do especialista. Logo, as duas instâncias se prejudicam: de um lado o perito judicial que deverá

se ater às questões apresentadas; e de outro, as partes que podem não encontrar elementos suficientes para instrumentalizar seu argumento e, no caso do juiz, a sua decisão.

A terceira questão que se coloca à perícia ambiental no geral, e sobretudo, à perícia aplicada aos processos do meio físico, refere-se à forma de traduzir o vocabulário técnico da área de especialidade do perito em algo passível de ser compreendido por um agente total ou parcialmente leigo no assunto.

Estes problemas na compatibilização da linguagem do universo técnico e acadêmico, com os agentes responsáveis pelo planejamento e tomada de decisão é algo bastante discutido na geomorfologia aplicada (BRUNSDEN et al., 1975; HOOKE, 1988; COOKE; DOORNKAMP, 1990; PANIZZA, 1996; RODRIGUES, 1997, 2015; HEARN, 2002). Schumm (1991, 2005), por exemplo, salienta a contribuição do geomorfólogo no auxílio aos advogados sobre aspectos técnicos dos casos e na preparação de planos de apresentação das evidências e possíveis respostas a questionamentos. É esse, por exemplo, o papel do assistente técnico das partes que compõem a ação judicial, auxiliando na elaboração dos quesitos e na apreciação do laudo pericial.

Esta dificuldade de diálogo e compatibilização entre o vocabulário essencialmente técnico e o vocabulário leigo pode resultar na desconsideração do laudo pericial ou de pareceres técnicos, à medida em que eles não possibilitem, na visão dos advogados e demais partes, sua transformação em instrumento jurídico.

Neste sentido, trata-se de situação na qual, novamente, os dois lados envolvidos na problemática são prejudicados: os especialistas, que possuem seu documento ignorado ou questionado no processo judicial e que deixam de contribuir à aplicação de seus conhecimentos na promoção de um retorno à sociedade; e de outro, os profissionais do Direito, que deixam de aproveitar um documento técnico na resolução do problema em litígio.

Cada vez mais, a participação de especialistas nos processos judiciais, como peritos do juiz ou assistentes técnicos, é imprescindível e urgente. Diversos autores apontam a tendência de aumento no número de desastres naturais e antrópicos, resultantes da crescente complexidade das interações entre sociedade e natureza (RODRIGUES, 1997, 2015; ROSS, 2001; ALCÁNTARA-AYALA, 2002; ALCÁNTARA-AYALA; GOUDIE, 2010; BURTON, 2010; ALCÁNTARA-AYALA; OLIVER-SMITH, 2014; CARBONEL et al., 2015).

Também pode ser destacada a recorrência de acidentes ambientais de grande magnitude e complexidade veiculados pela mídia, como os casos do rompimento das barragens de rejeitos de mineração de Fundão e Brumadinho, em Mariana e Brumadinho – MG, e o vazamento de gás na Localfrio, em Santos – SP. Diante dos desafios impostos à perícia ambiental e tendo em vista esta tendência de agravamento de desastres, a participação e posicionamento da geomorfologia e da geografia física nesse debate é urgente e de fundamental importância.

Tal participação, que tem aparecido de maneira limitada até o momento, poderá ocorrer de diversas formas, dentre as quais destaca-se, nessa pesquisa, a atuação em perícias ambientais visando a identificação das causas, dos responsáveis, o dimensionamento dos

danos provocados e, conseqüentemente, das medidas de mitigação, controle e prevenção que deverão ser tomadas.

A inclusão da geomorfologia, e de seus profissionais, nas perícias ambientais tem um duplo objetivo: (i) avaliar a extensão e as conseqüências dos danos ambientais, e os respectivos responsáveis por sua ocorrência, com precisão conceitual e baseado em referenciais teórico-metodológicos sólidos, que não promovam ambigüidades na ação judicial; (ii) atender os objetivos da perícia e auxiliar na resolução da lide, por meio de linguagem acessível, que permita a compreensão e apropriação pelas partes da ação judicial e, sobretudo, pelo juiz.

1.1. JUSTIFICATIVA

Para que essa inclusão ocorra é necessário que se reconheça as possibilidades de aplicação das ciências da terra³ e, em particular, do conjunto teórico-metodológico da geomorfologia, na perícia ambiental, bem como os procedimentos e os desafios inerentes à aplicação de seus conhecimentos no campo.

Da mesma forma, é fundamental que os agentes envolvidos nas análises e nas tomadas de decisão em demandas judiciais, como advogados, juizes e peritos, possuam uma compreensão acerca dos conceitos e das técnicas de estudo dos processos do meio físico, para possibilitar solicitações mais precisas e análises mais apuradas dos documentos técnicos produzidos por especialistas, permitindo incorporá-los em instrumentos jurídicos.

A presente pesquisa justifica-se cientificamente, portanto, diante da necessidade de: (i) aproximar a geomorfologia e a geografia física deste importante debate acerca da perícia ambiental, sobretudo no contexto atual, que requer o posicionamento destas disciplinas; e (ii) fomentar o respaldo científico e a precisão conceitual na definição de responsabilidades e atribuição de sentenças e penas nas ações judiciais ambientais.

Do ponto de vista social, cabe ressaltar o aumento da ocorrência de processos judiciais ambientais, e conseqüentemente, da demanda por laudos periciais em casos diversos, dentre os quais, aqueles envolvendo direta ou indiretamente, processos do meio físico.

Com a maior complexidade da relação sociedade/natureza, e do Homem como agente geomorfológico, associado a modalidades diversas de intervenção, como a urbanização, obras lineares, agricultura e utilização de fertilizantes, a tendência é que os impactos, efeitos e mudanças ambientais associados à estas intervenções, tornem-se igualmente mais complexos (ALCÁNTARA-AYALA; GOUDIE, 2010; CARBONEL et al., 2015; RODRIGUES, 2015).

³ Adota-se a expressão ciências da terra enquanto campo amplo que engloba as disciplinas de climatologia, meteorologia, pedologia, mineralogia, geologia e geomorfologia. A geomorfologia é compreendida enquanto especialidade simultaneamente da geografia e da geologia, campos mais amplos que englobam parcialmente essa disciplina, e como uma ciência ponte, conforme proposta de Tricart (1965), conectando as diferentes disciplinas das ciências da terra. Nessa pesquisa, portanto, o termo “geomorfologia” é utilizado como equivalente aos termos “ciências da terra” e “geociências”.

Destaque deve ser dado aos casos envolvendo desastres ambientais associados a processos do meio físico, como movimentos de massa, subsidências, inundações e processos erosivos. Diversos autores destacam a tendência de aumento no número de desastres ambientais para os próximos anos, ressaltando o importante papel que as análises forenses irão desempenhar nesse cenário, ao estabelecer as causas, os agentes responsáveis, avaliar os danos e, sobretudo, viabilizar a incorporação deste conhecimento em medidas de prevenção (ALCÁNTARA-AYALA, 2002; ALCÁNTARA-AYALA; GOUDIE, 2010; GUTIÉRREZ, 2010; CARBONEL et al., 2015; ALCÁNTARA-AYALA et al., 2016).

Neste contexto, os laudos periciais, e conseqüentemente, os peritos judiciais por eles responsáveis, bem como os demais agentes envolvidos em sua análise (juizes, advogados, assistentes técnicos, etc.) terão como desafio adequar-se a esta nova complexidade imposta, reavaliando as metodologias e técnicas utilizadas.

1.2. HIPÓTESE

A hipótese da tese é de que nas ações judiciais ambientais, a apropriação e aplicação dos fundamentos teórico-metodológicos (abordagens, princípios, categorias analíticas e conceitos) das disciplinas que compõem o meio físico (ciências da terra) e, em especial, da geomorfologia, não são realizadas com as precisões conceituais e terminológicas requisitadas pelo contexto de conflitos entre múltiplos interesses e exigidos nos âmbitos decisórios do judiciário.

Ao contrário, a apropriação das informações dos laudos periciais e pareceres técnicos envolvendo danos no meio físico, é realizada com base em conceitos que apresentam ambigüidade, poucos consensos no meio científico e procedimentos teórico-metodológicos que dão margem a questionamentos. Estes, podem enfraquecer a acurácia e eficácia de decisões e sentenças na mitigação e prevenção de novos danos ambientais, favorecer certos interesses e possibilitar transgressões ambientais.

1.3. OBJETIVOS

A presente pesquisa possui como objetivo geral verificar as práticas de apropriação e transposição do corpo teórico-metodológico da geomorfologia nas ações judiciais aplicadas aos processos do meio físico, em especial nas perícias técnicas, especificando suas abordagens insatisfatórias e utilizações de conceitos que estão aquém, quando não avessos, àqueles contidos nos fundamentos da disciplina.

Para tal, a pesquisa possui como objetivos específicos:

- Investigar o estado-da-arte da perícia ambiental aplicada à avaliação de danos decorrentes de processos do meio físico, para identificação dos profissionais envolvidos nas perícias e sua formação acadêmica, e compreensão da tipologia das questões colocadas diante de tais profissionais;

- Avaliar os conceitos, metodologias e técnicas empregados por peritos e especialistas na elaboração de laudos e relatórios técnicos;
- Identificar os termos técnicos empregados nos documentos que subsidiam a elaboração das perícias e que compõem as ações judiciais;
- Verificar a compreensão dos conceitos e das técnicas de estudo dos processos do meio físico por parte de advogados, juízes e outros agentes envolvidos nas ações judiciais;
- Verificar as ambiguidades⁴ encontradas nos termos técnicos, conceitos e metodologias utilizadas no laudo pericial e pareceres técnicos, bem como nos documentos não-técnicos que compõem as ações judiciais, em relação às definições e compreensão da geomorfologia.

Espera-se que ao lançar luz às ambiguidades e imprecisões mais recorrentes, evidenciem-se os termos técnicos precisos e suas respectivas definições de acordo com o referencial teórico-metodológico da geomorfologia, restringindo a variabilidade de conotações e entendimentos, e possibilitando a melhor apropriação dos conhecimentos técnicos dos especialistas das ciências da terra na resolução de conflitos judiciais e na promoção da qualidade ambiental.

Para tal, a pesquisa encontra-se dividida em três etapas principais. A primeira consiste no levantamento e análise da literatura básica da geomorfologia pura e aplicada, com o objetivo de balizar a pesquisa e subsidiar a escolha dos critérios e parâmetros que serão utilizados para análise de sua apropriação nos laudos periciais e ações judiciais levantadas. O conteúdo sistematizado nessa etapa é apresentado no Capítulo 3.

A revisão teórica dirigida sobre a geomorfologia, se deu em duas grandes frentes, seguindo a metodologia de Rodrigues (1997), utilizada como norteadora da pesquisa: uma essencialmente teórico-metodológica, referente à análise da literatura básica da disciplina, apoiada na perspectiva sistêmica e na geomorfologia dinâmica; e outra dedicada à geomorfologia aplicada, às tendências atuais da disciplina, a utilização de seu instrumental técnico e às questões interdisciplinares.

A segunda etapa consistiu na análise de ações judiciais ambientais promovidas na instância civil, envolvendo de forma direta ou indireta os processos do meio físico, selecionadas a partir de pesquisa de jurisprudência. Tal avaliação teve como objetivo compreender a apropriação de conceitos e técnicas da geomorfologia e das demais disciplinas das ciências da terra, verificando a existência de divergências entre sua compreensão no âmbito dessas disciplinas e sua utilização nas ações judiciais, sobretudo em laudos periciais e relatórios técnicos.

A análise se deu por meio da seleção de termos específicos das ciências da terra e extração dos respectivos trechos das ações judiciais, por meio de citação direta. Os termos

⁴ A ambiguidade pode ser definida como a existência de mais de uma interpretação para um conceito ou frase, de forma que é necessária a compreensão do contexto para que ela seja esclarecida (OLIVEIRA, 2012).

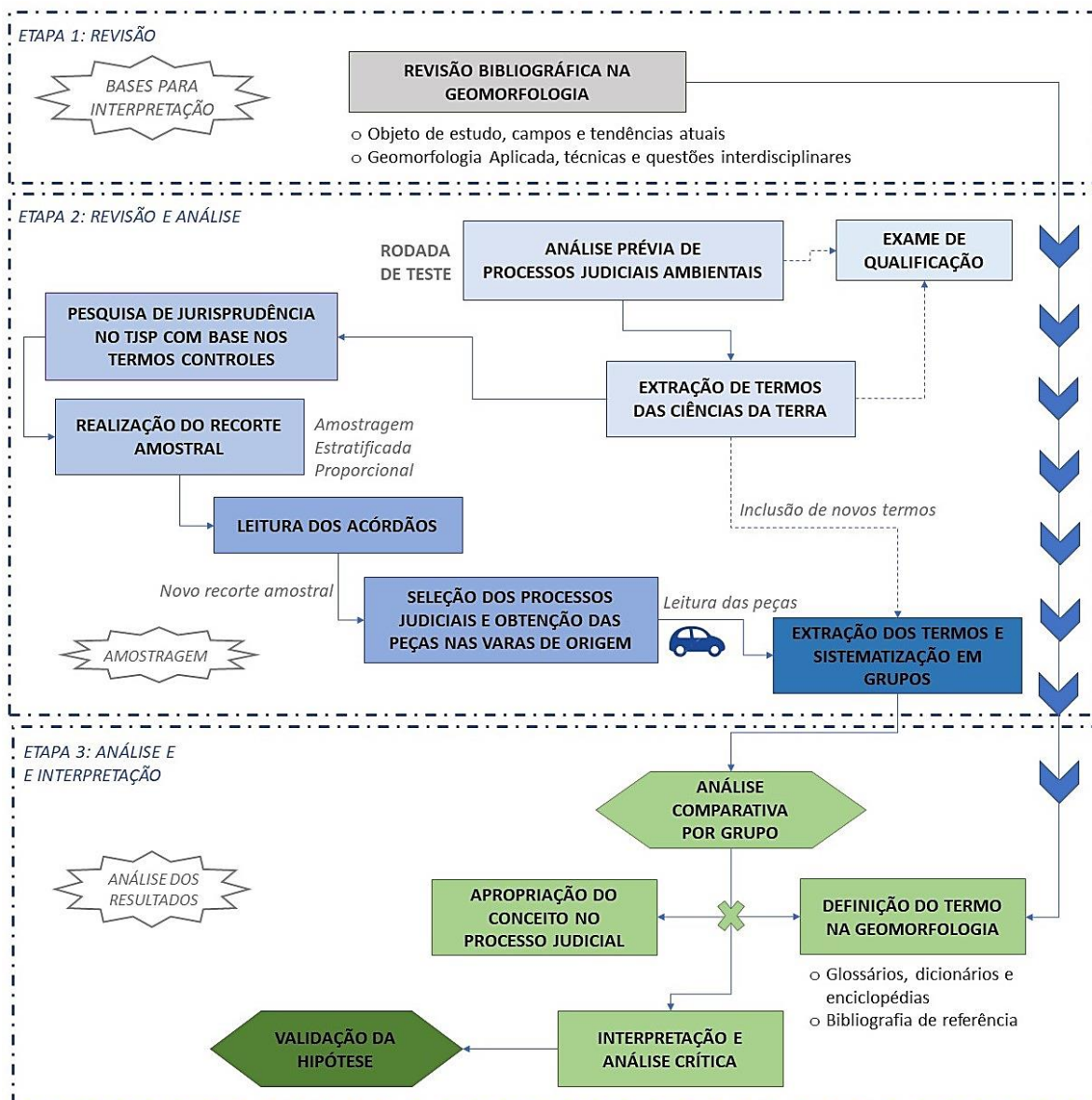
selecionados nessa etapa foram sistematizados em quadros, com o contexto de utilização do termo e a peça judicial do qual foi extraído.

Na terceira etapa foi realizado o confronto entre a compreensão do termo no contexto da ação judicial e sua correspondente definição a partir do referencial teórico metodológico da geomorfologia, levantado na etapa 1 e complementado por meio da consulta a obras de referência, como glossários e dicionários, e da literatura especializada. Os resultados e discussões dessa etapa são apresentados no Capítulo 4. As conclusões em relação ao atendimento dos objetivos geral e específicos, bem como a comprovação ou refutação da hipótese, são apresentadas no Capítulo 5.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa encontra-se dividida em três grandes etapas, conforme a Figura 1, disposta abaixo, e a descrição de cada etapa apresentada na sequência.

Figura 1 - Fluxograma das principais etapas e procedimentos da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora

2.1. ETAPA 1 – REVISÃO TEÓRICA DIRIGIDA NA GEOMORFOLOGIA

A primeira etapa compreende o levantamento, análise e sistematização do referencial teórico-metodológico da geomorfologia no que tange a seu objetivo, os principais campos, técnicas e tendências atuais da disciplina.

Esta revisão teórica foi realizada de forma dirigida, abrangendo duas grandes frentes: a primeira essencialmente teórica e metodológica, com a sistematização das bases da

geomorfologia pura; e a segunda cobrindo a geomorfologia aplicada, em especial, na leitura das referências da geomorfologia antropogênica e da geomorfologia aplicada ao planejamento físico-territorial, envolvendo ainda, as principais técnicas utilizadas na pesquisa geomorfológica e as questões interdisciplinares com as quais a geomorfologia dialoga.

Com base nesta revisão foram extraídos os critérios e parâmetros necessários, em um primeiro momento, à avaliação dos laudos periciais, pareceres técnicos e demais peças dos processos judiciais selecionados no recorte amostral, conforme descrito na etapa 2; e em um segundo momento, à realização da análise comparativa entre as definições e o referencial teórico-metodológico da geomorfologia e a apropriação dos conceitos das ciências da terra nos processos judiciais analisados.

Com essa revisão teve-se como objetivo, também, levantar os referenciais teóricos sobre a forma de explicação em geomorfologia e sua respectiva linguagem, possibilitando sua comparação com o discurso adotado pelo direito e as reflexões acerca das compatibilidades desses dois tipos de discurso.

Esta primeira etapa foi de fundamental importância no desenvolvimento da tese, de forma que, sua condução ocorreu ao longo de toda a pesquisa balizando as interpretações e a própria lógica do processo de pesquisa.

2.2. ETAPA 2 – AMOSTRAGEM E ANÁLISE DOS PROCESSOS JUDICIAIS

A segunda etapa consistiu na amostragem dos processos judiciais ambientais envolvendo diretamente danos ao meio físico, por meio de pesquisa de jurisprudência e a respectiva análise desses documentos. Essa etapa teve como objetivo possibilitar a sistematização de material para compreensão da terminologia das ciências da terra utilizada nas ações judiciais, suas formas de apropriação, definições atribuídas e os atores envolvidos.

2.2.1. DEFINIÇÃO DO UNIVERSO DE ANÁLISE

Como recorte, optou-se por realizar a análise dos processos judiciais conduzidos na 2ª instância no Estado de São Paulo, especificamente aqueles contendo Recursos de Apelação julgados, como apelações de Ações Cíveis Públicas e Ações Populares. Esse recorte foi estabelecido por considerar que os processos com recurso de apelação já se apresentam bem desenvolvidos em primeira instância, ou seja, compostos com os principais documentos de interesse na presente análise, como a petição inicial, a contestação, a sentença, e sobretudo, o laudo pericial e eventuais pareceres técnicos.

Optou-se, ainda, por circunscrever o levantamento dos processos judiciais àqueles julgados pela 1ª Câmara Reservada ao Meio Ambiente, que integra o Tribunal de Justiça de São Paulo (TJSP), responsável pelo julgamento dos processos judiciais ambientais em 2ª instância. Trata-se de grupo, constituído em 2005, formado por Desembargadores de Justiça com comprovada experiência e formação em Direito Ambiental. Tendo em vista a elevada e crescente demanda de processos judiciais ambientais, já existe atualmente a 2ª Câmara

Reservada ao Meio Ambiente. Porém, optou-se como recorte apenas os processos julgados pela 1ª Câmara, uma vez que possui maior tempo de atuação e experiência consolidada na área do Direito Ambiental.

Dado o volume imensurável de processos ambientais arrolados nesse recorte jurídico-institucional, foi imprescindível definir uma quantidade de processos a serem abordados pela presente pesquisa. Para definição do número de ações judiciais a serem analisadas, foi necessária a realização de uma pesquisa de jurisprudência, visando definir o conjunto amostral e, posteriormente, o número de amostras a serem analisadas. Esta pesquisa foi realizada por meio do Portal de Serviços (eSAJ) do TJSP⁵, em 20/08/2018.

Como controle da busca, foi utilizada a 1ª Câmara Reservada ao Meio Ambiente como filtro, limitados os processos apenas a Apelações (excluindo Agravos de Instrumento, Embargos de Declaração, entre outros recursos) e com base em Acórdãos e Decisões Monocráticas⁶. Como resultado, foram obtidos 4.354 Acórdãos de recursos de apelações judiciais julgados desde 2005, data na qual foi criada a câmara.

Obtido o número total de apelações julgadas, foi realizada nova busca, visando averiguar o número de processos judiciais envolvendo fenômenos do meio físico. Para tal, foram selecionadas palavras-chave escolhidas com o objetivo de circunscrever a busca. Tais palavras foram extraídas dos termos sistematizados em etapa prévia, de teste da metodologia, realizada para o exame de qualificação, feito em abril de 2018, selecionados com base na leitura de 8 processos judiciais e laudos periciais analisados previamente.

Foram selecionadas 16 palavras-chave: erosão; assoreamento; inundação; cheia; enchente; enxurrada; solapamento; escorregamento; deslizamento; desabamento; desmoronamento; recalque; risco geológico; risco geotécnico; geomorfologia; e geografia física. Para os termos compostos, como risco geológico, utilizou-se o operador booleano “AND”, de forma a limitar a busca apenas aos resultados contendo necessariamente os dois termos.

Optou-se por não utilizar termos muito gerais como vertente, encosta, bacia hidrográfica, entre outros levantados na primeira sistematização, por serem frequentes nos processos judiciais ambientais e pouco restritivos, não auxiliando no estabelecimento do

⁵ Trata-se de portal eletrônico do TJSP, utilizado para consultas de jurisprudência, de andamento processual, entre outras. Nas pesquisas de jurisprudência, é possível realizar busca simples, com base em palavra-chave, ou completa, por meio de filtros, tais como: comarcas, relator responsável pela análise do processo, órgãos específicos, etc. As buscas são realizadas em Acórdãos (ver definição na próxima nota), em homologações de acordo e/ou decisões monocráticas. Ou seja, as palavras-chave são buscadas nestes documentos e não no processo judicial como um todo. Acesso por meio do link: <https://esaj.tjsp.jus.br/cjsg/consultaCompleta.do>. Acesso em: 20/08/2018.

⁶ O Acórdão é uma decisão realizada em segunda instância em conjunto por uma Câmara ou Turma julgadora em um Tribunal de Justiça, ou seja, é resultado do exame de um órgão colegiado, podendo ser unânime ou não. Difere-se, assim, da sentença ou de decisões monocráticas já que representa uma decisão proferida por mais de um julgador. A Decisão Monocrática é mais rara em segunda instância, mas pode ocorrer nos casos de urgência, nos quais seja necessária a celeridade da decisão, ou nos quais os pedidos sejam incabíveis ou contrariem a jurisprudência sobre o assunto, conforme previsto no Código de Processo Civil (CPC), Artigos 203, 204, 932 e 1.011 (BRASIL, 2015).

recorte de ações judiciais diretamente associadas a fenômenos do meio físico. Outros termos, como intemperismo e subsidência, não retornaram resultados.

A pesquisa foi novamente conduzida no portal de busca por jurisprudência do eSAJ, com base nas palavras-chave (opção de considerar sinônimos desabilitada) e os resultados foram limitados, novamente, às apelações julgadas pela 1ª Câmara Reservada ao Meio Ambiente, e aos acórdãos expedidos, excluindo as decisões monocráticas e as homologações de acordo. Foram considerados todos os processos judiciais obtidos a partir da busca, independentemente do número de ocorrências da palavra-chave no documento. Como mais de um termo pode ocorrer no mesmo documento, levando a duplicação do número de processos judiciais, os resultados foram sistematizados em planilhas, onde foram removidos os números dos processos duplicados.

Esta segunda pesquisa de jurisprudência resultou em 519 Apelações envolvendo fenômenos do meio físico, equivalente a 12% do total de Apelações julgadas pela 1ª Câmara Reservada ao Meio Ambiente.

Tendo em vista a necessidade de realizar um recorte amostral, diante da impossibilidade de analisar as 519 ações judiciais resultantes da pesquisa de jurisprudência, com grande volume de material, foram aplicados critérios estatísticos para a seleção da amostra. O tamanho da amostra foi definido com base na Equação 1, abaixo:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times (1 - p)}{(N - 1) \times e^2 \times Z^2 \times p \times (1 - p)}$$

Onde: N = População estudada (=519)

e = Margem de erro estabelecida como aceitável, no caso 10%

p = Nível de heterogeneidade esperado, utilizado por padrão como 50% quando se desconhece a população estudada

Z = Desvio padrão com base no nível de confiança estabelecido como 90%

Aplicada a fórmula, obteve-se o seguinte resultado (Equação 2):

$$n = \frac{519 \times 1,645^2 \times 0,5 \times (1 - 0,5)}{(519 - 1) \times 0,1^2 \times 1,645^2 \times 0,5 \times (1 - 0,5)} \cong 60$$

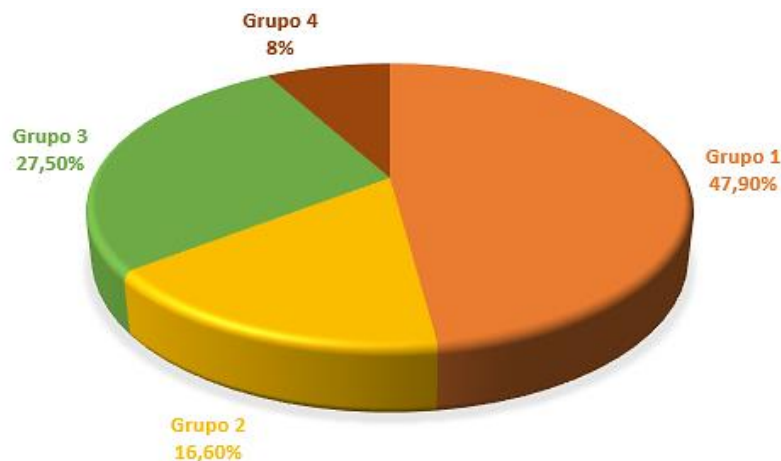
Assim, definiu-se como recorte inicial a análise de **60 acórdãos** extraídos de processos judiciais ambientais envolvendo fenômenos do meio físico. A seleção de quais acórdãos seriam analisados, envolvendo quais termos do meio físico, seguiu igualmente um critério estatístico, o da amostragem estratificada proporcional.

Assim, os acórdãos foram selecionados a partir das proporções observadas na pesquisa de jurisprudência da etapa anterior, com base nos termos utilizados. Esses termos, no entanto, foram agrupados em quatro categorias principais, por serem utilizados como sinônimos nos Acórdãos ou por aparecerem quase sempre em conjunto (ex: escorregamento e deslizamento), conforme revelado pela pesquisa de jurisprudência.

Os termos foram agrupados, assim, nas seguintes categorias (Figura 2):

- Grupo 1: Erosão, solapamento e assoreamento;
- Grupo 2: Escorregamento, deslizamento, desabamento, desmoronamento e recalque;
- Grupo 3: Inundação, enchente, cheia e enxurrada;
- Grupo 4: Risco geológico, risco geomorfológico, geomorfologia e geografia física.

Figura 2 - Proporção obtida a partir da pesquisa de jurisprudência, com base nos agrupamentos dos termos



Fonte: Elaborado pela autora

Assim, a seleção dos 60 Acórdãos analisados baseou-se nessas proporções, respeitando ainda os seguintes critérios:

- Acórdãos com maior número de ocorrências do termo no documento. Os resultados da pesquisa de jurisprudência apresentam detalhes acerca dos acórdãos resultantes, como número do processo, nome do relator e número de ocorrências do termo procurado. Assim, no momento de seleção dos Acórdãos para leitura e análise, utilizou-se como critério o maior número de repetições do termo;
- Acórdãos com o voto do relator do caso e declaração de voto vencido⁷ de um dos desembargadores que compuseram a mesa de julgamento, demonstrando a maior complexidade do tema. Os Acórdãos selecionados nessa etapa estão sistematizados no Apêndice A.

Após a análise dos Acórdãos, verificou-se a necessidade de aprofundar a pesquisa, diante de seus objetivos e tendo em vista que essas decisões refletem a visão de apenas um

⁷ Nas decisões em 2ª instância, o julgamento é realizado, normalmente, por uma turma ou câmara julgadora. O relator do Acórdão é o responsável pela análise do caso e, após a leitura dos autos da ação judicial e formado seu convencimento, redige seu voto. Na maior parte dos recursos, outros dois desembargadores examinam também a questão e igualmente redigem seus votos. Durante a sessão de julgamento, o relator apresenta o caso e profere seu voto, depois de ouvidas às exposições orais dos advogados, se conveniente. Os desembargadores, então, discutem sobre o caso e, se unânime, votam com o relator e adotam seu voto como Acórdão. Caso não ocorra unânime, a ação judicial pode retornar à análise ou o desembargador divergente pode apresentar uma declaração de voto vencido, na qual expõe suas razões de divergência, e que acompanha o Acórdão publicado.

grupo, no caso, dos julgadores da ação judicial. Assim realizou-se novo recorte amostral para análise mais aprofundada dos processos judiciais e das peças jurídicas que os compõem, em especial das peças técnicas, como laudos periciais e pareceres de especialistas.

A Equação 1 foi utilizada novamente para obter o tamanho da amostra desse segundo recorte analítico, utilizando os mesmos valores para as variáveis e, p e Z (Equação 3).

$$n = \frac{60 \times 1,645^2 \times 0,5 \times (1 - 0,5)}{(60 - 1) \times 0,1^2 \times 1,645^2 \times 0,5 \times (1 - 0,5)} \cong 32$$

Uma vez definido o novo recorte amostral, procedeu-se à seleção dos **32 processos judiciais** consultados, por meio da obtenção de cópias físicas ou digitais⁸ das peças judiciais a serem analisadas em gabinete. Para seleção de tais processos dentro do conjunto dos 60 Acórdãos analisados na etapa anterior, foram utilizados os seguintes critérios:

- i) Processos judiciais com maior riqueza de material pericial e técnico, priorizando a escolha daqueles com laudo pericial e maior número de relatórios e pareceres técnicos;
- ii) Processos judiciais com documentos técnicos produzidos por diferentes instituições e envolvendo especialistas com formações profissionais variadas, como institutos de pesquisa, organizações governamentais, universidades e empresas privadas de consultoria ambiental ou de engenharia;
- iii) Amostragem estratificada proporcional entre os agrupamentos de termos, mantendo procedimento adotado na etapa de seleção dos Acórdãos.

Os critérios (i) e (ii), em especial, foram utilizados para permitir confrontar a abordagem das diferentes formações profissionais acerca da compreensão dos fenômenos do meio físico, assim como a apropriação dessa terminologia por agentes externos às disciplinas das ciências da terra, como advogados e juízes. Com base nesses critérios foram selecionados os seguintes processos judiciais (Tabela 1).

Tabela 1 - Processos judiciais analisados na pesquisa

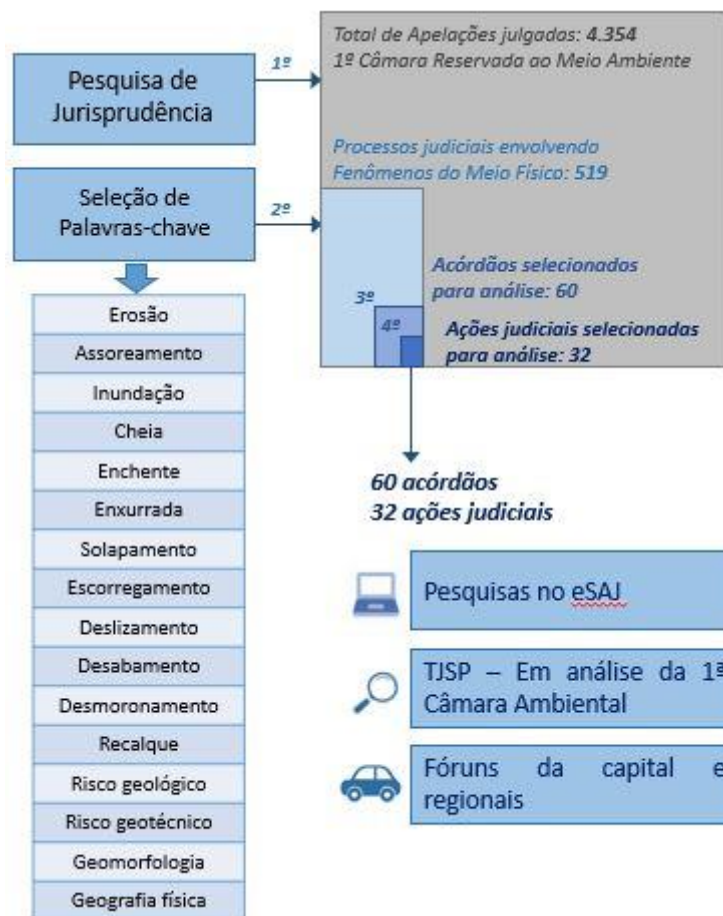
Nº	Nº do Processo	Grupo	Município	Data de Instauração
1	0001867-24.1999.8.26.0338	1	Mairiporã	1999
2	0006652-96.2001.8.26.0099	1	Bragança Paulista	2001
3	0003085-77.2003.8.26.0587	1	São Sebastião	2003
4	0001828-79.2004.8.26.0361	1	Mogi das Cruzes	2004
5	0049644-05.2007.8.26.0506	1	Ribeirão Preto	2007
6	0010369-09.2007.8.26.0099	1	Bragança Paulista	2007
7	0003694-07.2008.8.26.0451	1	Piracicaba	2008

⁸ Esta etapa envolveu atividade de campo com idas a diversos fóruns da capital e regionais no Estado de São Paulo.

Nº	Nº do Processo	Grupo	Município	Data de Instauração
8	0010465.95.2011.8.26.0224	1	Guarulhos	2011
9	0010464.63.2012.8.26.0099	1	Bragança Paulista	2012
10	0004398-64.2012.8.26.0294	1	Jacupiranga	2012
11	0025938-61.2013.8.26.0577	1	São José dos Campos	2013
12	0004059.66.2014.8.26.0058	1	Agudos	2014
13	0002656.07.2014.8.26.0238	1	Ibiúna	2014
14	1001762-85.2016.8.26.0224	1	Guarulhos	2016
15	1035460-76.2017.8.26.0053	1	São Paulo	2017
16	0002779-17.2010.8.26.0247	2	Ilhabela	2010
17	0038582-27.2011.8.26.0053	2	São Paulo	2011
18	0006455-36.2011.8.26.0053	2	São Paulo	2011
19	0003303-95.2011.8.26.0435	2	Pedreira	2011
20	0012872-53.2013.8.26.0176	2	Embu das Artes	2013
21	0000524-68.2004.8.26.0418	3	Paraibuna	2004
22	0006463-21.2006.8.26.0495	3	Registro	2006
23	0005220-57.2006.8.26.0587	3	São Sebastião	2006
24	0010486-51.2010.8.26.0048	3	Atibaia	2010
25	0049172-35.2011.8.26.0224	3	Guarulhos	2011
26	0005321.71.2011.8.26.0441	3	Peruíbe	2011
27	0000008-32.2012.8.26.0268	3	Itapeccerica da Serra	2012
28	0002896-38.2013.8.26.0300	3	Jardinópolis	2013
29	0001023.66.2014.8.26.0300	3	Jardinópolis	2014
30	0005044-16.2000.8.26.0223	4	Guarujá	2000
31	0042686-05.2002.8.26.0562	4	Santos	2002
32	0189436-03.2008.8.26.0000	4	São Paulo	2008

A Figura 3, abaixo, apresenta síntese dos procedimentos realizados para obtenção do número de amostras de acórdãos e ações judiciais analisadas na pesquisa.

Figura 3 – Síntese dos procedimentos de amostragem

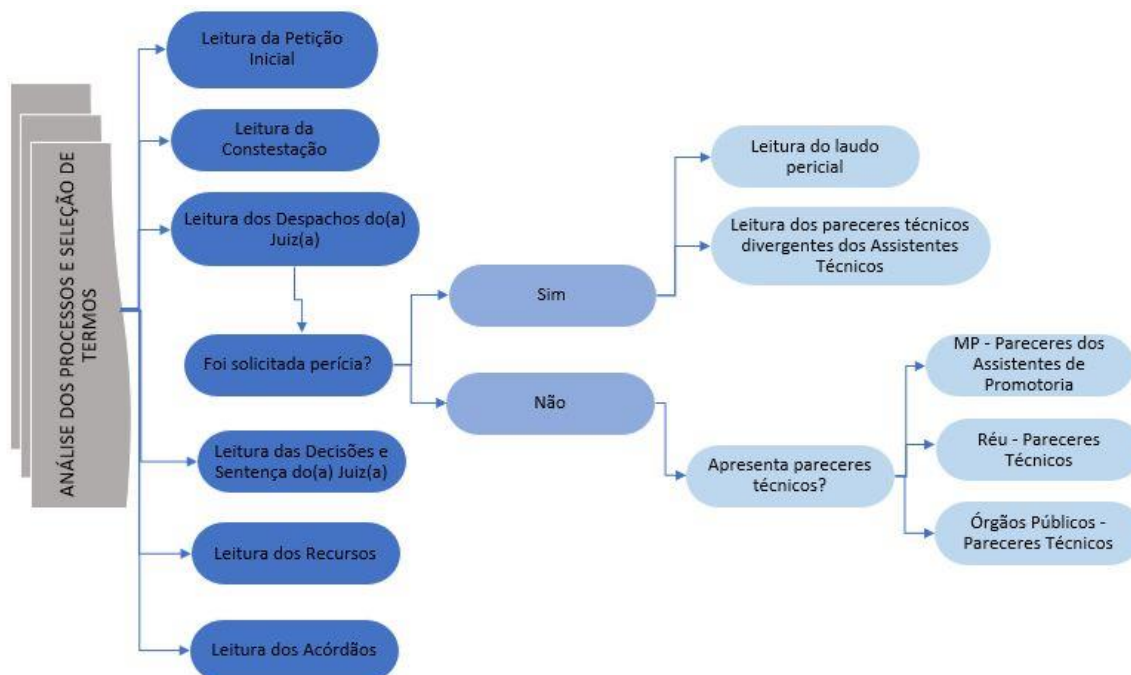


Fonte: Elaborado pela autora

Selecionados os 32 processos judiciais, prosseguiu-se à obtenção dos documentos de interesse para análise.

Tendo em vista a grande quantidade de documentos que integram um processo judicial, muitos dos quais de pouca relevância à pesquisa, a leitura limitou-se aos seguintes documentos: Petição Inicial, Contestação, Despacho Saneador e Quesitos das Partes, Relatórios Técnicos, Laudos Periciais, Sentenças e Decisões. Foram analisados, também, os pedidos de recursos judiciais, como as Razões e Contrarrazões de Apelação, Agravos de Instrumento e Embargos de Declaração. Os recursos em 3ª instância (como os Recursos Especiais, Recurso Extraordinários e Agravos em Recursos Especiais e Extraordinários), não foram analisados, por considerar que eles extrapolam a questão técnica e o mérito das ações, para discutir essencialmente questões de legislação constitucional, portanto, não apresentam interesse no âmbito dessa pesquisa (Figura 4).

Figura 4 - Fluxograma com os documentos analisados nos processos judiciais



Fonte: Elaborado pela autora

Por fim, procedeu-se à consulta e obtenção de cópia desses documentos nos fóruns, nos casos dos processos já concluídos. Para tal foi necessário recolher e obter fotocópias presencialmente nestes fóruns, mesmo nos casos em que foi necessária solicitação do desarquivamento ou de senha provisória para acesso aos autos de processos digitais. No caso das ações em etapa de análise de algum recurso interposto em 2ª instância por uma das partes, foi necessária, ainda, sua consulta no Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo.

2.2.2. ANÁLISE DOS PROCESSOS JUDICIAIS E SELEÇÃO DOS TERMOS TÉCNICOS

A leitura e análise das peças judiciais selecionadas dos respectivos processos obedeceu a uma série de procedimentos. Primeiramente, foram extraídos os principais termos que possuem uma compreensão específica da geomorfologia e de disciplinas correlatas das ciências da terra. Os termos foram sistematizados em quadros, acompanhados da compreensão e papel do termo no documento do qual foi extraído, por meio de citação direta da passagem de onde foi retirado.

Foram, também, sistematizados os dados básicos referentes à cada processo, bem como informações relevantes sobre os laudos periciais e relatórios técnicos apresentados, como número de visitas de campo, técnicas utilizadas e formação profissional dos técnicos envolvidos.

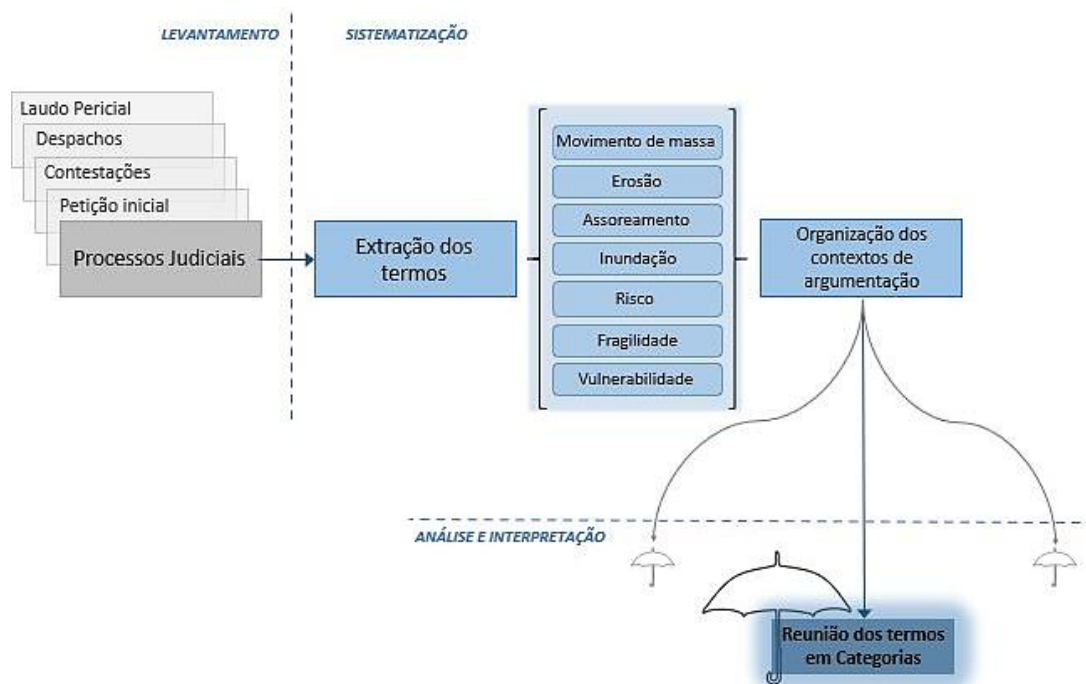
A leitura destas peças teve como base dois critérios de análise principais, estabelecidos com o objetivo de auxiliar na comprovação, ou refutação, da hipótese: (i) os conceitos e a terminologia da geomorfologia ou das demais disciplinas das ciências da terra utilizados; (ii) a metodologia, técnicas e ferramentas utilizadas para obtenção de dados e análise dos

processos do meio físico envolvidos no litígio. A análise desses dois conjuntos, teórico e metodológico, objetivou primeiramente responder as seguintes questões, para posteriormente validar ou refutar a hipótese:

- Como a terminologia e as categorias de análise da geomorfologia são utilizadas nas ações judiciais?
- Sua utilização está embasada em referencial teórico-metodológico da geomorfologia ou de alguma disciplina das ciências da terra?
- Qual é a formação dos profissionais envolvidos nas perícias e na elaboração de pareceres técnicos?
- Quais foram as técnicas e ferramentas utilizadas para constatação e análise do processo do meio físico envolvido no litígio ou relacionado a ele?

A leitura resultou na extração de diversos termos que, apesar de diferentes, possuíam algumas categorias de análise em comum. Por exemplo, a utilização de diferentes termos designando tipologias de movimentos de massa, ou diferentes denominações para tratar das questões associadas à inundação. Assim, os termos foram agrupados em categorias de análise (Figura 5).

Figura 5 – Síntese dos procedimentos adotados na análise dos processos judiciais



Fonte: Elaborado pela autora

As categorias de análise foram definidas visando orientar a etapa posterior, de levantamento das definições dos termos na bibliografia de referência da geomorfologia, sistematizada na Etapa 1, e sua comparação com o emprego e apropriação do termo nas ações judiciais.

As categorias são compostas por termos gerais, como erosão, movimentos de massa e inundação e risco geomorfológico. Tais termos generalizantes foram também esmiuçados em

termos mais específicos, como tipologias de movimentos de massa ou de erosão, diante de sua relevância na análise das ações judiciais ou, até mesmo, das ambiguidades existentes em torno do termo entre as disciplinas das ciências da terra, como é o caso dos termos “deslizamento”, “desabamento”, “enchente” e “enxurrada”. A Tabela 2, abaixo, apresenta as categorias de análise e termos selecionados.

Tabela 2 - Categorias de análise e termos selecionados para análise comparativa

Erosão	Movimentos de massa	Inundação	Risco geomorfológico
Erosão laminar	Escorregamento	Cheia	Suscetibilidade
Erosão em sulcos	Deslizamento	Enchente	Vulnerabilidade
Erosão em Ravinas	Desmoronamento	Enxurrada	Fragilidade
Erosão em Voçorocas	Desabamento	Alagamento	Estabilidade
Assoreamento	Queda de blocos	Tempo de retorno	Resiliência
Solapamento	Corrida		

Fonte: Elaborado pela autora

2.3. ETAPA 3 – ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

Uma vez sistematizados os termos utilizados nos Acórdãos e nas ações judiciais, e selecionadas as categorias de análise, foi realizada confrontação entre a compreensão dos termos no contexto da ação judicial e sua correspondente definição a partir do referencial teórico metodológico da geomorfologia, levantado na Etapa 1.

Esse procedimento final, de interpretação dos resultados, dedicou-se a responder às seguintes questões em relação à cada termo obtido na etapa de sistematização:

- Qual é a compreensão do termo na ação judicial? Ela é compatível ou se distingue daquela da geomorfologia?
- O termo envolve o foco principal, ou seja, o mérito da ação judicial? Ou é algo secundário?
- Na ação judicial, o termo aparece com ambiguidade? E na geomorfologia, pensada em si mesma e em relação às demais disciplinas das ciências da terra, o termo possui uma definição ambígua?

Para obter as respostas, primeiramente foram levantadas as definições dos termos a partir do referencial teórico-metodológico da geomorfologia pura e aplicada, sobretudo em relação a glossários, dicionários e enciclopédias existentes na bibliografia. Esse levantamento foi extrapolado, também, para glossários e dicionários de outras disciplinas das ciências da terra, como geologia e hidrogeologia. A lista a seguir apresenta os principais glossários e enciclopédias utilizados com base:

- Glossários brasileiros de geomorfologia:
 - GUERRA, A. T. Dicionário Geológico-Geomorfológico. Rio de Janeiro: IBGE, 1978.
 - GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- Glossários geomorfológicos internacionais:

- BAULIG, H. *Vocabulaire Franco-Anglo-Allemand de Géomorphologie*. Paris: Publications de la Faculté des Lettres de L'Université de Strasbourg, Fascicule 130, Les Belles Lettres, 1956.
- FAIRBRIDGE, R.W. (ed.) *Encyclopaedia of Geomorphology*. New York: Reinhold, 1968.
- GOUDIE, A. S. (ed.). *Encyclopaedia of Geomorphology*. London: Routledge, 2004.
- THOMAS, D. (ed.). *The Dictionary of Physical Geography*. Oxford: Wiley-Blackwell, 2016.
- GOUDIE, A. S. *Alphabetical Glossary of Geomorphology*. Version 1.0. International Association of Geomorphologists, July 2014.
- Glossários e dicionários das demais disciplinas das ciências da terra, nacionais:
 - SUGUIO, K. *Dicionário de Geologia Sedimentar e Outras Áreas Afins*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
 - CASTRO, A. L. C. (Org). *Glossário de Defesa Civil, Estudos de Riscos e Medicina de Desastres*. 5ª ed. Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil. 1998.
 - VEYRET, Y. (Org.). *Dicionário do Meio Ambiente*. Versão brasileira. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2012. Versão original francesa (*Dictionnaire de l'environnement*) de 2007.
 - TOGNON, A. A. (Coord.). *Glossário Geral de Termos Técnicos de Geologia de Engenharia e Ambiental*. 2ª ed. São Paulo: ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2012.
- Glossários e dicionários das demais disciplinas das ciências da terra, internacionais:
 - HOWELL, J. V. (Coord.). *Glossary of Geology and Related Sciences*. Washington D. C.: American Geological Institute, 1957.
 - LEINZ, V.; MENDES, J. C. *Vocabulário Geológico*. 2ª ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1959.
 - WHITTEN; D. G. A.; BROOKS, J. R. V. *Diccionario de Geología*. Madrid: Alianza Editorial, 1980. Versão Espanhola. (Versão original: *The Penguin Dictionary of Geology*, Inglaterra: Penguin Books Ltda., 1972).
 - BATES, R. L.; JACKSON, J. A. (ed.). *Glossary of Geology*. Virginia: American Geological Institute, 1980.
 - LICKER, M. D. (Ed.). *McGraw-Hill Dictionary of Earth Science*. 2nd edition, 2003
 - KUSKY, T. (Ed.). *Encyclopaedia of Earth Science*. New York: Facts on File Inc., 2005.
 - OXFORD. *Oxford Dictionary of Science*. 5th edition. Oxford: Oxford University Press, 2005.
 - ALLABY, M. (Ed.). *Oxford Dictionary of Earth Sciences*. 3ª ed. Oxford: Oxford University Press, 2008.
 - POEHLS, D. J.; SMITH, G. J. *Encyclopaedic Dictionary of Hydrogeology*. San Diego: Academic Press, 2009.

Além dos glossários e enciclopédias, foram consultados também as principais referências da literatura especializada com contribuições nas áreas das respectivas categorias de análise, tanto da geomorfologia pura e aplicada, quanto das demais disciplinas que integram as ciências da terra. Dentre as referências utilizadas, destacam-se as obras de Young (1972), Selby (1982), Coque (1984), Hart (1986), Cooke e Doornkamp (1990) e Elorza (2008), que foram utilizadas como base na definição de todos os termos. Cabe destacar que não foram levantadas as definições em artigos científicos, restringindo o levantamento às referências aos livros e capítulos de livros.

Apesar de diversas referências terem sido consultadas para levantamento e sistematização das definições propostas aos termos, apenas algumas foram selecionadas, após avaliação qualitativa do material levantado. Tal seleção ocorreu privilegiando as definições que atendessem aos seguintes critérios:

- Fornecimento de definição completa do termo, abrangendo os mecanismos operantes e sua relação com as formas e as características dos materiais;
- Definições mais abrangentes, considerando os diferentes domínios morfoclimáticos, incluindo o Meio Tropical Úmido;
- Definições mais atuais, contemplando os avanços no conhecimento geomorfológico, em especial quanto aos mecanismos operantes.

Uma vez selecionadas as referências, a interpretação dos resultados de cada categoria de análise ocorreu seguindo quatro grandes procedimentos:

- (i) Definição do termo sob a luz da geomorfologia, com base na bibliografia selecionada;
- (ii) interpretação e definição recomendada do termo na presente tese, a partir de análise crítica das referências selecionadas, tendo como objetivo auxiliar na desambiguação e utilização do termo no contexto das perícias ambientais e ações judiciais envolvendo o meio físico;
- (iii) diagnóstico da apropriação do termo nos acórdãos e ações judiciais analisadas, por meio da sistematização dos resultados; e
- (iv) resposta às questões iniciais envolvendo a comparação entre a apropriação dos termos e as definições apresentadas na geomorfologia.

3. EMBASAMENTO TEÓRICO-CONCEITUAL

A apresentação do embasamento teórico-conceitual utilizado na pesquisa encontra-se dividida em duas grandes partes: na primeira são apresentadas as concepções do objeto de estudo da geomorfologia, os principais campos de atuação desta disciplina e suas tendências atuais; na segunda, compilação e definição de conceitos importantes do direito ambiental, explorando, mais propriamente, a interface entre a geomorfologia e a perícia ambiental.

Assim, na primeira parte é apresentado compêndio resultante do levantamento e revisão bibliográfica conduzidos na primeira etapa da pesquisa. Dentre a vasta bibliografia consultada, destaca-se a tese de Rodrigues (1997), na qual a autora realiza extensa revisão bibliográfica da geomorfologia, com fins propositivos e de avaliação do repertório geomorfológico nos instrumentos de gestão e técnicos do planejamento físico-territorial e ambiental.

Para a segunda parte, realizou-se esforço de definição de conceitos do direito ambiental, como dano e crime ambiental; o funcionamento das ações judiciais ambientais na instância civil, administrativa e penal, assim como, da inserção da perícia, o papel do perito e do laudo pericial.

3.1. A CIÊNCIA GEOMORFOLÓGICA

A geomorfologia é a ciência dedicada à compreensão da origem, evolução e distribuição das formas de relevo, em diversos contextos escalares espaciais e temporais (JOLY, 1977; HART, 1986; RODRIGUES, 1997; TOOTH; VILES, 2014).

Tricart (1965) e Joly (1977) são considerados por Rodrigues (1997), como as principais referências à definição do objeto de estudo da geomorfologia. Ambos compõem a escola francesa desta ciência, com importante papel na formação da disciplina no Brasil.

De acordo com Joly (1977), a geomorfologia consiste no estudo das formas do relevo terrestre, sua gênese, evolução e suas relações no espaço. Além do estudo das relações espaciais das formas e processos geomorfológicos, a variável temporal também é destacada pelo autor, em relação à sua duração e permanência.

De acordo com este autor, a geomorfologia apresenta quatro grandes funções: (i) descrever, classificar e localizar as formas, denominada de **morfografia**; (ii) identificar a origem das formas (**morfogênese**), sua evolução no tempo (**morfocronologia**) e as formações correlativas desta evolução (**morfossedimentologia**); (iii) determinar os processos geomorfológicos responsáveis, passados e atuais, velocidade e consequências de suas ações (**morfodinâmica**); e (iv) avaliar as dimensões das formas, em termos de sua localização e de suas relações no espaço (**morfometria**).

Apesar de poderem ser abordadas separadamente, um estudo geomorfológico completo, na visão de Joly (1977) requer a análise destas quatro funções em conjunto. A morfografia, a morfometria e, parcialmente, a morfossedimentologia compõem o nível descritivo da disciplina, ao passo que, a morfogênese, a morfocronologia e a morfodinâmica,

integram o nível interpretativo, com maior grau de complexidade e interdependência neste segundo nível.

Tricart (1965) possui uma visão semelhante dos níveis descritivos e explicativos da geomorfologia, afirmando tratar-se de uma característica em comum com as demais disciplinas das ciências da terra, que também partem da descrição de um fato observável, apreendido pelo senso comum, para lhe atribuir uma explicação.

Para o autor, no entanto, a especificidade da geomorfologia recai sobre seu objeto, considerado por ele, como o estudo da epiderme da Terra, ou seja, do contato entre sua parte sólida (a litosfera) e as porções líquidas e gasosas existentes em seu entorno, e resultado de um equilíbrio dinâmico de diferentes forças, exercidas por ambos os lados. Assim, o papel da geomorfologia para este autor seria a explicar como a superfície da crosta reflete o equilíbrio entre essas forças, internas e externas, e as mudanças promovidas em suas características quando tal equilíbrio se modifica.

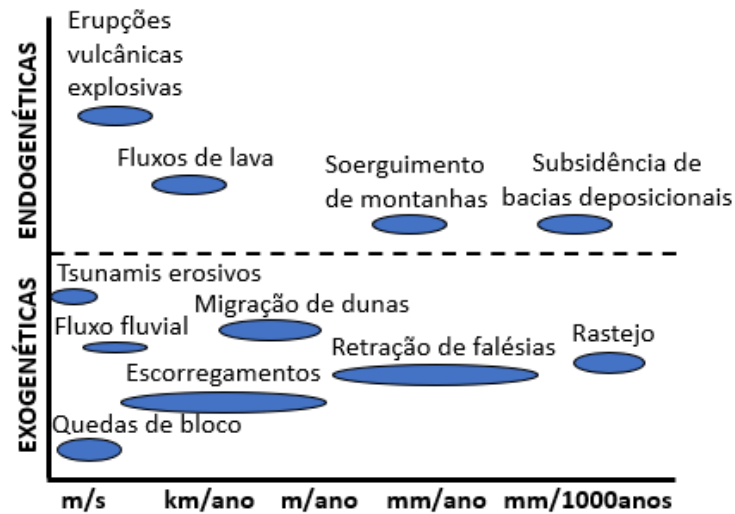
Por se tratar de uma superfície de contato entre fenômenos sobre os quais se debruçam outras ciências, a geomorfologia pode ser considerada, na concepção de Tricart (1965), como uma ciência ponte entre as demais, tendo como principal característica sua interdisciplinaridade.

Para Hart (1986), a geomorfologia está embasada em três pilares: o estudo das formas, dos processos e dos materiais que compõem as superfícies. As formas do relevo são elaboradas por diferentes processos atuantes no passado e no presente, provenientes do interior da Terra, no caso dos processos endógenos (vulcanismo, terremotos, etc.), ou que atuam sobre a superfície terrestre, como os processos exógenos (precipitação, vento, ondas, etc.). Tais processos podem ser responsáveis pela formação de novo relevo, como nos processos de soerguimento ou de deposição, ou pela degradação das formas e rebaixamento, representada pela ação erosiva ou por subsidência, por exemplo (TOOTH; VILES, 2014).

As formas são, portanto, o resultado do equilíbrio entre os processos endógenos e exógenos que atuaram no passado e no presente. São também condicionadas pelos materiais a partir dos quais são formadas, capazes de oferecer maior ou menor resistência a tais processos. Por isso, os materiais são fundamentais na compreensão do relevo, à medida que influenciam nas características que as formas assumem (MARQUES, 2009).

Os processos ou conjunto de processos geomorfológicos que dão gênese às formas do relevo (morfogênese) podem variar conforme o tempo e a escala espacial considerada, apresentando diferentes frequências e magnitudes de atuação e formas resultantes. Por exemplo, o processo geomorfológico pode ter uma frequência muito baixa, mas apresentar uma grande magnitude, como no caso do soerguimento de montanhas; ou ocorrer com uma frequência alta, mas uma baixa magnitude, como os processos de rastejo (Figura 6).

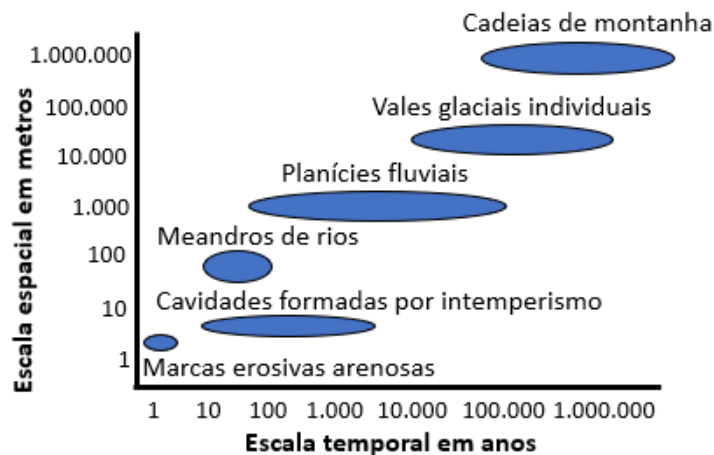
Figura 6 - Taxas de operação (eixo X) dos diferentes processos geomorfológicos.



Fonte: Traduzido de Tooth e Viles (2014)

Diferentes formas serão resultantes de processos com atuação prolongada, por milhares de anos, com taxas quase imperceptíveis de movimento, ou podem ocorrer em uma escala temporal muito mais curta, surgindo em questão de décadas (Figura 7).

Figura 7 - Desenvolvimento das formas da superfície terrestre, em relação ao tempo de formação (escala temporal) e à sua dimensão (escala espacial).



Fonte: Traduzido de Tooth e Viles (2014)

Da mesma maneira, as formas podem perdurar tempos depois de sua ocorrência, levando a coexistência de relevos atuais e passados em uma mesma paisagem (MARQUES, 2009). O estudo de tais formas passadas e a reconstrução dos processos e de seus ambientes de formação integram o objeto da geomorfologia, pois são chaves à compreensão do surgimento e evolução do relevo, possibilitando realizar previsões sobre seu comportamento futuro.

O conhecimento da dinâmica destes processos, atuais e passados, e de seu resultado nas formas, bem como a possibilidade de realizar previsões para o futuro, confere à geomorfologia poder de diálogo com outras áreas do conhecimento, como as demais ciências da terra (geologia, pedologia, geofísica, etc.), a geologia de engenharia, a engenharia e

geologia ambiental, a ecologia, a arqueologia, as ciências ambientais e o gerenciamento físico-territorial⁹ (RODRIGUES, 1997; TOOTH; VILES, 2014), atuando como a ciência ponte proposta por Tricart (1965).

Dentre as principais características e metas da disciplina, destacam-se sua visão de conjunto e as abordagens sistêmica e multiescalar (princípio da complementaridade escalar e princípio da dinâmica), que permite o entendimento mais completo dos processos geomorfológicos, seu dimensionamento espacial, e a compreensão da duração e da permanência destes processos.

A abordagem sistêmica apresenta especial importância na geomorfologia, pois a evolução e distribuição das formas, o funcionamento dos processos geomorfológicos e as características e influências dos materiais, são baseados nesta lógica, de causas e efeitos, atuando em equilíbrio dinâmico.

Sob esta abordagem, as pesquisas geomorfológicas são conduzidas com base na Teoria Geral dos Sistemas (TGS) aplicada à geomorfologia, dedicada ao estudo do sistema geomorfológico. Os primeiros autores dedicados ao diálogo entre a geomorfologia e a TGS foram Strahler (1950, 1952), Hack (1960), Chorley (1962) e Howard (1965).

Os sistemas podem ser definidos como conjuntos de objetos que possuem relações entre si e entre seus atributos (CHORLEY, 1962). O sistema geomorfológico configura-se como uma estrutura interativa de processos geomorfológicos e formas (morfologias), que atuam individualmente ou em conjunto, formando a paisagem (CHORLEY; SCHUMM; SUGDEN, 1984).

Os sistemas são caracterizados por três elementos básicos: a circulação de matéria, como água e sedimentos; de energia, que permite seu funcionamento, com destaque à energia solar; e sua estrutura, referente ao arranjo de seus componentes. Com base nestes elementos, os sistemas são classificados em dois grandes grupos: os sistemas isolados¹⁰ e os sistemas não-isolados¹¹.

Chorley (1962) descreve o funcionamento dos sistemas abertos sob o ponto de vista da atuação dos processos geomorfológicos e de suas respostas na configuração da paisagem. Para o autor, a entrada de matéria e energia é conduzida por forças operativas, como a chuva, o vento e a gravidade; que realizam trabalho em uma determinada área (bacia hidrográfica, por exemplo), produzindo uma nova paisagem como saída (*output*), por meio dos processos

⁹ Seguindo a compreensão de Rodrigues (1997), aqui o gerenciamento físico-territorial é entendido como algo mais abrangente, envolvendo o planejamento e gerenciamento ambiental, como uma de suas disciplinas.

¹⁰ Os sistemas isolados apresentam limites claros, bem delimitados, não ocorrendo trocas de matéria e energia com o ambiente. Nestes sistemas, a mudança de entropia é sempre positiva, de forma que ocorre uma tendência progressiva à destruição da ordem e das diferenças entre os elementos do sistema, em um processo irreversível. Tais sistemas são comumente utilizados para tratamentos evolutivos e históricos, diante da possibilidade de prever sua sucessão de fases e seu final (CHORLEY, 1962b; CRISTOFOLETTI, 1974).

¹¹ Por outro lado, os sistemas não-isolados caracterizam-se pelas relações de troca de matéria e energia com os demais sistemas, podendo, ainda, serem classificados como fechados, onde há troca de energia, porém não de matéria, a exemplo do planeta Terra; ou abertos, onde ocorrem trocas constantes de energia e matéria, no qual se encaixa a maioria dos sistemas naturais.

de erosão, sedimentação, etc. Esta dinâmica é governada por um equilíbrio entre a entrada de energia e a saída resultante, no caso a própria paisagem (CHORLEY, 1962b; NIR, 1983).

O **equilíbrio** do sistema refere-se ao grau com o qual sua estrutura interna ou sua saída (*output*) está ajustado à entrada de matéria e energia (*input*) (CHORLEY; SCHUMM; SUGDEN, 1984). Por exemplo, uma mudança na entrada, por meio da atuação de um processo de determinada magnitude, deverá gerar uma resposta na saída, por meio de um ajuste nas formas e estruturas dos componentes internos (subsistemas).

Neste sentido, os **mecanismos de retroalimentação (*feedbacks*)** regem o equilíbrio e evolução dos sistemas, fundamentais à geomorfologia aplicada, principalmente no gerenciamento ambiental. Trata-se do movimento circular da ação no sistema, por meio da qual o efeito de uma mudança pode voltar a atuar sobre o elemento inicial que a produziu (CHORLEY; SCHUMM; SUGDEN, 1984; STEVAUX; LATRUBESSE, 2017). Podem ser divididos em duas categorias principais:

- (i) Retroalimentação negativa: tipo mais comum de *feedback*, que atua no sentido contrário à mudança inicial, com o objetivo de contrabalancear e estabilizar o sistema, absorvendo ou interrompendo a mudança original;
- (ii) Retroalimentação positiva: também denominado efeito bola de neve, no qual a função do mecanismo de *feedback* não está relacionada à estabilização do sistema, mas sim sua intensificação, cujo resultado pode ser sua destruição ou obtenção de um novo estágio de equilíbrio.

Nas perícias ambientais são frequentes os casos envolvendo a atuação de tais mecanismos, nos quais uma interferência antrópica de degradação pontual (no tempo e espaço) é responsável por disparar uma série de impactos e danos ambientais, diretos e indiretos, de expressão espacial muito mais abrangente e com uma permanência significativa. Ao perito pode ser solicitada reconstituição das causas do dano ambiental e a responsabilização dos agentes, tarefas para as quais é fundamental a compreensão do nexo causal do evento.

Os mecanismos de *feedback* apresentam papel fundamental na concepção dos sistemas geomorfológicos enquanto **sistemas de processo e resposta**, que se referem a relação entre os processos operantes e as formas resultantes. Qualquer alteração na estrutura de uma dessas partes, é responsável pela produção de uma resposta ou reajustamento das variáveis para obtenção de um novo equilíbrio (CHORLEY; SCHUMM; SUGDEN, 1984).

Na teoria dos sistemas aplicada à geomorfologia além da tendência progressiva à transformação e evolução do sistema, há a atuação de eventos de grande magnitude, ultrapassando **limiares geomorfológicos** e resultando em novas formas e nova atuação dos processos. Tais limiares referem-se à ocorrência de mudanças irreversíveis em um sistema, o qual, incapaz de retornar as suas condições originais, atinge novo estado ou forma. Podem ser por causas externas, como uma drástica mudança climática, ou por causas internas, como a ocorrência de um movimento de massa, em decorrência do aumento da declividade, por exemplo (CHORLEY; SCHUMM; SUGDEN, 1984; SCHUMM, 2004; ELORZA, 2008).

O conceito de limiar geomorfológico está relacionado com o **tempo de adaptação** do sistema à mudança, também expresso pelo conceito de **resiliência**. Trata-se do tempo necessário para que o sistema retorne às suas condições originais ou atinja um novo patamar de equilíbrio, após a ocorrência de um evento de alta magnitude (BRUNSDEN, 2004; SCHUMM, 2004).

A resiliência de um sistema é, também, uma função da **frequência** do processo geomorfológico considerado, que pode ser expressa por meio de seu tempo de retorno, ou seja, do intervalo temporal entre eventos de uma mesma magnitude; e do **tempo de recuperação** de uma forma ou sistema após a ocorrência de um distúrbio (*recovery time*). Morfologias com altas taxas de recuperação apresentam um grande ajuste a processos frequentes e de diversas magnitudes. Por outro lado, morfologias com baixas taxas de recuperação exibem os efeitos destes eventos, não tendo tempo suficiente para se recuperar entre sua recorrência e, portanto, atingindo um novo estado (CHORLEY; SCHUMM; SUGDEN, 1984; BRUNSDEN, 2004; ELORZA, 2008).

Por se tratar de uma ciência ponte (TRICART, 1965), a compreensão do sistema geomorfológico perpassa necessariamente pelo entendimento de outros sistemas, que impactam nas formas de relevo e os processos por elas responsáveis: o sistema climático, o sistema biogeográfico, o sistema geológico, o sistema pedológico e o sistema antrópico.

Este último, pode interferir significativamente nos fluxos de matéria e energia dos sistemas geomorfológicos, por meio de ações destruidoras ou controladoras, intencionais ou inadvertidas, modificando seu equilíbrio e, conseqüentemente, os processos e formas a eles associados. Para Christofolletti (1974) e Nir (1983), a interação entre estes dois sistemas constitui o campo de atuação da geomorfologia aplicada, descrita no item seguinte, visando orientar a atuação do Homem sobre o ambiente, de forma a prever ou minimizar tais alterações.

3.1.1. GEOMORFOLOGIA APLICADA

A geomorfologia aplicada refere-se à aplicação prática do referencial teórico-metodológico e das técnicas da disciplina em áreas como o planejamento físico-territorial e ambiental, na engenharia, na hidrologia, e inclusive, na análise forense. Em contraposição, a escala espaço-temporal dos fenômenos estudados refere-se, usualmente, à análise de detalhe (escalas grandes) e aos processos de ocorrência rápida e de curta duração.

De acordo com Cooke e Doornkamp (1990), ainda que importantes autores da geomorfologia tenham se dedicado à aplicação de conhecimentos desta disciplina e de áreas correlatas à solução de problemas cotidianos, como inundações e os efeitos de intervenções antrópicas; até a década de 60 a geomorfologia aplicada permaneceu pouco discutida. As décadas de 60 e 70, em função da revolução teórico-quantitativa, tiveram fortes repercussões na geomorfologia, que transferiu seu enfoque de uma abordagem até então

excessivamente histórica, apoiada no paradigma davisiano¹², para uma abordagem baseada no estudo dos processos geomorfológicos, sob a perspectiva sistêmica e dinâmica, com base em diferentes escalas espaço-temporais e no reconhecimento das possibilidades de diálogo com outras disciplinas.

Este período foi também caracterizado pelo interesse nas questões ambientais e no planejamento físico-territorial, motivado, em parte, pela ocorrência de acidentes com grandes impactos ambientais e comoção pública, como os casos de contaminação por mercúrio na baía de Minamata, no Japão, em 1956¹³, e o vazamento de gases do processamento de fertilizantes de industrial em Bhopal, na Índia, em 1984.

A magnitude e efetividade dos processos geomorfológicos na deflagração de catástrofes, como observado nos desastres de Aberfan, Yungay e Armero¹⁴, em 1966, 1970 e 1985, destacados por Cooke e Doornkamp (1990), promoveram maior interesse na geomorfologia e ressaltaram a urgência da disciplina em dialogar com o planejamento físico-territorial.

Tal necessidade foi reforçada pela inclusão de conceitos e de instrumentos técnicos de planejamento e gestão ambiental com significativa possibilidade de contribuição da geomorfologia, como os Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e os Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA) previstos, no Brasil, em âmbito nacional, por meio da Resolução Conama nº 001 de 1986 (BRASIL, 1986). Gradualmente a geomorfologia foi incluída nestes estudos ambientais e instrumentos técnicos, tornando-se praticamente obrigatória, ainda que não necessariamente sob responsabilidade dos geomorfólogos.

Para Cooke e Doornkamp (1990), a atuação da geomorfologia no gerenciamento ambiental está associada, principalmente, às análises de riscos, aos inventários de recursos naturais e avaliações de impacto ambiental, bem como no monitoramento e nas auditorias ambientais, dentre as quais, pode ser citada a perícia ambiental.

Sua incorporação e importância nesse âmbito são justificadas pelos autores em função das técnicas utilizadas pelos geomorfólogos no gerenciamento ambiental, enumerando: (i) o trabalho de campo, tendo em vista sua importância na observação, na medição e na confirmação das considerações tecidas em gabinete e com base em mapeamentos; (ii) a

¹² Trata-se do paradigma resultante da obra de William Morris Davis, considerado o pai da geomorfologia enquanto disciplina científica. Sua teoria, denominada Ciclo de Erosão, ou Erosão Normal, concebia a evolução da paisagem em três etapas: juventude, maturidade e senilidade. O resultado seria o progressivo rebaixamento do relevo até a obtenção de uma superfície plana, chamada peneplanície. Novos soerguimentos permitiriam o rejuvenescimento do relevo e um novo ciclo de erosão (CHRISTOFOLETTI, 1974).

¹³ O despejo dos rejeitos químicos na baía de Minamata, na ilha de Kyushu, no Japão, se iniciaram na década de 1930. As consequências à fauna e às pessoas residentes no entorno, que se alimentavam destes animais, apareceram apenas de 20 a 30 anos depois, com os primeiros casos de pessoas internadas com sintomas associados à contaminação apenas em 1956.

¹⁴ O desastre de Aberfan refere-se ao colapso de pilha de rejeitos de carvão de uma mineradora no País de Gales. O desastre de Yungay, refere-se ao movimento de massa que devastou esse povoado em 1970 após um terremoto. E por fim, o desastre de Armero, em 1985, foi resultado dos danos causados ao povoado de Armero e outros, na Colômbia, pela erupção do vulcão Nevado del Ruiz.

interpretação de evidências contidas nas formas do relevo e em seus materiais, como chave à compreensão dos processos e mudanças ambientais em curso e no passado; (iii) a habilidade de trabalhar com múltiplas escalas, com produtos cartográficos, de sensoriamento remoto e modelagens computacionais; e (iv) a habilidade de interpretar dados históricos para compreensão de processos e mudanças ambientais passadas.

No contexto da geomorfologia brasileira aplicada ao gerenciamento ambiental, cabe destacar as contribuições de Rodrigues (1997, 2001, 2010a, 2015) e Ross (1992, 1994, 1995, 2001, 2012) que ressaltam a importância: (i) da análise sistêmica e morfodinâmica no diálogo com o planejamento físico-territorial; (ii) da abordagem em múltiplas escalas espaciais e temporais; (iii) da consideração das fragilidades dos ambientais naturais; (iv) da incorporação do fator antrópico na análise das mudanças ambientais; e (v) da utilização da cartografia geomorfológica nos instrumentos técnicos de planejamento físico-territorial.

A interface com a engenharia é outra área de atuação da geomorfologia aplicada. Para Brunsden et al. (1975) e Brunsden (2002), a geomorfologia se insere nos estudos de engenharia ao fornecer informações que subsidiem a segurança, a previsão e a economia de recursos, em parceria com outras disciplinas, como a geologia de engenharia e a mecânica dos solos.

O diálogo e as contribuições da geomorfologia podem ocorrer em outros setores da engenharia, em especial, no desenvolvimento urbano, no setor de transporte (rodovias, ferrovias, aeroportos e canais hidroviários), utilidades (como dutovias), obras hidráulicas, drenagem urbana e controle de enchentes, entre outros.

O geomorfólogo pode atuar em estudos dedicados à avaliação da estabilidade do terreno e das vertentes, das condições da drenagem, no monitoramento e prevenção de processos erosivos, movimentos de massa e etc. Brunsden et al (1975) pontuam o papel fundamental da cartografia geomorfológica, como metodologia e técnica, nesta interação com a engenharia.

A questão da linguagem científica e da comunicação entre geomorfólogos e profissionais de outras formações, bem como, com agente públicos e a sociedade civil, é um dos focos da geomorfologia aplicada. Para Cooke & Doornkamp (1990), a utilização de uma linguagem inteligível e amigável aos demais profissionais envolvidos no gerenciamento ambiental e, sobretudo, à sociedade civil, é um dos principais desafios colocados a este campo.

Em contraposição, Brunsden (2002) ressalta a habilidade comunicativa do geomorfólogo, sobretudo aquele com formação em geografia, que possibilita seu diálogo com as políticas públicas e com o público leigo, transformando o vocabulário essencialmente técnico da engenharia, em algo acessível, característico dos relatórios e produtos técnicos da geomorfologia, na concepção do autor. Cooke e Doornkamp (1990) destacam, ainda, as limitações em relação aos custos e aos prazos colocados aos geomorfólogos na elaboração dos estudos técnicos, que exigem um encadeamento longo de etapas, que exigem diversos procedimentos em gabinete e trabalhos de campo.

Esses dois aspectos são cruciais na perícia ambiental aplicada ao meio físico, tendo em vista as especificidades da terminologia das ciências da terra, muitas vezes de difícil compreensão para outros profissionais, e as restrições normalmente observadas nos honorários periciais e prazos estabelecidos pelo juiz, no âmbito de uma ação judicial.

O estudo do papel das atividades antrópicas no funcionamento do sistema geomorfológico compõe um dos principais campos da geomorfologia aplicada, denominado geomorfologia antropogênica. Tendo em vista que as perícias ambientais envolvem a investigação dos danos promovidos pelas atividades do Homem sobre os sistemas ambientais, a geomorfologia aplicada e, em especial, a antropogênica apresentam enorme potencial de contribuição.

3.1.2. GEOMORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA

A geomorfologia antropogênica dedica-se a compreender o papel do Homem enquanto agente geomorfológico, na criação de formas (morfologias) e modificação dos processos geomorfológicos, como o intemperismo, a erosão, movimentos de massa, a dinâmica hidrológica, etc. (GOUDIE, 2004; SZABÓ; DÁVID; LÓCZY, 2010; LÓCZY; SÜTO, 2011).

As mudanças ambientais promovidas pelo Homem podem ser resultantes de ações diretas no sistema geomorfológico, como por exemplo, por meio da abertura de cortes e aterros e interferências hidrológicas, ou por intervenções indiretas, neste caso, mais difíceis de delimitar e com consequências na velocidade de operação dos processos. São exemplos: as mudanças na cobertura e uso da terra e a implantação de infraestruturas de grande porte, como barramentos, influenciando as taxas de erosão e sedimentação, entre outros efeitos (GOUDIE, 2004; GOUDIE; VILES, 2016).

As intervenções diretas e/ou indiretas do Homem na superfície terrestre podem dar origem à uma série de mudanças no sistema geomorfológico, num mecanismo de retroalimentação positiva, muitas das quais não previstas inicialmente.

De acordo com Nir (1983), apesar de a inserção do fator antrópico na geomorfologia ter se iniciado entre o fim do século XIX e início do século XX, as primeiras contribuições de maior alcance e reconhecimento na disciplina, são as obras de: (i) Marsh (1864)¹⁵, considerada a primeira referência a reconhecer a atuação do Homem como um fator de intervenção na natureza; (ii) Woeikof (1901)¹⁶, dedicada aos efeitos do desmatamento, da drenagem artificial e da irrigação nos processos geomorfológicos; (iii) Fischer (1915)¹⁷, apresentando quantificações sobre os materiais utilizados nas principais atividades antrópicas, como nas

¹⁵ MARSH, G. P. **Man and Nature: Or Physical Geography as Modified by Human Action**. Michigan: C. Scribner, 1864.

¹⁶ Woeikof, A. De l'influence de l'homme sur la nature. **Annales de géographie**, v. 51, p. 193-215, 1901.

¹⁷ FISCHER, E. Der Mensch als geologischer Faktor. **ZDGG – German Journal of Geology**, v. 67, p. 106-148, 1915.

edificações urbanas; e, finalmente, (iv) Sherlock (1922)¹⁸, considerada como o primeiro tratado sobre a atividade antrópica enquanto ação geomorfológica, e composta por quantificações das taxas de materiais e processos geomorfológicos em diversas categorias de intervenção antrópica.

Após a década de 50, a publicação de Thomas (1956), considerada um marco na geomorfologia antropogênica por apresentar uma retrospectiva das alterações humanas sobre a superfície terrestre e os possíveis limites para a intervenção antrópica, contribuiu com as anteriores para firmar as bases deste campo de atuação da geomorfologia (NIR, 1983; RODRIGUES, 1997).

A preocupação com a questão ambiental, durante as décadas de 60, 70 e 80, conforme discutido no item anterior, resultaram, também, na ampliação dos estudos conduzidos nesta linha, com enfoque, sobretudo, na noção de risco e da possibilidade de ocorrência de acidentes ambientais. A inserção efetiva da ação antrópica na geomorfologia e seu desenvolvimento enquanto disciplina remonta este período.

Em revisão bibliográfica sobre o tema, Rodrigues (1997) destaca outras importantes obras para a edificação da disciplina, dentre as quais a obra de Nir (1983), considerada pela autora como uma das bases da geomorfologia antropogênica, por discorrer sobre os impactos e mudanças no sistema geomorfológico resultantes de diversas modalidades de intervenção antrópica, assim como, por apresentar o histórico e considerações metodológicas da disciplina.

Mais recentemente, as obras de Goudie (1993), Goudie e Viles (1997), Lóczy e Sütö (2011) e Goudie (2006), apresentaram resgates históricos dos impactos das atividades antrópicas ao longo da história humana, e realizaram levantamento completo dos efeitos, impactos e mudanças associados às diferentes modalidades de intervenção antrópica. Szabó, Dávid e Lóczy (2010), em obra específica sobre o tema, apresentam o objeto de estudo da geomorfologia antropogênica e seu potencial de contribuição em áreas aplicadas, como o gerenciamento ambiental.

Um dos tópicos mais desenvolvidos da geomorfologia antropogênica atual refere-se ao diálogo entre geomorfologia e urbanização, com notáveis contribuições no contexto internacional e nacional. No plano internacional, destacam-se as obras de Toy e Hadley (1987), Verstappen (1968), Douglas (1983, 1998), Gupta (1984), Goudie (2006), Goudie e Viles (2016).

No cenário nacional, destacam-se as pesquisas realizadas na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), enfatizando impactos e efeitos das modalidades de ocupação urbana no sistema geomorfológico, sobretudo no sistema fluvial. Destacam-se as contribuições de Lima (1990), Silva (2005), Rodrigues (1999, 2004, 2005, 2010a), Moroz-Caccia Gouveia (2010), Estaiano (2007), Luz (2010, 2015), Berges (2013), Claro (2013), Veneziani (2014) e Moroz-Caccia Gouveia e Rodrigues (2017).

¹⁸ SHERLOCK, R. L. **Man as a Geological Agent** – An account of his action on inanimate nature. London: H. F. & G. Whiterby, 1922.

Estas referências se utilizaram da cartografia geomorfológica e, em especial, da cartografia geomorfológica evolutiva, como instrumento metodológico para identificação, avaliação e quantificação das mudanças nos sistemas geomorfológicos associadas às intervenções antrópicas na RMSP. Foram utilizados, ainda, indicadores de mudanças ambientais, para viabilizar as quantificações e, em alguns casos, estabelecer paralelos com valores de mercado, em exercícios de valoração dos serviços ambientais prestados (MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2010; RODRIGUES, 2015).

Com base neste referencial teórico-metodológico, a geomorfologia antropogênica busca nortear a ocupação humana sobre a superfície terrestre, priorizando a conservação ambiental (RODRIGUES, 1997).

Para tal, esse campo se utiliza do raciocínio sistêmico e morfodinâmico como fundamentação, das noções de equilíbrio, magnitude e frequência e de limiares geomorfológicos; assim como, de abordagens multiescalares, no tempo e no espaço. Dentre as técnicas, destacam-se os trabalhos de campo e a cartografia geomorfológica.

Dentre os desafios colocados ao campo, Goudie (2004) sublinha as complexidades em distinguir as origens e causas das mudanças ambientais em ambiente antropizados, se resultantes da interferência antrópica ou naturais.

Este aspecto é primordial à perícia ambiental, e sobretudo, a perícia aplicada aos fenômenos do meio físico, pois uma das incumbências do perito refere-se à identificação dos responsáveis pelo dano ambiental. Para tal, é necessário compreender as causas do ocorrido, as mudanças e efeitos resultantes, em outras palavras, o nexos causal do dano ambiental precisa estar elucidado e comprovado, para que a perícia possa auxiliar efetivamente na decisão do juiz.

3.1.3. PERÍCIA GEOMORFOLÓGICA: CONSTRUINDO UM CONCEITO

A investigação na geomorfologia é realizada por meio de métodos e técnicas ecléticas, que se baseiam, essencialmente: nas observações de campo, fundamentais à geomorfologia e à geografia física em geral; em medições, descrições e experimentações, destacando-se a cartografia geomorfológica; e no monitoramento e modelagem de processos geomorfológicos.

O raciocínio geomorfológico ampara-se na inferência, uma vez que para a análise dos processos da superfície terrestre, é necessário interpretá-los, com base em indícios de sua ocorrência. Esta inferência é realizada por meio do método dedutivo, ou analítico, investigando o contexto em que se insere o objeto de estudo; ou pelo método indutivo, ou sintético, no qual o objeto é observado primeiramente, para depois a partir dele se pensar no contexto (SCHUMM, 1991; BAKER, 1996).

Entretanto, na geomorfologia e nas ciências naturais como um todo, os métodos dedutivos e indutivos podem ser limitados, assim como a utilização de uma única hipótese/causa para explicação de um fenômeno natural, dada sua imprevisibilidade e o

desconhecimento de sua totalidade por parte da ciência (BAKER, 1996). A utilização de uma única hipótese na condução de uma pesquisa científica pode, ainda, resultar em vieses ou orientações nos resultados obtidos, com o objetivo de confirmar a hipótese inicial, já que o cientista raramente é alguém isento ou imparcial (SCHUMM, 1991).

A explicação de um fenômeno nas ciências da terra baseia-se, assim, na utilização de conjunto de hipóteses visando acessar a complexidade do sistema físico terrestre e evitar tais orientações. A utilização de tal conjunto de hipóteses foi concebida por Chamberlain (1890 e 1897), denominada método das múltiplas hipóteses, e aplicada na geomorfologia primeiramente por Gilbert em 1886 e 1890, quando a ciência geomorfológica estava formando suas bases (SCHUMM, 1991; BAKER, 1996).

De acordo com esse método, as múltiplas hipóteses podem ser elaboradas e falseadas de forma sequencial, até a obtenção da hipótese com maior probabilidade de ser correta; ou elaboradas e falseadas simultaneamente. Trata-se, em suma, da utilização de múltiplos caminhos na obtenção e verificação de hipóteses, alguns até não previstos inicialmente, para alcançar uma explicação à um fato.

Na obtenção desses múltiplos caminhos, a busca por explicações pode extrapolar o campo de uma única disciplina e reunir ideias provenientes de diferentes campos da ciência, como a biologia, a ecologia e a química, para explicação de um fenômeno. A incorporação de tais ideias é fundamental no método científico aplicado as ciências da terra pois igualmente permite a eliminação de vieses e orientações provenientes da própria formação do pesquisador em uma determinada disciplina, o que pode limitar seu olhar a apenas alguns aspectos do problema em estudo.

Essa questão é especialmente importante às perícias ambientais, já que a maior parte dos danos ambientais investigados pelos peritos apresentam diversas consequências, que exigem uma abordagem interdisciplinar. Ela se encontra, também, no cerne das discussões atuais no direito ambiental, acerca da necessidade de realização de perícias por equipes multidisciplinares, contando com, ao menos, dois peritos de formações distintas, diante da necessidade da complementaridade entre os profissionais para atender os objetivos da perícia, que costumam envolver elementos dos meios físico, biótico e socioeconômico simultaneamente.

A explicação dos fenômenos na geomorfologia baseia-se em múltiplas hipóteses, provenientes de diversos campos do conhecimento, perpassando a abordagem sistêmica e multiescalar, em relação ao tempo (processos de curto-tempo e de longo-termo) e ao espaço (processos em escala macro até nano)(CHORLEY, 1962a; NIR, 1983; HART, 1986; SCHUMM, 1991; ROSS, 1992, 1994; RODRIGUES, 1997; BRUNSDEN, 2002).

Apesar disso, são grandes as chances de incorrer em erros na inferência e extrapolação acerca do funcionamento e evolução do relevo, sobretudo no processo de concepção e verificação de hipóteses.

São mais frequentes na pesquisa geomorfológica os problemas na extrapolação das escalas temporal e espacial. Mas também podem se relacionar com equívocos sobre os

processos geomorfológicos, em termos de suas causas e efeitos e quanto à complexidade do sistema abordado. De acordo com Schumm (1991), os principais problemas na extrapolação em geomorfologia são:

- Tempo: em relação ao período e ao intervalo, dos processos geomorfológicos e aqueles utilizados em pesquisas;
- Espaço: no que tange ao tamanho e à resolução;
- Localização: em relação ao local de observação do fenômeno e à perspectiva do pesquisador;
- Convergência: Quando resultados similares são obtidos, a partir de diferentes causas ou processos geomorfológicos;
- Divergência: Quando resultados diferentes são obtidos com base em causas ou processos geomorfológicos iguais;
- Eficiência: Referente ao trabalho realizado, energia dispendida e os impactos de um ou mais eventos no sistema;
- Multiplicidade: As diferentes causas que se combinam e agem simultaneamente para ocorrência de um fenômeno;
- Singularidade: Condições que fazem com que uma forma ou processo seja diferente dos demais (singular, porém não único);
- Sensitividade: Suscetibilidade do sistema à mudança;
- Complexidade: Complexidade do sistema ao ser perturbado.

Os três primeiros fatores mencionados acima são fundamentais na perícia ambiental aplicada aos fenômenos do meio físico.

A compreensão de um fenômeno atual irá depender da escala temporal e espacial utilizada. A escolha do intervalo de tempo pode ser limitada pela disponibilidade de dados sobre um determinado processo, restringindo a escala temporal a este período. Este intervalo, porém, pode revelar que o fenômeno é resultado da ocorrência de um determinado processo, ao passo que, se observado sob um intervalo temporal mais longo, as causas do fenômeno podem ser atribuídas a outro conjunto de processos. Em outras palavras, as variáveis consideradas podem ser dependentes ou independentes conforme a escala considerada (causa e efeito).

A percepção do sistema em estudo pode, assim, ser muito influenciada pelo intervalo de tempo considerado. A Tabela 3, a seguir, retirada de Schumm (1991), apresenta as diferentes percepções sobre os fenômenos do meio físico, que podem ser compreendidos como megaeventos, mesoeventos, microeventos e não eventos, dependendo da escala temporal adotada.

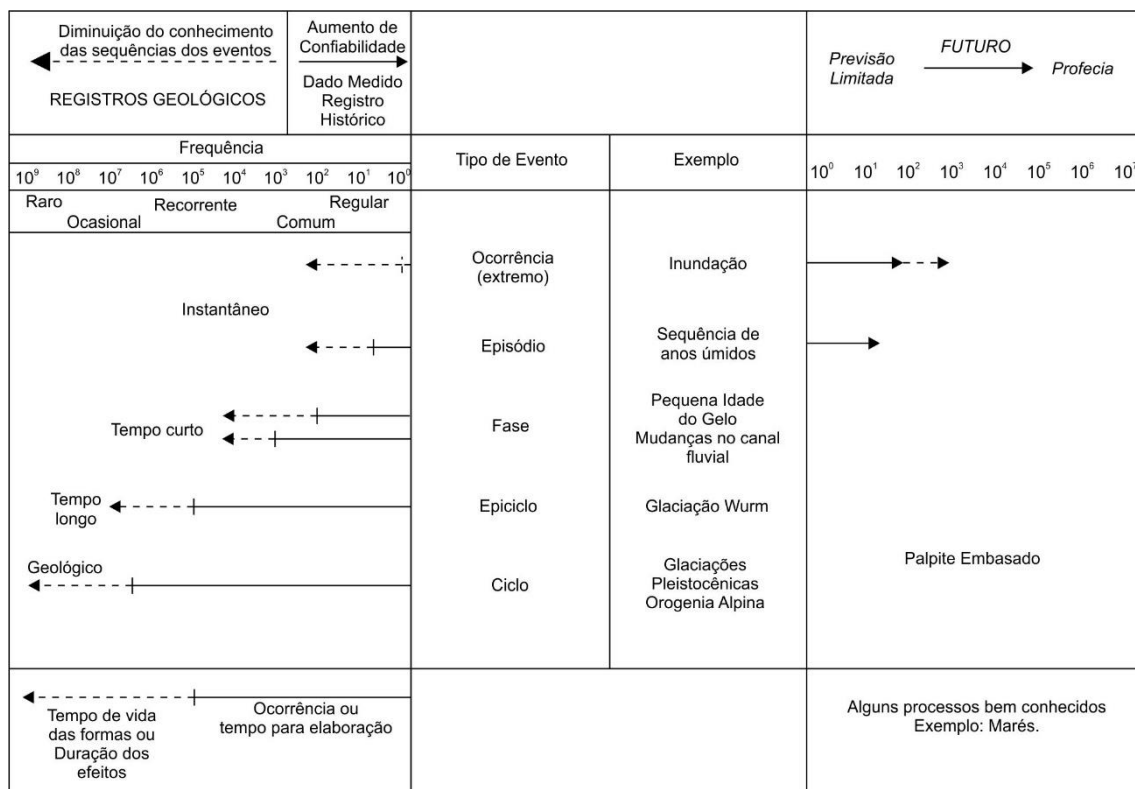
Tabela 3 - Hierarquia de eventos, segundo seu significado com base na escala temporal

Magnitude relativa do evento	Escala de tempo						
	1 dia	1 ano	10 anos	10 ² anos	10 ³ anos	10 ⁵ anos	10 ⁶ anos
Mega evento	Corrida ou escorregamento local	Voçoroca	<i>Cutoff</i> de meandro	Erupção vulcânica	Formação de terraço	Glaciação continental	Grandes dobramentos e falhamentos
Meso evento	Sulco	Corrida ou escorregamento local	Voçoroca	<i>Cutoff</i> de meandro	Erupção vulcânica	Formação de terraço	Glaciação continental
Micro-evento	Movimento de grão de areia	Sulco	Corrida ou escorregamento local	Voçoroca	<i>Cutoff</i> de meandro	Erupção vulcânica	Formação de terraço
Não evento	—	Movimento de grão de areia	Sulco	Corrida ou escorregamento local	Voçoroca	<i>Cutoff</i> de meandro	Erupção vulcânica

Fonte: Retirado e traduzido de Schumm (1991)

Brunsdén (1996) também ressalta a escala temporal na percepção dos fenômenos do meio físico, como ilustrado na Figura 8, abaixo. O processo de inundação, por exemplo, pode ser considerado de ocorrência extrema em relação à hierarquia dos tipos de eventos, porém regular quando observado na escala do tempo geológico. A hierarquia dos eventos está diretamente relacionada aos parâmetros como a escala, intensidade, duração e frequência dos processos geomorfológicos, e com a resistência e resiliência das formas resultantes.

Figura 8 - Escalas temporais dos processos geomorfológicos



Fonte: Retirado e traduzido de Brunsdén (1996)

A compreensão do intervalo temporal dos fenômenos se dá, entretanto, de diferentes formas, de acordo com cada profissão ou especialidade envolvida. Assim, pode resultar em mal-entendidos e dificuldades de diálogo entre profissionais, como engenheiros, biólogos, geólogos e geomorfólogos, afetando a implementação de medidas de gerenciamento e monitoramento ambiental, por exemplo.

Para fins aplicados, a escala temporal impacta, por exemplo, no planejamento de medidas de recuperação de danos ambientais. A compreensão dos mecanismos dos sistemas físicos, como o retorno à uma condição próxima à inicial, antes da perturbação do sistema (*feedback* negativo), ou a uma nova condição de equilíbrio, pode evitar esforços dispendiosos em momentos pouco significativos (SCHUMM, 1991).

A escala espacial influencia a complexidade das formas ou fenômenos considerados, dada a proporcionalidade entre o tamanho do objeto em estudo e o incremento da complexidade (SCHUMM, 1991). Nas perícias ambientais, a resolução espacial das imagens utilizadas na investigação, deve, também, ser ressaltada. Diversos erros podem resultar da utilização de resoluções espaciais não compatíveis com a escala do fenômeno estudado.

Os erros associados à extrapolação podem ocorrer, também, em relação à extrapolação espacial, ou seja, de um local para outro, ao assumir o funcionamento de um local, como base para compreensão de outro local similar. Denominado de erro de localização na abordagem de Schumm (1991), este erro abrange, ainda, os problemas de perspectiva, quando a experiência de pesquisa em um local com determinadas características é utilizada para explicar outro ambiente distinto.

A geomorfologia, no entanto, possui recursos teóricos e metodológicos que lhe conferem potencial para desvendar os mecanismos que comandam os processos geomorfológicos, tendo em vista a possibilidade de leitura morfológica (das formas), mesmo numa situação pós evento, por meio da convergência de evidências (morfológicas, sedimentares, erosivas e outras) e ao posicionar o evento dentro de sua escala de ocorrência natural ou induzida. Tais recursos auxiliam na redução dos erros intrínsecos às extrapolações de processos e eventos do meio físico (TRICART, 1965; COQUE, 1984; HART, 1986; COOKE; DOORNKAMP, 1990; SCHUMM, 1991; RODRIGUES, 1997).

A abordagem sistêmica, o intervalo temporal e a escala espacial são fatores imprescindíveis que precisam estar bem definidos para a realização de uma pesquisa geomorfológica, portanto, são de utilidade ímpar na perícia ambiental envolvendo os processos do meio físico.

Crozier e Glade (2010), também destacam as possibilidades de contribuição dos geomorfólogos em perícias resultantes de situações pós-eventos catastróficos do meio físico, como escorregamentos, inundações e etc. Para os autores, os principais aspectos demandados aos geomorfólogos em tais estudos são o estabelecimento das causas, pesando os diferentes fatores causais, e a distinção entre os fatores naturais e os antrópicos na ocorrência do evento.

Os autores destacam o levantamento de registros históricos de eventos similares e a interpretação de fotografias aéreas, como algumas das principais etapas na compreensão da evolução do processo geomorfológico e do local estudado, para avaliação das causas e consequências, bem como, para ações de gerenciamento de risco geomorfológico. Essas técnicas são, portanto, fundamentais na realização das perícias aplicadas aos fenômenos do meio físico.

A baixa disponibilidade de dados históricos sobre os locais e fenômenos pode, no entanto, limitar a aplicação de tais técnicas. Essa situação ocorre frequentemente em território brasileiro, pela ausência de mapeamento sistemático e esparsa documentação de eventos históricos. Crozier e Glade (2010) observam que, em muitos casos, a ausência de tais registros é interpretada erroneamente como a inexistência de eventos pretéritos, quando muitas vezes estes eventos simplesmente não foram registrados.

Ao se interpretar a paisagem do ponto de vista de sua gênese, muitas vezes é possível chegar a hipóteses mais adequadas aos mecanismos envolvidos na deflagração de processos, se próprios de sua condição genética ou relacionados a alguma variável externa.

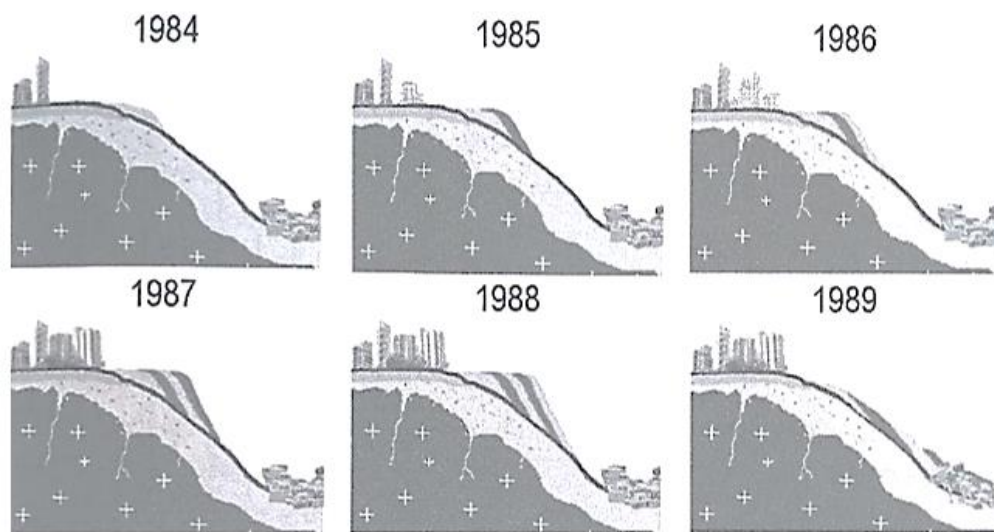
Todo esse conjunto de aspectos, dentre inúmeros outros, referentes ao arsenal teórico, metodológico e conceitual da disciplina devem ser considerados pelos especialistas na atuação em perícias envolvendo processos do meio físico. Isso porque, sem ele, interpretações errôneas devem ser significativamente mais comuns, resultando no estabelecimento de ações pouco eficazes de prevenção e mitigação de riscos, e na atribuição equivocada de causas e de responsabilização de agentes.

3.2. A GEOMORFOLOGIA E A PERÍCIA AMBIENTAL: UMA INTERFACE

A complexidade da interação entre as atividades antrópicas, enquanto agentes de deflagração ou preparação, e os processos do meio físico, é concretizada nas ações judiciais envolvendo os danos ambientais resultantes de tal interação e apresentam um desafio ao perito responsável pela investigação de suas causas, nexos e responsabilidades.

Alguns casos são representativos dessa complexidade, diante de sua notoriedade em território nacional ou internacionalmente. O escorregamento ocorrido na Favela Nova República, no município de São Paulo, é um deles. Tal evento ocorrido em outubro de 1989 envolveu a mobilização de material tecnogênico disposto em aterro irregular, com resíduos provenientes sobretudo da construção civil. O aterro foi realizado em anfiteatro de nichos de nascentes, com concavidade acentuada em planta e em perfil. Durante os cinco anos de acúmulo de material no aterro, desenvolveu-se favela na base do anfiteatro, parcialmente soterrada após o escorregamento (RODRIGUES, 2004)(Figura 9).

Figura 9 – Sequência de evolução do uso da terra e do escorregamento rotacional da Favela Nova República



Fonte: Retirado de Rodrigues (2004)

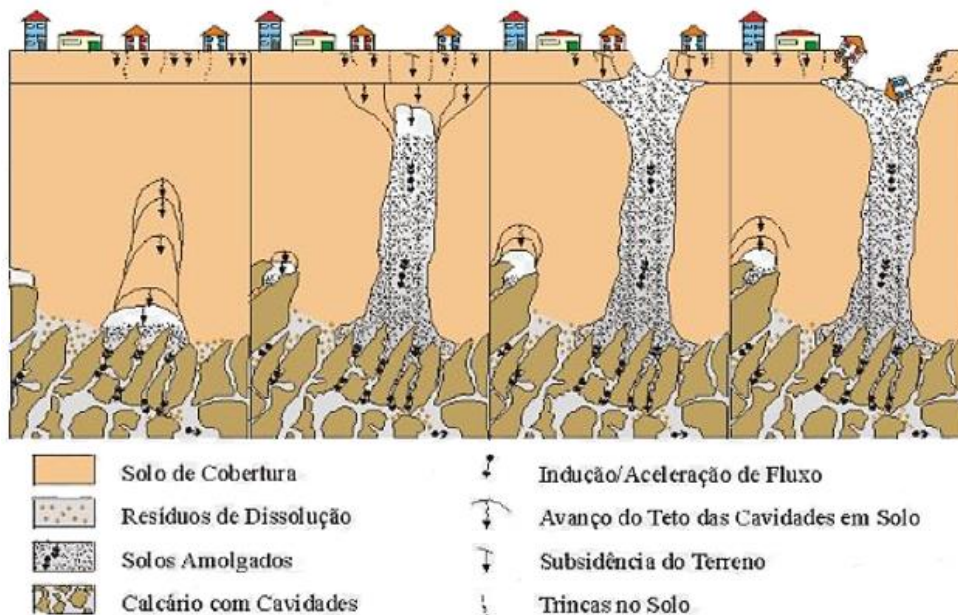
O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) foi o órgão responsável pela investigação das causas e responsabilidades pelo caso. Após desenvolvimento do estudo, o IPT confirmou que a maior parte do volume deslocado durante o escorregamento era proveniente do próprio aterro, e que o rompimento de uma adutora de abastecimento de água da Sabesp foi o fator de deflagração do movimento, reduzindo totalmente a coesão interna e, conseqüentemente, a resistência dos materiais (RODRIGUES, 2004).

No caso, o rompimento da adutora substituiu o papel da precipitação na ocorrência dos movimentos de massa, fundamental em sua deflagração diante da atuação da água na redução da resistência dos materiais. O caso demonstrou a importância e complexidade da interação entre as características morfológicas da superfície e as atividades antrópicas, em especial, os acúmulos de material tecnogênicos, no desencadeamento de novos processos do meio físico (RODRIGUES, 2004).

Outro caso notório no Estado de São Paulo foi o colapso ocorrido em Cajamar, município integrante da Região Metropolitana de São Paulo, conhecido como “buraco” de Cajamar. Ocorrido também em 1986, o caso adquiriu notoriedade diante do número de casas destruídas e condenadas, da velocidade e magnitude do movimento descendente e da ausência de informações prévias sobre esse risco associado à dissolução cárstica à população urbana, apesar do amplo conhecimento sobre os recursos minerais do município para fins de exploração comercial e fabricação de cimento (NAKAZAWA; PRANDINI; DINIZ, 1995).

O IPT foi, também, responsável pela investigação das causas. De acordo com o laudo produzido, o colapso havia resultado da associação entre a dissolução de rocha calcárea em carste coberto, com a formação de cavidades e bolsões internos ao solo, e fatores antrópicos, dentre os quais, a retirada de água por parte da Sabesp e por fábrica de bebidas, e detonações por pedreira localizada nas proximidades (SANTOS, 2002)(Figura 10).

Figura 10 - Modelo evolutivo do fenômeno cárstico em Cajamar



Fonte: Adaptado de Nakazawa, Prandini e Diniz (1995)

O bombeamento da água, por seu caráter cíclico e pela rápida extração, assim como as detonações nas pedreiras, havia produzido uma diferença de pressão entre as cavidades e os solos circundantes, resultando, simultaneamente, na migração das partículas sólidas para baixo e dos bolsões fluidos e ar para cima. A região passava, também, por um período de estiagem, então possivelmente a quantidade de água retirada foi além da capacidade de suporte do sistema, promovendo uma rápida oscilação no nível freático (SANTOS, 2002).

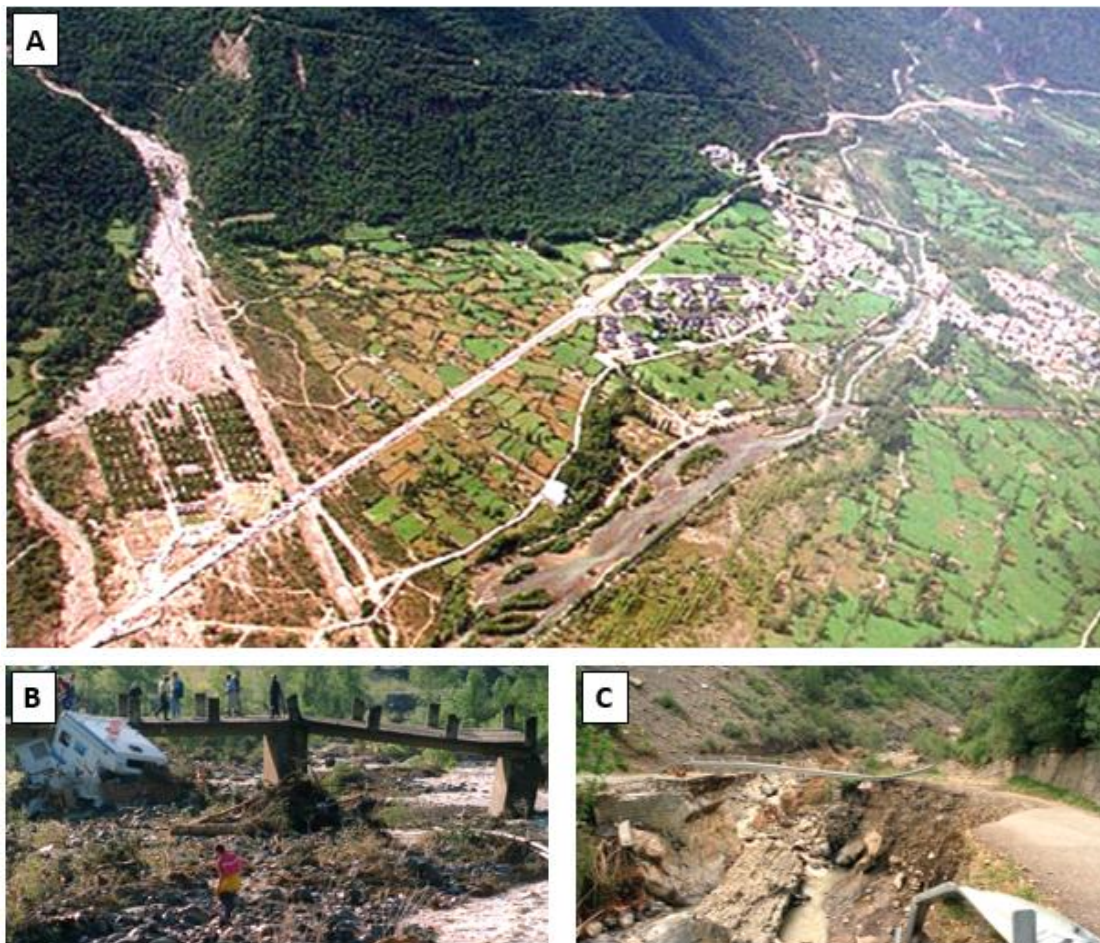
Em âmbito internacional, pode-se destacar o caso do *flash flood* do *Camping Las Nieves*, ocorrido em 1996 na cidade de Biescas, Espanha. Considerado um dos principais desastres naturais ocorridos no país, sobretudo em termos de perda de vidas humanas, o evento ocorrido em pequena bacia hidrográfica de montanha, resultou na morte de 87 pessoas acampadas em um camping localizado em leque fluvial na foz da bacia (GUTIÉRREZ; GUTIÉRREZ; SANCHO, 1998).

O caso chocou a Espanha diante da magnitude do evento e de suas consequências sociais, mas também diante da ineficiência dos órgãos responsáveis pela aprovação e fiscalização do empreendimento, já que o camping havia sido licenciado pelos órgãos competentes, apesar do conhecimento do risco associado ao local e aos usos pretendidos, e da existência de documentos técnicos recomendando sua proibição (AYALA-CARCEDO, 2002).

No dia 07 de agosto de 1996 ocorreu intensa precipitação por chuva convectiva na região da bacia hidrográfica. A magnitude da chuva foi tão significativa que resultou na mobilização de grande volume de material, proveniente de pequenos movimentos de massa nas cabeceiras, transportando grande quantidade de sedimentos, blocos e troncos de árvores. O volume de material transportado levou à ruptura dos cerca de 40 diques de contenção de sedimentos existentes na bacia, cujo material depositado se somou aos já então transportados, resultando na morte de 87 pessoas e 187 feridos, 55 milhões de dólares em

danos materiais diretos e profundas mudanças morfológicas na bacia (GUTIÉRREZ; GUTIÉRREZ; SANCHO, 1998)(Figura 11).

Figura 11 - Imagens do *flash flood* de 1996 em Biescas, Espanha



Fonte: Retirado de Heraldo de Aragón (2020).

Legenda: (A) Fotografia aérea; (B) fotografia do local onde ficava parte das instalações do camping; (C) fotografia de um dos diques rompidos em ponto de travessia.

Diante dos danos ocasionados, o caso foi investigado nas esferas civil e penal, envolvendo a participação de diversos especialistas para comprovar se o evento poderia ter sido previsto e a autorização à instalação do camping concedida. Na instância civil, depois de numerosos recursos, os órgãos de bacia e de administração pública da comunidade autônoma, foram condenados ao pagamento das indenizações aos parentes das vítimas. Na esfera penal, a ação judicial foi julgada improcedente pois considerou-se que o evento era imprevisível, apesar dos documentos técnicos existentes apontando o risco do local (GUTIÉRREZ; GUTIÉRREZ; SANCHO, 1998; AYALA-CARCEDO; CANTOS, 2002).

Trata-se de caso interessante no âmbito da pesquisa, por envolver a ocorrência simultânea de diferentes processos do meio físico, como os movimentos de massa e inundação súbita; combinados às mudanças promovidas na bacia hidrográfica, em termos do uso e ocupação do solo e da realização de obras hidráulicas inadequadas e sem manutenção, que contribuíram à magnitude do evento e dos danos resultantes de sua ocorrência. No caso, as obras hidráulicas que haviam sido concebidas para redução do risco atuaram como um

fator de incremento, demonstrando a complexidade no planejamento e implantação das medidas de prevenção, controle e mitigação de riscos associados a processos do meio físico.

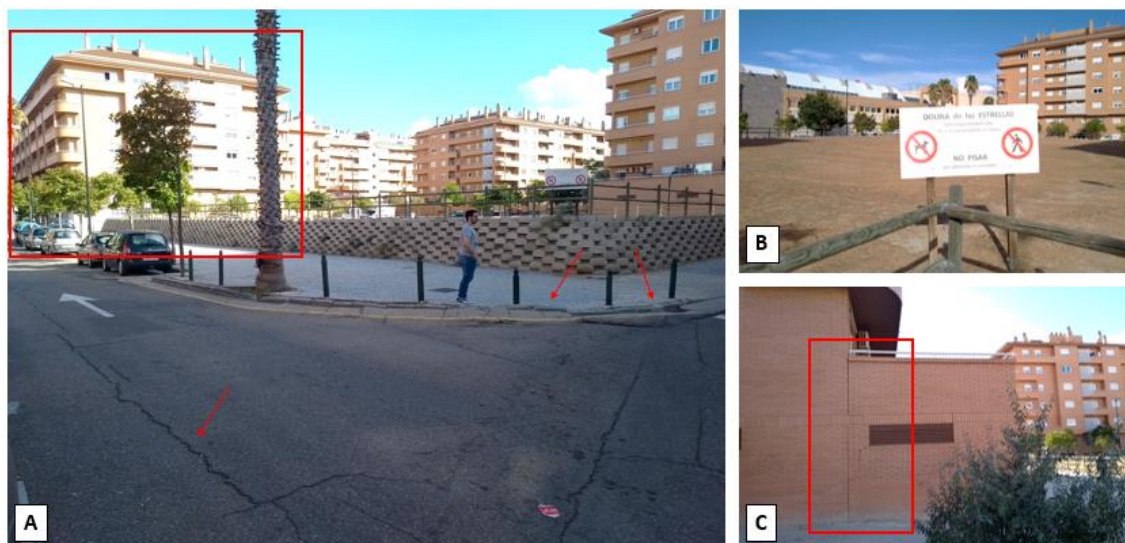
Outro caso na Espanha, na cidade de Zaragoza, atualmente sob investigação nas esferas administrativa e civil refere-se à subsidência, em curso, de praça pública e edifícios em local denominado “*Dolina de las Estrellas*”. A subsidência está associada ao desenvolvimento de processo de dissolução cárstica em profundidade e da evolução de dolina, levando ao rebaixamento paulatino do terreno e seus reflexos em superfície, em especial nas edificações existentes no local e entorno.

Os problemas associados a evolução da dolina remontam a década de 1960, afetando fábricas então instaladas no local, causando rachaduras e trincas nos edifícios e ruína de algumas instalações. Diante dos constantes prejuízos, as indústrias preferiram abandonar a área, repassando-a para compradores interessados em urbanizá-la com usos comerciais e residenciais. Apesar da Municipalidade conhecer os problemas do local, a área foi reclassificada de uso industrial, para comercial e residencial no zoneamento da cidade. Como medida preventiva, no entanto, optou-se por reservar o local exato da dolina para a implantação de praça pública. Os terrenos vizinhos foram objeto de edificação com prédios residenciais, de até 8 andares, e de instalações comerciais.

Inicialmente, a praça foi mantida como área verde, permeável, na qual era permitida a circulação de pessoas. Havia, também, um poço no local, utilizado para extração de água para manutenção do jardim. Com a evolução da subsidência, as edificações passaram a apresentar rachaduras, trincas e recalques, bem como as calçadas e asfaltamento das vias. A praça foi impermeabilizada, visando evitar a infiltração de água da chuva e avanço da dissolução, e a extração de água do poço e o acesso de pessoas foram proibidos.

Um dos prédios existentes no entorno, no entanto, foi declarado condenado, e as pessoas removidas (Figura 12). As ações judiciais em curso atualmente são conduzidas pela associação de moradores de tal edifício, que visam a responsabilização da construtora, da incorporadora e da municipalidade pelos danos econômicos e morais associados à construção e comercialização das moradias e anuência à sua instalação, apesar do conhecimento prévio sobre os riscos existentes no local.

Figura 12 - Fotografias de diferentes visadas da praça da Dolina das Estrelas



Fonte: Elaborado pela autora

Legenda: (A) Visão de toda a praça a partir de da lateral noroeste, com o prédio condenado ao fundo, em destaque. Setas vermelhas destacando as rachaduras e deformações no asfalto, sarjetas e calçadas; (B) Visada da lateral sudoeste da praça, com a placa de interdição à área pública; C: Visada de um dos edifícios afetados, com destaque às rachaduras e trincas.

Apesar de se tratar de processo natural do meio físico, as decisões tomadas em relação aos usos da área exemplificam a complexidade da interação entre os fenômenos naturais e as atividades antrópicas, em especial os usos urbanos. A sequência de ações realizadas no local e a negligência na consideração do risco acabaram por incrementá-lo, bem como os danos ocasionados, que somam milhões de euros e resultaram em extensas ações judiciais.

Os casos acima foram selecionados diante de sua notoriedade e por exemplificarem as modalidades de conflitos resultantes da interação entre as atividades antrópicas e os processos do meio físico, cuja investigação e compreensão é encargada ao perito quando integrantes de ações judiciais. Esses casos, no entanto, não foram selecionados para análise nessa pesquisa, em função do recorte metodológico adotado relativo à análise de ações judiciais ambientais conduzidas junto à 1ª Câmara Reservada ao Meio Ambiente do TJSP. Ainda assim, as 32 ações selecionadas são igualmente resultado dessa complexa interação, como será abordado ao longo do capítulo de resultados e discussão.

As ações judiciais envolvendo os processos do meio físico são, geralmente, conduzidas junto às Câmaras Ambientais, quando envolvem interesses difusos ou coletivos ligados ao meio ambiente, ou junto às Câmaras de Direito Público, quando envolvendo danos materiais ou morais, ou ao patrimônio histórico e cultural. É o caso, por exemplo, da inundação ocorrida em janeiro de 2010 em São Luís do Paraitinga, conduzida na 2ª Câmara de Direito Público do TJSP, ainda que os danos tenham sido ocasionados por um evento do meio físico. De todos os modos, será a perícia que irá apurar as causas e responsabilidades associadas a ocorrência do evento e que poderá embasar o encaminhamento e encerramento da ação judicial.

3.3. A PERÍCIA AMBIENTAL

A tutela legal do meio ambiente, surgiu como uma resposta aos avanços e demandas da questão ambiental, impulsionada por Convenções e documentos internacionais sobre o tema, e pela mobilização da sociedade civil em torno de problemas ambientais como a poluição hídrica e atmosférica.

No Brasil, importantes leis federais e estaduais surgiram com o objetivo de proteger o bem/patrimônio ambiental e os direitos das pessoas ao acesso ao meio ambiente e à qualidade de vida. A Política Nacional de Meio Ambiente (Lei Federal nº 6.938 de 1981)(BRASIL, 1981) e a Constituição Federal (BRASIL, 1988), podem ser apontadas como os primeiros dispositivos a comporem o direito ambiental. O Artigo 225 da CF, por exemplo, destaca:

Art. 225. Todos têm **direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo** e essencial à sadia qualidade de vida, **impondo-se ao Poder Público e à coletividade** o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

[...]

§ 2º Aquele que explorar recursos minerais **fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado**, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

§ 3º As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, **independentemente da obrigação de reparar os danos causados**. (BRASIL, 1988, Capítulo VI, Art. 225. grifo nosso)

Conforme destacado no caput do Artigo 225, o meio ambiente é um direito de todos e um bem de uso comum do povo. Ele se enquadra nos Direitos Fundamentais de 3ª Geração, que se referem aos direitos difusos, ou seja, os direitos que são coletivos à humanidade, que não pertencem a alguém ou a um grupo específico (indeterminabilidade de seus titulares)¹⁹.

A Lei de Crimes Ambientais (Lei Federal nº 9.605 de 1998)(BRASIL, 1998) é considerada, também, um dos marcos regulatórios do direito ambiental no Brasil. As sanções penais e administrativas citadas na Constituição Federal (Art. 225, § 3º) são definidas por este dispositivo legal, em conjunto com o Código Penal (BRASIL, 1940), que estabelece as modalidades de crime ambiental e as sanções aplicáveis, nas instâncias penal e administrativa do direito.

Nestes dispositivos legais, e sobretudo na instância civil, o princípio que rege sua aplicação é o do poluidor-pagador, ou seja, quem polui ou degrada o meio ambiente, deve ser responsabilizado a reparar ou indenizar pelo dano ambiental. No direito ambiental, aplica-se

¹⁹ O corpo do Direito como o conhecemos atualmente, no caso o Direito da Família Romano Germânica, se desenvolveu ao longo do tempo, compondo diferentes gerações dos Direitos Fundamentais. A primeira geração refere-se às liberdades individuais, como a Declaração dos Direitos do Homem, e teve seu surgimento a partir da Revolução Francesa. A segunda geração, iniciada com a Revolução Industrial e os movimentos sindicais, contempla os direitos sociais e do trabalho.

a Teoria da Responsabilidade Objetiva, ou seja, o poluidor responderá e será responsabilizado pelo dano ambiental independente da comprovação de culpa (dolo ou não).

Por outro lado, nas instâncias penal e administrativa, é levada em consideração a culpabilidade do infrator para aplicação das sanções, conforme previsto no Artigo 2º, da Lei de Crimes Ambientais.

Art. 2º Quem, de qualquer forma, concorre para a prática dos crimes previstos nesta Lei, incide nas penas a estes cominadas, na medida da sua culpabilidade, bem como o diretor, o administrador, o membro de conselho e de órgão técnico, o auditor, o gerente, o preposto ou mandatário de pessoa jurídica, que, sabendo da conduta criminoso de outrem, deixar de impedir a sua prática, quando podia agir para evitá-la. (BRASIL, 1998, Capítulo I, Art. 2º)

Para verificar a medida da culpabilidade deste, é necessário demonstrar a ação ou omissão do réu na determinada situação que acarretou o crime ou dano ambiental, apresentando, ainda, o nexos de causalidade do caso, ou seja, as relações e o histórico de ações que resultou no dano. Na instância civil, apesar da responsabilidade pelo dano não depender da caracterização da culpa dos envolvidos, é igualmente necessária a comprovação do nexos de causalidade, ou seja, das condutas e relações entre os acusados e o dano.

Para tal, é necessário a realização da Perícia Ambiental, que terá como objetivo constatar a ocorrência do dano ou crime ambiental e qualificá-lo, dimensionando-o e eventualmente valorando-o, para que o juiz ou o ente responsável pelo processo, possa julgá-lo e atribuir uma penalidade.

3.3.1. A PERÍCIA

A perícia integra área do conhecimento denominada Ciência Criminalística, ou Ciência Forense, e compreende a aplicação da Ciência em investigações legais nas instâncias civil, criminal e administrativas (RUFFELL; MCKINLEY, 2005).

De acordo com Araújo (2017), a perícia pode ser definida como:

Exame realizado por técnico, ou pessoa de comprovada aptidão e idoneidade profissional para verificar ou esclarecer um fato, ou estado, ou a estimação da coisa, que é objeto de litígio ou processo, que com um deles tenha relação ou dependência, a fim de concretizar uma prova ou elemento que necessita a justiça para poder julgar. (ARAÚJO, 2017, p. 174).

A perícia consiste, portanto, em documento técnico utilizado para embasar a decisão /julgamento da autoridade legalmente constituída que o solicitou. Neste sentido, a perícia consiste em uma prova de determinado fato, denominada prova pericial, atuando com papel similar à prova testemunhal (ex: depoimento de uma vítima) e à prova material (ex: arma do crime).

A apresentação da prova pericial deve ser realizada por meio de documento formal, denominado laudo pericial, ou via parecer técnico, relatório técnico, e até mesmo, mediante

esclarecimentos presenciais do perito durante audiências, caso solicitado pelo juiz. Dessa forma, o laudo pericial é a materialização da perícia técnica, de forma que o documento deve apresentar as conclusões obtidas pelo perito e as respostas às questões colocadas pelas partes integrantes do processo, demonstrando os fatos, argumentos e fundamentos que o levaram a tais conclusões (ZOCHIO, 2010; QUEIROZ, 2014).

A perícia pode ser solicitada em todas as instâncias do Direito: Penal, Civil e Administrativa. Na esfera civil, regida pelo Novo Código de Processo Civil (Lei Federal nº 13.105 de 2015)(BRASIL, 2015) e pela Lei Federal nº 7.347/1985 (Lei da Ação Civil Pública)(BRASIL, 1985), as perícias possuem o objetivo de subsidiar os inquéritos civis, por exemplo, auxiliando na averiguação de denúncias efetuadas no Ministério Público, e na solução de Ações Civis Públicas (ACP) e Ações Populares.

A esfera penal, regida pelo Código de Processo Penal (Decreto-Lei nº 3.689 de 1941) e pelo Código de Processo Penal Militar, prevê a realização de perícia para as situações em que haja crime, sendo de igual importância à realização de corpo de delito e de autópsia.

Por fim, não está prevista, do ponto de vista legal, a realização de perícias na esfera administrativa, por não existir regulamentação jurídica nesta esfera, como ocorre com as esferas civil (CPC) e criminal (CPP). No entanto, para diferentes órgãos e em algumas situações, com especial destaque à área ambiental, a perícia é solicitada como um documento de apoio na tomada de decisão nessa instância do Direito.

Assim como descrito para a perícia de modo geral, a Perícia Ambiental pode ser solicitada nas esferas administrativa, civil e penal. Na civil, pode estar inserida em inquéritos civis, auxiliando na apuração de denúncias realizadas junto ao Ministério Público, ou auxiliando na condução de Ações Civis Públicas, sobretudo no caso de processos que envolvam a reparação de danos ambientais.

Nestes casos, a perícia ambiental pode auxiliar na orientação de ações de reparação de danos ambientais, apresentando, por exemplo, estimativa da extensão e magnitude dos danos, bem como proposta de valoração dos danos, para estabelecimento de uma pena pecuniária para sua reparação.

A perícia ambiental tem sido muito utilizada como orientação no desenvolvimento de Termos de Ajustamento de Conduta (TAC), que se caracterizam como instrumentos extrajudiciais legais, propostos pelo Ministério Público ou por outros órgãos públicos, como a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), a quem tenha cometido alguma infração ambiental, antes da instauração de um inquérito civil. Trata-se de um instrumento criado para solucionar a questão, antes de onerar a justiça com sua apuração e julgamento.

Na esfera penal, a perícia ambiental é solicitada quando existem dúvidas sobre a ocorrência de algum crime ambiental, tendo como objetivo verificar sua ocorrência e a extensão dos danos ambientais associados. Nesta instância, a perícia ambiental é regida, principalmente, pela Lei Federal nº 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais).

Como destacado anteriormente, ainda que a perícia não esteja prevista legalmente na instância administrativa, na área ambiental ela assessora a aplicação de multas aos infratores.

Nestes casos, a perícia é solicitada para embasar a tomada de decisão sobre o valor e demais particularidades da multa, evitando arbitrariedades.

Na instância administrativa, é comum também a realização de perícias extrajudiciais, normalmente associadas aos interesses de uma pessoa física ou jurídica, e não a uma demanda do juiz ou de um órgão público. A perícia pode ser realizada com o objetivo de questionar a aplicação de uma multa ambiental, averiguando sua ocorrência e a extensão dos danos imputados na infração, ou orientar o processo de ocupação de uma propriedade, destacando a existência de passivos ambientais, como convencionalmente realizado em estudos denominados *due diligences*.

Neste caso, não se trata de um processo formal e, portanto, a perícia não possui *status* de prova, sendo denominada, mais corretamente, como relatório ou parecer técnico. Esse documento pode, no entanto, embasar posteriormente os autos de um processo judicial, caso ocorra a judicialização da demanda.

3.3.2. O PERITO E O LAUDO PERICIAL

De acordo com Araújo (2017), o perito pode ser definido como: “[...] *auxiliar da justiça, que assessora o juiz na formação de seu convencimento, quando as questões em pauta exigem conhecimentos técnico-científicos específicos para elucidação dos fatos*” (Araújo, 2017, p. 179).

O Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (IBAPE), apresenta definição semelhante, afirmando ser o perito: “*Profissional legalmente habilitado, idôneo e especialista, convocado para realizar uma perícia*” (IBAPE, 2002, p. 17).

Na esfera penal, a realização da perícia é de responsabilidade dos peritos oficiais, integrantes dos Institutos de Criminalística, vinculados à Polícia Civil, no âmbito estadual; e da Polícia Federal, no âmbito federal. Na ausência de peritos oficiais, devem ser nomeados peritos com comprovada formação e experiência preferencialmente no assunto, conforme expresso no Código de Processo Penal (BRASIL, 1941):

Art. 159. O exame de corpo de delito e outras perícias serão realizados por perito oficial, portador de diploma de curso superior.

§ 1º Na falta de perito oficial, o exame será realizado por 2 (duas) pessoas idôneas, **portadoras de diploma de curso superior preferencialmente na área específica, dentre as que tiverem habilitação técnica relacionada com a natureza do exame.**

§ 2º Os peritos não oficiais prestarão o compromisso de bem e fielmente desempenhar o encargo. (BRASIL, 1941, grifo nosso)

Nestes casos, o perito é denominado **perito ad hoc**, já que foi nomeado pela autoridade competente para realização do exame, porém não compõem o corpo oficial de peritos do Estado/União. Cabe ressaltar, no parágrafo 1º, do Artigo 159, a possibilidade de o juiz nomear profissional que não necessariamente seja especialista no assunto, já que o dispositivo legal aponta como apenas uma preferência, e não uma exigência.

Na esfera civil, os peritos são nomeados em caráter oficial pelo juiz, podendo ainda ser indicados pelas partes envolvidas no processo judicial, como o Ministério Público. De acordo com o CPC (BRASIL, 2015), o juiz ou as partes podem convocar a realização de perícia, quando: “[...] a prova do fato depender de conhecimento técnico ou científico” (BRASIL, 2015, Art. 156, caput).

A indicação de um perito pode ser recusada pelo juiz, pelas partes envolvidas ou pelo próprio perito, caso verifique-se a ausência de conhecimento técnico-científico suficiente para a execução da perícia, conforme exposto nos Artigos 467 e 468 do CPC (BRASIL, 2015):

Art. 467. O perito pode escusar-se ou ser recusado por impedimento ou suspeição.

Parágrafo único. O juiz, ao aceitar a escusa ou ao julgar procedente a impugnação, nomeará novo perito.

Art. 468. O perito pode ser substituído quando:

I – faltar-lhe conhecimento técnico ou científico;

II – sem motivo legítimo, deixar de cumprir o encargo no prazo que lhe foi assinado. (BRASIL, 2015)

Nesse sentido, não existe uma profissão específica de perito ambiental ou formação profissional que o perito necessite ter para elaboração de um laudo pericial, desde que comprovada a experiência no tema em discussão. Ainda assim, vale destacar que alguns órgãos, como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA)²⁰ e os Conselhos de Classe, apresentam algumas orientações aos profissionais que atuam nessa área.

Uma vez instaurado um processo judicial na instância civil ou penal, a realização da prova pericial poderá ser solicitada pelas partes integrantes do processo ou pelo juiz, caso julgue necessário à compreensão da situação em litígio.

Após a nomeação do perito, o juiz emite documento denominado despacho saneador, no qual descreve os objetivos da prova pericial, apresentando síntese do fato contravertido que motivou a solicitação da perícia, e eventualmente, os quesitos a serem respondidos. Estes podem ser definidos como as questões a serem respondidas pelo perito, colocadas pelo juiz ou pelas partes que integram o processo, autor(es) e réu(s).

Na maioria das vezes, no entanto, o juiz não apresenta quesitos, fixando apenas o ponto contravertido a ser respondido pelo perito. De acordo com Queiroz (2014) esta situação está relacionada à uma cautela do magistrado em não limitar as respostas e o olhar do perito durante as diligências e na elaboração do laudo pericial, para ter uma visão mais geral do caso. Pode ser atribuído, também, à ausência de conhecimentos técnicos no assunto por parte da

²⁰ O IBAMA apresenta o Cadastro Técnico Federal (CTF) de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental (CTF/AIDA), no qual são cadastradas as atividades de consultoria técnica ou outras (como a fabricação e comércio de equipamentos de medição de atividades poluidoras) e a formação profissional da pessoa cadastrada. O Anexo II da Instrução Normativa nº 10 de 27/05/2013 (IBAMA, 2013), que regulamenta o cadastro, são apresentadas as profissões e as respectivas atividades que podem ser exercidas e registradas.

autoridade, sendo preferível deixar o perito livre para abordar as questões mais relevantes do caso.

Tendo em vista que o laudo pericial consiste em corpo de prova (prova pericial), influenciando na sentença do processo judicial, os quesitos são geralmente formulados com muito cuidado pelas partes envolvidas na Ação, buscando orientar a resposta do perito na direção desejada por uma das partes. Em ações judiciais envolvendo aspectos técnicos, os advogados usualmente solicitam a participação de seus assistentes técnicos em sua elaboração.

De acordo com Zocchio (2010) os quesitos são estruturados seguindo um discurso narrativo, com perguntas mais gerais no início até questões mais específicas ao final até que se responda à questão chave da demanda. Essa estrutura visa, também, detectar contradições nas respostas do perito, já que todas as questões estão conectadas.

No laudo pericial, o perito pode se abster de responder algum quesito, caso acredite que exceda sua função. São os casos, geralmente, que envolvem a compreensão da legislação ambiental ou processual civil por parte do perito, que deve se limitar aos aspectos técnicos e estritamente citar a legislação, mas não a interpretar. Segundo Zocchio (2010) esses casos são comuns, pois trata-se de recurso de linguagem frequentemente adotado pelos advogados, denominado *debreament*, no qual os quesitos visam colocar o perito em posição que exceda sua competência ou suas possibilidades de análise temporal e espacial, fazendo com que este extrapole o âmbito da argumentação fundamentada e adentre a esfera da opinião.

Nesses casos, quando os quesitos solicitem a resposta para algo além da compreensão técnica do perito, que exija utilização de técnicas dispendiosas ou não previstas inicialmente, ou que simplesmente seja impossível de responder por ausência de vestígios no local; o perito pode escusar-se, descrever o quesito como prejudicado e, eventualmente, apresentar recomendações para sua solução. O juiz pode, também, indeferir os quesitos considerados impertinentes.

Após a realização do laudo pericial podem, ainda, ser apresentados quesitos suplementares pelas partes, que devem ser respondidos pelo perito, quando pertinente, em documento complementar ou durante a audiência judicial.

As diligências realizadas pelo perito, como a vistoria técnica, podem ser acompanhadas por assistente técnico. Trata-se de especialista indicado pelas partes envolvidas na ação judicial, responsável pelo acompanhamento das atividades do perito, naquilo que lhe couber, assim como pela elaboração de parecer técnico divergente, quando forem questionadas as conclusões e técnicas utilizadas pelo perito. A figura do assistente técnico visa criar a oportunidade de instauração do contraditório no aspecto técnico das ações judiciais (ZOCCHIO, 2010).

Por exemplo, é frequente o questionamento por parte dos assistentes técnicos, das técnicas utilizadas pelos peritos envolvendo a fotointerpretação de fotografias aéreas históricas e imagens de satélite, e a respectiva análise evolutiva de uma área objeto de dano ambiental associado ao desenvolvimento de um processo do meio físico em decorrência de atividades antrópicas, como uma voçoroca ou um escorregamento. Nesses casos, o assistente

técnico descreve no respectivo parecer técnico divergente, suas ressalvas em relação às técnicas adotadas pelo perito e as conclusões apresentadas no laudo pericial. Além do questionamento, tais pareceres geralmente apresentam as análises e resultados obtidos pelo assistente técnico, bem como solicitações de complementação ou correção do laudo pericial.

Na realização da perícia, portanto, o perito deve utilizar metodologia fundamentada, que permita a rastreabilidade dos documentos utilizados e a reprodução dos procedimentos adotados. Tal rastreabilidade é também denominada de cadeia de custódia, considerada um aspecto fundamental de qualquer perícia. Esta consiste na documentação de todos os procedimentos e informações utilizadas na realização da perícia, ou seja, sua rastreabilidade, assegurando a integridade e a qualidade do exame pericial. Envolve, ainda, a utilização de procedimentos com comprovada qualidade, métodos de amostragem, utilização de laboratórios e análises com acreditação ou de acordo com as normas de qualidade vigentes, por exemplo.

Tendo em vista a importância desempenhada pela metodologia, que pode ser de fundamental importância na sustentação de um laudo pericial quando questionada pelas partes e em sua posterior utilização pelo juiz na decisão do caso, os procedimentos técnicos e a metodologia utilizada compõem um dos principais itens de um laudo pericial, assim como:

Art. 473. O laudo pericial deverá conter:

I - a exposição do objeto da perícia;

II - a análise técnica ou científica realizada pelo perito;

III - **a indicação do método utilizado**, esclarecendo-o e demonstrando ser predominantemente aceito pelos especialistas da área do conhecimento da qual se originou;

IV - resposta conclusiva a todos os quesitos apresentados pelo juiz, pelas partes e pelo órgão do Ministério Público.

§ 1º No laudo, **o perito deve apresentar sua fundamentação em linguagem simples e com coerência lógica, indicando como alcançou suas conclusões.**

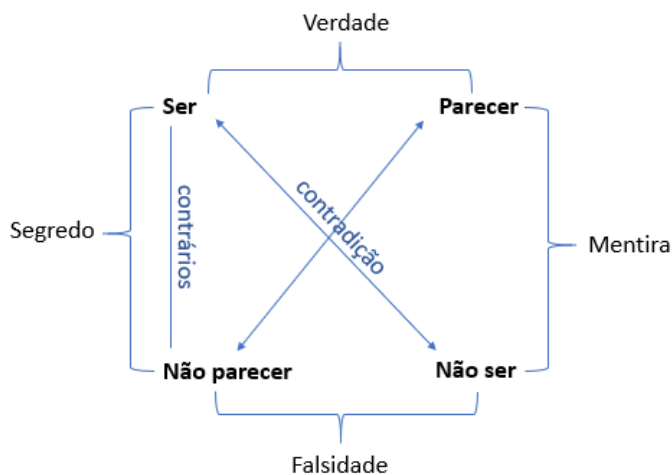
§ 2º É vedado ao perito ultrapassar os limites de sua designação, bem como emitir opiniões pessoais que excedam o exame técnico ou científico do objeto da perícia.

§ 3º Para o desempenho de sua função, o perito e os assistentes técnicos **podem valer-se de todos os meios necessários**, ouvindo testemunhas, obtendo informações, solicitando documentos que estejam em poder da parte, de terceiros ou em repartições públicas, bem como **instruir o laudo com planilhas, mapas, plantas, desenhos, fotografias ou outros elementos necessários** ao esclarecimento do objeto da perícia. (BRASIL, 2015 - CPC, Capítulo XII, Seção X)

Nesse dispositivo legal, é ressaltado o papel da linguagem adotada pelo perito, que deve ser acessível às partes e, sobretudo, ao juiz, interessado nas conclusões obtidas pela perícia para embasar sua decisão. A função do perito é, assim, responder aquilo que o juiz e as partes desejam saber, adaptando no laudo pericial a linguagem essencialmente técnica a um vocabulário que seja compreensível aos agentes ao qual este é dirigido, sem que a

objetividade e a exatidão sejam perdidas. A Figura 13, a seguir, apresenta um quadro semiótico, que retrata os objetivos do discurso e posição dos agentes envolvidos em uma ação judicial.

Figura 13 - Quadro semiótico do discurso envolvido em perícias



Fonte: Adaptado de ZOCHIO (2010)

O perito atua na lateral da verdade, buscando responder aquilo que o juiz quer saber e convencê-lo de que aquilo que parece ser, de fato o é. O juiz igualmente atua nessa lateral, pois busca pela verdade para proferir sua decisão. O assistente técnico, por sua vez, pode atuar na lateral do segredo ou da falsidade, omitindo informações importantes a fim de favorecer seu cliente ou convencer o juiz de que as afirmações do perito “não parecem” e “não são” a verdade. De todos os modos, os peritos e assistentes técnicos não devem atuar na lateral da mentira, no qual predomina o discurso do “parece, mas não é” (ZOCHIO, 2010).

3.3.3. INSERÇÃO DA PERÍCIA AMBIENTAL NA INSTÂNCIA CIVIL: O DANO AMBIENTAL E A RESPONSABILIDADE CIVIL

Para participação de uma perícia ambiental na instância civil e, conseqüentemente, elaboração do laudo pericial, é necessário que o perito compreenda os conceitos de dano ambiental e de responsabilidade civil. É importante, também, que ele compreenda o lugar da perícia no rito processual associado às ações judiciais ambientais, em especial, as Ações Cíveis Públicas e Ações Populares. Diante dos objetivos da pesquisa, serão enfocados apenas os conceitos e procedimentos processuais concernentes à instância civil, envolvendo a apuração e responsabilização pelo dano ambiental.

Na esfera civil, a tutela do meio ambiente está essencialmente preocupada com a reparação do dano ambiental. Quatro conceitos são fundamentais nessa instância: o conceito de dano ambiental, o princípio do poluidor-pagador, as responsabilidades civis e o conceito de reparação de danos ambientais.

De acordo com Veyret (2012), dano ambiental pode ser concebido como qualquer forma de degradação ambiental, perda de capital natural e dano causado às pessoas ou aos

seus bens devido à exploração de um recurso ambiental. Os danos podem ser causados por diversas atividades, como a emissão de poluentes, disposição irregular de resíduos, extração de recursos não-renováveis, etc.

Para Milaré (2011), importante jurista do Direito Ambiental, o conceito de dano ambiental pode ser definido como: “[...] a lesão aos recursos ambientais, com conseqüente degradação – alteração adversa ou in pejus – do equilíbrio ecológico e da qualidade de vida”. (Milaré, 2011, p. 1119).

O autor destaca duas esferas do dano ambiental: (i) o dano envolve a degradação de um recurso natural, do patrimônio histórico-cultural e artístico, e de recursos artificiais e culturais; (ii) o dano ambiental pode ter uma expressão coletiva (dano ambiental coletivo) ao apresentar conseqüências para toda a coletividade, ou uma expressão individual, lesando terceiros/indivíduos específicos (dano ambiental individual ou dano ricochete/reflexo).

A legislação ambiental brasileira não apresenta uma definição específica para este conceito, compreendendo-o como uma mistura dos conceitos de degradação ambiental e de poluição, cujos significados estão definidos na Lei Federal nº 6.831 de 1981, referente à Política Nacional de Meio Ambiente, conforme exposto a seguir.

Art. 3º - Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:

I - meio ambiente, o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas;

II - **degradação da qualidade ambiental, a alteração adversa das características do meio ambiente;**

III - **poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:**

a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;

c) afetem desfavoravelmente a biota;

d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;

e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos;

IV - poluidor, a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, **responsável, direta ou indiretamente**, por atividade causadora de degradação ambiental; [...] (BRASIL, 1981, grifo nosso).

O conceito de poluidor é concebido como a pessoa física ou jurídica, responsável direta ou indiretamente pelo dano ambiental. Tal conceito está associado ao princípio do poluidor-pagador ou da responsabilização pela poluição, segundo o qual o agente responsável pela degradação é obrigado a corrigir ou reparar o ambiente, independentemente da existência de culpa (MUKAI, 2002).

O princípio do poluidor-pagador compõe a tríade dos princípios fundamentais do Direito Ambiental, ao lado do Princípio da Prevenção e do Princípio da Cooperação²¹ (MUKAI,

²¹ O Princípio da Prevenção está associado à preferência em adotar, prioritariamente, medidas que evitem a ocorrência de danos ao meio ambiente, orientando-se primeiramente à prevenção dos danos. O Princípio da

2002). No Direito, os princípios desempenham papel de grande importância, pois regem o julgamento do juiz e devem ser atendidos em um Estado de Direito.

O Art. 14 da Política Nacional de Meio Ambiente, contempla o princípio de poluidor-pagador, conforme transcrito abaixo.

Art. 14 - Sem prejuízo das penalidades definidas pela legislação federal, estadual e municipal, o não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção dos inconvenientes e danos causados pela degradação da qualidade ambiental sujeitará os transgressores:

[...]

§ 1º - **Sem obstar a aplicação das penalidades previstas neste artigo, é o poluidor obrigado, independentemente da existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade.** O Ministério Público da União e dos Estados terá legitimidade para propor ação de responsabilidade civil e criminal, por danos causados ao meio ambiente. [...] (BRASIL, 1981, grifo nosso).

A independência da culpa na obrigatoriedade de reparar ou indenizar pelo dano ambiental está associada à responsabilidade civil objetiva (MUKAI, 2002). De acordo com este conceito, o agente responsável, direta ou indiretamente pelo dano ambiental é obrigado a reparar ou indenizar pelo dano, independentemente de ter culpa (intenção), desde que comprovado o nexo de causalidade, ou seja, as relações existentes entre a ação, ou omissão, do agente e o dano ocorrido.

A responsabilidade objetiva se difere da responsabilidade subjetiva, que considera a análise da culpa do agente, se intencional (dolo) ou por imperícia, imprudência e negligência (culpa). A responsabilidade subjetiva é contemplada na instância penal e utilizada como parâmetro na responsabilização por crimes ambientais, conforme estabelecido pela Lei Federal nº 9.605 de 1998 (Lei de Crimes Ambientais).

A responsabilidade civil objetiva desconsidera, ainda, excludentes de ilicitude, seguindo a Teoria do Risco Integral, ou seja, a licitude da atividade ou de uma empresa não serve como argumento para eximi-la da responsabilidade pelo dano, de forma que o agente promotor do dano não pode argumentar a regularidade de suas licenças ambientais e da documentação da empresa para livrar-se da responsabilização. Também não estão contemplados argumentos sobre a ocorrência de ações de força maior da natureza como escusa da obrigação de reparar ou indenizar pelo dano (MUKAI, 2002).

Outro conceito fundamental em relação ao dano ambiental é a responsabilidade solidária, que autoriza a exigência de reparação ou indenização do dano ambiental de um, alguns ou todos os agentes responsáveis direta ou indiretamente por ele, desde que comprovada sua participação no nexo de causalidade envolvendo sua ocorrência.

Cooperação, por sua vez, refere-se ao papel do Estado e da sociedade de atuar de forma cooperativa na resolução de problemas de ordem ambiental.

Na esfera judicial, a responsabilização pelo dano se dá, principalmente, por meio da Ação Civil Pública (ACP), regida pelo Código de Processo Civil (BRASIL, 2015) e pela Lei de Ação Civil Pública (Lei nº 7.347 de 1985)(BRASIL, 1985). De acordo com estes dispositivos legais, a ACP pode ser promovida pelo Ministério Público, responsável pela tutela dos direitos previstos na Constituição Federal; pela Defensoria Pública; pela União, Estados e Municípios; por autarquias e sociedades mistas; assim como, por associações, desde que atingidas as condições previstas em lei.

As ACPs não são passíveis de promoção por cidadãos, para os quais existe a Ação Popular, conforme Lei Federal nº 4.717 de 1965, as quais o Ministério Público deve acompanhar, viabilizando a produção das provas e responsabilizações.

O procedimento jurídico convencional de uma Ação Civil Pública envolve a instauração da ACP por meio de peça denominada Petição Inicial, feita pelo autor da Ação, na qual ele expõe ao juiz os fatos que motivaram o processo, sua fundamentação jurídica e os pedidos que deseja ver atendidos. Ao acolhê-la, o juiz realiza despacho, contendo a citação dos réus e a intimação do Ministério Público, caso este não seja seu autor. Os réus apresentam documento de defesa, denominado Contestação. Tanto a Inicial, quanto a Contestação, podem ser embasadas em pareceres técnicos visando comprovar a argumentação das partes envolvidas.

Dependendo do caso, as partes ou o juiz podem solicitar a realização de prova pericial, a qual o juiz decidirá ou não ser necessária. Caso solicitada, é feita a nomeação do perito, estipulado os honorários periciais e apresentado o prazo para sua realização. Neste documento, denominado despacho saneador, o juiz apresenta, ainda, o fato contravertido que deverá ser o objetivo da perícia, e se julgar necessário, os quesitos a serem respondidos pelo perito.

As partes são intimadas a apresentarem seus quesitos, se tiverem interesse, bem como indicar os respectivos assistentes técnicos que acompanharão as diligências realizadas pelo perito e que, se pertinente, apresentarão parecer divergente do laudo pericial.

Após a apresentação do laudo pericial e de todas as provas necessárias, e anteriormente à decisão do juiz, pode ser solicitada a realização de audiência de conciliação, com o objetivo de estabelecer algum acordo entre as partes. Caso tal acordo não seja atingido, o juiz profere sua decisão, expressa na sentença, com base nos fatos expostos, no laudo pericial e, eventualmente, em demais documentos técnicos (Figura 14).

Figura 14 - Principais etapas e documentos que compõem uma Ação Civil Pública



Fonte: Elaborado pela autora

Como resultado da ação, os agentes responsabilizados pelo dano podem ser sentenciados a: (i) indenizar uma soma em dinheiro; (ii) a cumprir a obrigação de fazer (ex: recuperação ou reabilitação do local); (iii) a cumprir a obrigação de não fazer (ex: não poluir, não liberar efluentes, etc.); e (iv) restaurar o ambiente na qualidade semelhante ao estado original (*status quo anti*). As sentenças e decisões, evidentemente, irão variar conforme as particularidades da causa, de forma que outras ações poderão ser estabelecidas ao perdedor.

A perícia ambiental, portanto, é o documento que irá embasar as decisões apresentadas na sentença. Caso o laudo não esteja bem fundamentado, objetivo e não responda os quesitos apresentados pelas partes e pelo juiz, ele poderá ser impugnado por estas e, inclusive, atestada a imprestabilidade da perícia. Acima de tudo, caso o laudo não apresente a clareza necessária sob a ótica do juiz, ele poderá ser desconsiderado no momento da decisão, deixando de atender aquilo que lhe esperado primordialmente: o esclarecimento dos fatos, auxiliando na convicção do juiz.

3.4. INCOERÊNCIAS CONCEITUAIS E DE CATEGORIAS DA GEOMORFOLOGIA

Outro aspecto fundamental na perícia ambiental em geral, e sobretudo aplicada aos processos do meio físico, é a clareza na definição e utilização dos conceitos próprios do campo.

No âmbito das ciências da terra, são frequentes as incoerências nas definições e usos de alguns conceitos, particularmente quanto à sua expressão espacial. Esse quadro pode ser

observado em instrumentos técnicos e de gestão territorial, como a legislação ambiental, mas inclusive, na própria literatura do campo (DYLIK, 1968; RODRIGUES, 1997).

Rodrigues (1997), em sua tese, levantou como hipóteses a subutilização ou o desconhecimento do referencial da geomorfologia nos documentos e trabalhos técnicos de planejamento ambiental.

Com base na análise da legislação ambiental brasileira, de EIAs e RIMAs de empreendimentos hidrelétricos, bem como, de instrumentos técnicos, como as cartas geotécnicas, Rodrigues (1997) confirmou suas hipóteses e verificou que a subutilização do conhecimento geomorfológico possui dois aspectos: um primeiro referente à uma concepção limitada e, por vezes, equivocada do escopo da disciplina nos instrumentos técnicos e de gestão, como observado nas cartas geotécnicas. Na observação dos instrumentos técnicos, a autora constatou uma concepção simplificada da disciplina e de seu objeto de estudo, reduzida às características da topografia de um local ou apenas aos aspectos morfológicos (formas do relevo).

O segundo aspecto refere-se à utilização de diferentes significados para termos recorrentes nos processos de planejamento, como os conceitos de erosão, vertentes, encostas, entre outros. Tal problema em relação à terminologia seria um indicativo do desconhecimento do escopo e das possibilidades da disciplina.

As causas deste desconhecimento e subutilização podem ser associadas, até certa medida, às limitações do processo de trabalho no planejamento físico-territorial, como prazos, recursos técnicos e humanos incompatíveis e a falta de capacitação profissional dos agentes envolvidos no processo.

O tratamento da questão ambiental e de instrumentos técnicos como mercadoria, a exemplo de EIAs e RIMAs, e a existência de um interesse de consultorias, órgãos de classe e empresários em manter a superficialidade com relação aos conceitos, metodologias e técnicas adotadas, foi outra razão levantada por Rodrigues (1997). O aumento do rigor científico implicaria maior exigência dos órgãos ambientais e fiscalizadores, cenário desfavorável a este mercado estabelecido.

Em artigo mais recente, Rodrigues (2015) retoma a importância das definições dos conceitos e concepções da geomorfologia, ao avaliar os instrumentos de gestão atuantes sobre as planícies fluviais brasileiras, especificamente, as planícies fluviais da bacia hidrográfica do Alto Tietê e o caso da Área de Proteção Ambiental (APA) Várzea do Tietê.

Para a autora, os instrumentos de gestão e, em especial, a legislação ambiental brasileira, carecem de conceitos e de referências geográficas precisos, que acabam por dificultar a identificação de passivos ambientais históricos e por criar jurisprudências que enfraquecem ainda mais os marcos regulatórios.

De acordo com a autora, apesar da legislação ter como referência espacial conceitos e conteúdos da geomorfologia, como observado nas definições das Áreas de Preservação Permanente que constam nos Códigos Florestais de 1965 e 2012; existem incoerências nos conceitos e nas categorias utilizadas, sobretudo em relação ao seu reatamento espacial.

No caso das APPs, por exemplo, a utilização de faixas de um número “x” de metros a partir do leito regular do curso d’água, não abrange a delimitação espacial dos sistemas fluviais, desconsiderando a planície de inundação e seus baixos terraços, a dinâmica dos canais fluviais e a formação de lagos temporários.

Por outro lado, a inclusão dos sistemas fluviais em sua totalidade significaria a proteção dos solos, nascentes, rios e bacias hidrográficas em sua dinâmica original, garantindo o direito constitucional do meio ambiente equilibrado.

Esta problemática pode ter seu cerne nas inspirações internacionais da legislação ambiental brasileira que foram pautadas por parâmetros baseados em outros meios morfoclimáticos, distintos dos meios tropical úmido, semiúmido e semiárido; assim como, abarcando intervenções antrópicas diferentes das observadas no caso brasileiro (RODRIGUES, 2015).

A autora descreve esta situação de incoerências conceituais como um quadro nebuloso e de dúvidas na aplicação espacial destes marcos regulatórios, que pode resultar na criação de jurisprudências para se replicarem equívocos e transgressões ambientais. Sobretudo no cenário atual, com canais fluviais e planícies fortemente descaracterizadas, desprovidas de sua configuração original, e com as dificuldades em reconhecer seus remanescentes e o grau de conectividade destes sistemas, principalmente em meio urbano.

Tal cenário é agravado por discursos de interesses econômicos e, por vezes, sanitaristas, acerca da insalubridade e dos riscos associados aos rios e às planícies de inundação; assim como pela fragmentação espacial, concreta e no discurso, que configuram as ferramentas mais potentes na desconstrução do argumento ambiental e da valorização dos atributos e dos serviços ambientais.

Por fim, Rodrigues (2015) defende a necessidade de tornar operacionais estes conceitos provenientes da geomorfologia, e seu reatamento espacial, para então incluí-los nos instrumentos técnicos adequados e nas capacitações de perícias para fiscalização, licenciamento, recuperação e identificação de passivos ambientais.

No plano internacional, cabe destacar as contribuições de Dylík (1968) e de Gregory e Lewin (2015, 2018) acerca do desenvolvimento e apropriação dos conceitos da geomorfologia. O artigo de Jan Dylík (1968) é considerado como uma das principais referências desta discussão, no qual o autor discorre a respeito do conceito de “*slope*” (vertente) e sua compreensão na disciplina.

Apesar da importância atribuída ao estudo das vertentes na geomorfologia, envolvendo a investigação dos processos atuantes nestes sistemas e das formas que deles resultam, o autor destaca a ausência de definições precisas sobre o conceito e seu significado na disciplina. Para o autor, esta ausência de conceituação, diante dos inúmeros e então aprofundados estudos desenvolvidos na área, demonstra que o conceito é tomado como algo *a priori*, previamente definido e cuja conceituação não se faz necessária.

Para demonstrar tal hipótese, o autor cita diversos glossários e bibliografias, dentre os quais apenas dois dicionários, um americano e outro russo, apresentam definições específicas

do termo (*Glossary of Geology and related Sciences*, 1962 e *Geologicheskly slovar*, 1955). Ainda assim, segundo o autor, estas definições seriam concisas e pobres em substância, não abarcando a complexidade inerente ao termo.

Também Gregory e Lewin (2015) destacam a importância dos conceitos nas pesquisas geomorfológicas, ainda que estes sejam raramente analisados. Para os autores, a evolução da disciplina ocorreu evitando tais discussões que, no entanto, se mostram favoráveis no momento atual.

Segundo esses autores, tal esforço se faz necessário com base em dois argumentos principais: (i) a necessidade, inerente à qualquer área do conhecimento, de conhecer os conceitos que se mantiveram intactos e aqueles que evoluíram com o desenvolvimento da disciplina, possibilitando a compreensão de seus paradigmas, rumos e desafios; e (ii) no caso específico da geomorfologia, esta clareza se mostra fundamental, diante da troca de conceitos com outras disciplinas, sobretudo, aquelas envolvidas diretamente com o planejamento territorial. Eles defendem a importância da reflexão acerca da definição dos conceitos, em oposição à prática corrente, de sua utilização como pressupostos ou princípios precursores da pesquisa.

Na geomorfologia, este esforço se mostra ainda mais urgente diante do cenário atual da disciplina, com grande enfoque na previsão de tendências futuras, sobretudo associadas às mudanças ambientais e aos riscos geomorfológicos, que necessitam de uma base clara e bem definida no exercício de estabelecer prognósticos e previsões.

Para Gregory e Lewin (2015), a ausência da participação da geomorfologia em importantes debates atuais, como as mudanças climáticas, e ausência de geomorfólogos nos relatórios do IPCC, tem demonstrado que a disciplina ainda não conseguiu tornar seu discurso acessível, claro e atraente à profissionais de outras ciências, ou aos profissionais envolvidos no planejamento e gerenciamento territorial. Esta ausência pode ser atribuída, também, entre outros aspectos, às dificuldades da disciplina de apresentar resultados concretos e de divulgá-los aos demais profissionais e à sociedade.

Neste contexto, Rodrigues (1997) aponta, também, tal lacuna relacionada à difusão do conhecimento produzido pela geomorfologia. A autora indica a importância do aprimoramento na divulgação da geomorfologia na Universidade e demais instituições de pesquisa, e a necessidade de formar maior número de profissionais na área.

Por outro lado, é importante reconhecer a existência atual de diversos glossários, dicionários e enciclopédias de termos das ciências da terra e, em especial, da geomorfologia, bem como de artigos dedicados à apresentação das bases conceituais da disciplina. Ainda assim, nesses documentos, dadas as diferentes orientações dos autores e enfoques realizados, as definições podem variar, de forma que alguns conceitos podem apresentar um leque maior de definições.

Outro aspecto importante é que tais glossários e dicionários são, muitas vezes, direcionados para profissionais da área, não fazendo referência à abordagem sistêmica ou ressalvas com relação às escalas espaciais e temporais adotadas e às técnicas utilizadas.

Nesse sentido, no campo da perícia ambiental aplicada aos processos do meio físico, na qual atuam especialistas com formações diversas, é premente a necessidade de fomentar publicações com tais objetivos, voltadas não apenas aos peritos, mas também aos demais agentes envolvidos em tais avaliações, como assistentes técnicos, advogados e, principalmente, os juízes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da pesquisa são apresentados em duas partes:

- A primeira, contém os termos extraídos da análise dos 60 Acórdãos de recursos de apelação de processos judiciais ambientais, de autoria dos Desembargadores da 1ª Câmara Reservada ao Meio Ambiente, obtidos por meio da pesquisa de jurisprudência e selecionados conforme os critérios descritos na metodologia da pesquisa;
- A segunda, apresenta os termos selecionados a partir da análise dos 32 processos judiciais, extraídos para investigação quanto ao significado dos conceitos à luz da geomorfologia e da Geologia, e sua apropriação nos processos judiciais analisados;

É importante destacar que a escolha por iniciar a apresentação dos resultados com a análise dos acórdãos tem uma dupla finalidade. Primeiramente essa ordem faz-se necessária já que a pesquisa de jurisprudência foi realizada a partir dos acórdãos, de modo que a sua leitura prévia possibilitou a seleção das 32 ações judiciais para detalhamento da análise. Em segundo lugar, a leitura dos acórdãos é de fundamental importância pois trata-se do documento que sintetiza a compreensão do magistrado acerca da terminologia empregada no processo e das definições atribuídas a ela, sobretudo, nos documentos técnicos que embasaram os respectivos processos. Assim, sua leitura inicial permitiu detectar de antemão os termos com melhor compreensão e apropriação e aqueles mais problemáticos.

Em relação a segunda parte, ressalta que sua forma de apresentação é fixa em relação aos universos de análise (erosão e assoreamento, movimento de massa, inundação e risco geomorfológico) e aos respectivos termos.

Para cada universo, é apresentado inicialmente um balanço contendo: (i) o número de trechos selecionados dos processos judiciais relativos aos termos que compõem o grupo; (ii) os documentos nos qual os trechos foram extraídos (peça judicial) e (iii) o contexto no qual este se encontra, ou seja, em qual contexto e com qual objetivo o termo foi utilizado.

Para fins de sistematização, os contextos foram resumidos em sete categorias. A Tabela 4 apresenta breve descrição das respectivas categorias e exemplos retirados das ações judiciais analisadas.

Tabela 4 - Descrição e exemplos das categorias referentes aos contextos de utilização dos termos nas ações judiciais

Contexto	Descrição	Exemplo de trecho
Causas	Contextos que abordam as causas do dano ambiental	“Desta forma, entendemos que o encharcamento da porção superior do solo do talude ocasionou forte acréscimo de carga, promovendo o cisalhamento desta porção superior, e em consequência seu escorregamento, trazendo consigo a tubulação de esgoto da SABESP.” (Processo nº 0006455-36.2011.8.26.0053, Comarca de São Paulo, 3ª Vara da Fazenda Pública, Parecer técnico, f. 225). Universo de análise: Movimento de Massa

Contexto	Descrição	Exemplo de trecho
Responsabilidades	Trechos que versam sobre a reponsabilidade pelo dano ambiental	“Sem sombra de dúvidas, o presente caos erosivo encontrado na área advém da implantação do empreendimento [...] da represa da Fazenda São Vicente e um dos braços do Reservatório Paulo de Paiva Castro, passíveis de assoreamento, dada a grave situação apresentada.” (Processo nº 0001867-24.1999.8.26.0338, Comarca de Mairiporã, 1ª Vara Cível, Laudo pericial, f. 740). Universo de análise: Erosão e assoreamento.
Reparação de Danos Ambientais	Trechos contendo sugestões de mitigação, recuperação ou reparação dos danos ambientais	“Em vista das causas retro apontadas, a prevenção de novos transbordamentos pressupõe, necessariamente: a) o desassoreamento, drenagem e recuperação da calha do Rio Atibaia [...] cujas obras, uma vez implementadas, terão não apenas eficácia preventiva, mas também reparatória/corretiva sobre uma das principais causas das enchentes (redução da capacidade hidráulica do Rio Atibaia).” (Processo nº 0010486-51.2010.8.26.0048, Comarca de Atibaia, 2ª Vara Cível, Petição inicial, f. 11). Universo de análise: Inundação.
Previsão e Riscos	Trechos com previsões sobre a ocorrência de danos ambientais relacionados à atividade desenvolvida ou que abordam os riscos gerados por ela	“No caso, a não implementação das medidas reclamadas favorece e agrava os problemas decorrentes das enchentes, afeta a estabilidade geológica do local, coloca em risco a vida e a saúde da população e causa danos inestimáveis ao meio ambiente. Desnecessário aqui lembrar, porquanto notório o fato, que em época de chuvas tal risco aumenta sobremaneira.” (f. 306). (Processo nº 0000008-32.2012.8.26.0268, Comarca de Itapeperica da Serra, 3ª Vara Cível, Acórdão de recurso de apelação, f. 306). Universo de análise: Inundação.
Contextualização	Trechos contendo a contextualização do dano ambiental, como a atividade exercida ou a caracterização da área em litígio	“As características morfológicas da bacia, definidas por fortes declividades dos terrenos e do leito do rio, principalmente nos seus trechos superior e médio até próximo da cidade de Eldorado, são determinantes dos tempos de concentração do escoamento superficial, que tendem a ser relativamente reduzidos, propiciando picos de enchentes bastante pronunciados.” (Processo nº 0006463-21.2006.8.26.0495, Comarca de Registro, 1ª Vara Cível, Parecer técnico, f. 331). Universo de análise: Inundação.
Técnicas	Trechos nos quais são abordadas ou questionadas as técnicas utilizadas em pareceres técnicos e laudos periciais.	“Em resposta aos quesitos elaborados pela Prefeitura Municipal, página 13-14, o perito informa por várias vezes que não foi possível identificar os locais onde estão os principais focos do assoreamento, devido ao lago estar cheio. Ou seja, a vistoria ficou limitada as impressões do perito, sem que houvesse, ao menos, uma simples verificação da altura do banco de areia na saída das tubulações de água pluvial por meio de estacas ou varejão.” (Processo nº 0010464-63.2012.8.26.0099, Comarca de Bragança Paulista, 4ª Vara Cível, Parecer técnico, f. 736). Universo de análise: Erosão e assoreamento.

Contexto	Descrição	Exemplo de trecho
Perícia	Trechos que versam sobre a formação profissional do perito ou sobre o conteúdo do laudo pericial	“E as respostas apresentadas aos quesitos complementares feitos pelo Ministério Público, quando respondidos, foram feitos de forma lacônica, a exemplo da resposta objeto do item 2.1. de fls. 1306 dos autos originais – Doc. 9.” (Processo nº 0010369-09.2007.8.26.0099, Comarca de Bragança Paulista, 2ª Vara Cível, Razões de Agravo de Instrumento, f. 1504). Universo de análise: Erosão e assoreamento.
Legislação	Trechos abordando a legislação relacionada ao tema	“O instituto da APP já vinha previsto no primeiro Código Florestal de 1934, passou por longo processo de aperfeiçoamento na vigência da Lei n. 4.771/1965, persistindo sua obrigatoriedade no diploma vigente - Lei n. 12.651/2012. Em termos legais, tem a função de ‘preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas’ (art. 3º, inc. II). Sua criação objetiva, em síntese, a proteção de fragilidades ambientais.” (Processo nº 0005044-16.2000.8.26.0223, Comarca de Guarujá, 2ª Vara Cível, Acórdão de recurso de Apelação, p. 12). Universo de análise: Risco geomorfológico.

Na sequência, ainda na segunda parte, a apresentação e análise dos resultados para cada termo, dentro dos respectivos universos amostrais, se encontra dividida em três partes:

- (i) a definição do conceito de acordo com a geomorfologia, com base nas definições extraídas da bibliografia de referência (glossários, dicionários e enciclopédias) e da literatura especializada. As definições são apresentadas em um quadro único, seguidas de breve discussão entre as concepções dos autores;
- (ii) a definição recomendada do termo, tendo como base a análise crítica das definições sistematizadas no item anterior e os pontos convergentes entre elas;
- (iii) avaliação da apropriação do termo nas ações judiciais analisadas, a partir da análise dos trechos extraídos contendo o termo e o significado associado a este no contexto no qual é apresentado.

Ainda no âmbito de cada universo de análise, são apresentadas, ao final, considerações sobre a correspondência entre a compreensão do termo à luz da geomorfologia e de sua apropriação nos processos judiciais, buscando responder às seguintes questões, conforme exposto previamente na metodologia (ver item 2.3):

- Qual é a compreensão dos termos nos processos judiciais? Ela é compatível ou se distingue daquela da geomorfologia?
- O termo envolve o foco principal, ou seja, o mérito do processo? Ou é algo secundário?
- No processo judicial os termos são usados com ambiguidade? E na geomorfologia pensada em si mesma e em relação com as demais disciplinas das ciências da terra, o termo possui uma definição ambígua?

4.1. ANÁLISE DOS ACÓRDÃOS

Como descrito previamente na metodologia, foram selecionados 60 acórdãos de recursos de Apelação proferidos pela Primeira Câmara Reservada ao Meio Ambiente, do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo, para análise e extração dos termos técnicos concernentes às ciências da terra. A seleção se deu a partir da pesquisa de jurisprudência utilizando os termos previamente selecionados e seguindo critérios de proporção com base na amostragem estratificada.

Os termos erosão e assoreamento foram aqueles que retornaram maior número de acórdãos. O resultado da pesquisa de jurisprudência pormenoriza o número de ocorrências do termo procurado no interior do documento, de maneira que se observou que a grande maioria apresentava até três ocorrências. Apesar da utilização desses termos, o processo judicial não possuía relação direta com temas envolvendo a ocorrência de processos erosivos e o consequente assoreamento de nascentes, cursos ou corpos d'água, já que consistia na maior parte dos casos, ações judiciais envolvendo supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente, independente da ocorrência efetiva de erosão. Nesses casos, os acórdãos citavam como embasamento da decisão, as funções das Áreas de Preservação Permanente, conforme estabelecido pela legislação, dentre as quais a preservação dos recursos hídricos e a estabilidade geológica²²

Situação semelhante ocorreu em relação ao termo “risco geológico”, apesar de nesse caso tratar-se de limitação nos mecanismos de pesquisa de jurisprudência. A pesquisa teve como base a busca do termo “risco AND geológico”, especificando por meio do algoritmo booleano “AND” a necessidade de ocorrência simultânea do termo “risco” e do termo “geológico”. Entretanto, os resultados trouxeram acórdãos com grande número de citações da Teoria do Risco Integral, de fundamental importância no direito ambiental, e com citações sobre as funções das APPs, como descrito acima, destacando a “estabilidade geológica”, não possuindo assim relação direta com processos judiciais envolvendo casos de risco geológico.

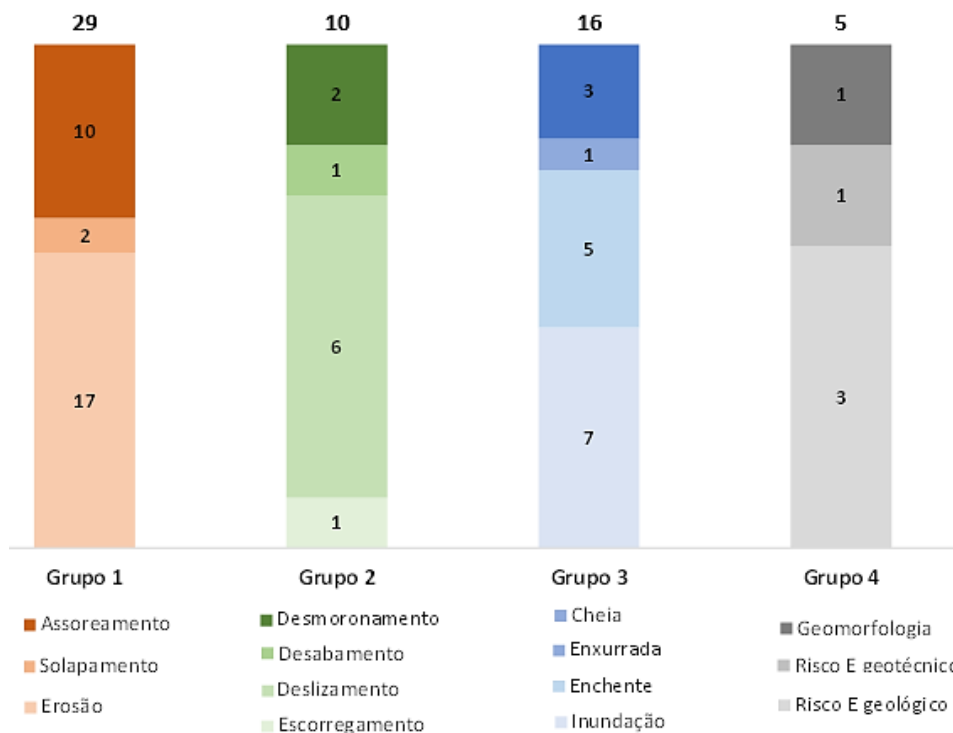
Diante dessas situações, optou-se por selecionar os acórdãos tendo como base o número de ocorrências e a relevância no contexto da pesquisa, conforme descrito na metodologia. Essa constatação longe de inviabilizar a análise dos acórdãos, é abordada aqui como um resultado, tendo em vista se tratar de compreensão ocorrida ao longo do desenvolvimento da pesquisa e como resultado desta.

Os acórdãos selecionados para análise são apresentados no Apêndice A. Alguns dos acórdãos integram os processos judiciais selecionados para análise detalhada, descrita no subcapítulo seguinte e, portanto, não estão incorporados nessa primeira sistematização, já que os respectivos acórdãos foram lidos nesse contexto de maior detalhamento.

²² O Artigo 3º, inciso II, da Lei Federal nº 12.651 de 2012 (Código Florestal) estabelece as funções das APPs: “Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por: [...] II - Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.” (BRASIL, 2012, Capítulo I, Art. 3º).

Foram, então, analisados 29 acórdãos contendo os termos do primeiro universo de análise, 10 acórdãos do segundo grupo, 16 do terceiro e 5 acórdãos do último universo de análise, conforme proporção apresentada na Figura 15, abaixo.

Figura 15 -Número de acórdãos selecionados para análise por universo de análise e termo pesquisado



Fonte: Elaborado pela autora

Dos 60 acórdãos selecionados, aproximadamente metade (31) menciona a realização da perícia técnica judicial e as conclusões apresentadas nessa, ou estão inseridos em processos judiciais que designaram a realização de uma perícia. A outra metade, refere-se aos processos judiciais nos quais não ocorreu perícia técnica (27), ainda que os acórdãos se baseiem em dados técnicos retirados de diversos pareceres e relatórios técnicos. Em duas ações judiciais não foi possível obter informação acerca da realização de perícia, já que esta não é mencionada nos acórdãos e tampouco foi possível de verificar por meio do portal de busca processual do TJSP diante de problemas de compatibilização do número do processo em primeira e segunda instância.

Assim, mais da metade dos acórdãos e, conseqüentemente, dos respectivos processos judiciais, teve a participação importante e necessária do perito judicial na resolução da causa.

Em dois casos, por exemplo, observou-se que o recurso de apelação foi provido em face do apelo do réu, diante dos argumentos de que não havia ficado suficientemente provado o nexo de causalidade entre o processo erosivo ocorrido em sua propriedade, o conseqüente dano ambiental e a conduta do réu. Nesses casos, foi dado provimento ao recurso do réu, anulando a sentença de 1ª instância e decidindo pela realização de prova pericial para comprovação do nexo de causalidade. O trecho a seguir exemplifica esses dois casos, extraído do Acórdão que julgou o recurso de apelação em processo judicial da Comarca de Sorocaba:

Outrossim, malgrado tratar-se de dano ambiental, no qual a responsabilização é objetiva e solidária, as lacunas que perseveram não permitem estabelecê-la, motivo por que se impõe a **cassação do “decisum” para que as dúvidas ora levantadas, e que persistem sem esclarecimentos, sejam dirimidas por prova pericial**, e não meros laudos e pareceres que, segundo demonstrados, são insuficientes à apuração dos danos ocorridos, suas causas e conseqüências; sobre a possibilidade de reparação e responsabilização do degradador. Sem tais esclarecimentos, impossível deslinde justo e eficiente à controvérsia, eis que em matéria ambiental o que se busca não é a tutela dos direitos do destruidor, mas sim a preservação e recuperação do meio ambiente, que é bem comum a todos. Ante o exposto, por meu voto, **dou parcial provimento aos recursos, para a realização da indispensável prova técnica**. (Apelação - Processo nº 0026203-22.2012.8.26.0602. Comarca de Sorocaba. Registro do Acórdão: 2017.0000332355. p. 19, grifo nosso).

Ainda assim, os acórdãos analisados citaram diversos pareceres e documentos técnicos elaborados por órgãos governamentais e institutos de pesquisas, com especial destaque para a antiga Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais (CBRN) da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA), mas também com bastante participação do Instituto Geológico (IG) e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), sobretudo nos casos envolvendo movimentos de massa.

4.2. ANÁLISE DOS PROCESSOS JUDICIAIS

4.2.1. GRUPO I – EROÇÃO, ASSOREAMENTO E SOLAPAMENTO

Os termos selecionados no universo de análise do Grupo 1, foram “erosão”, “assoreamento” e “solapamento”. Esses termos apresentam uma intrínseca relação, pois a atuação da erosão e o solapamento são processos geomorfológicos que fornecem material para que possa ocorrer o assoreamento. O termo “erosão” foi subdividido, ainda, em algumas tipologias de erosão, diferenciando a “erosão laminar”, da erosão concentrada em “sulcos”, “ravinas” e “voçorocas”.

Os termos foram sistematizados a partir dos 15 processos judiciais selecionados para integrar esse grupo, com base na pesquisa de jurisprudência, por apresentarem como mérito da ação judicial a ocorrência de um ou mais desses processos geomorfológicos (Tabela 5). Foram, ainda, incluídos os trechos extraídos dos demais processos judiciais integrantes dos outros grupos de análise.

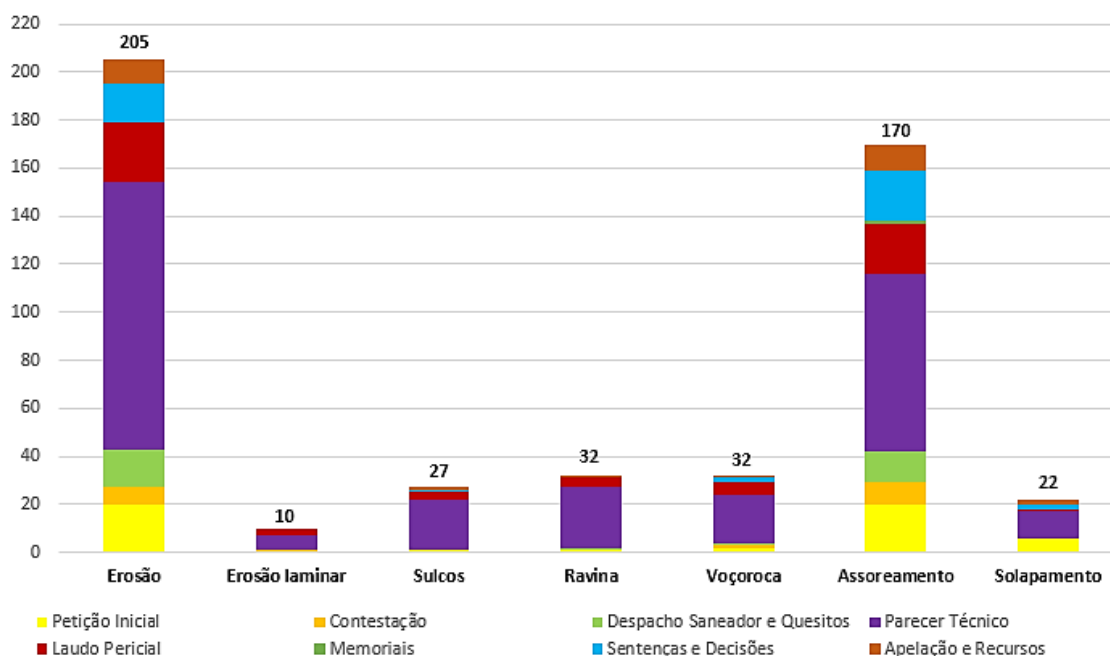
Tabela 5 - Processos judiciais selecionados como amostragem da terminologia de erosão, assoreamento e solapamento, com base na pesquisa de jurisprudência

Número do Processo	Comarca
0001867-24.1999.8.26.0338	Mairiporã (Foro de Mairiporã / 1ª Vara Cível)
0006652-96.2001.8.26.0099	Bragança Paulista (Foro de Bragança Paulista / 2ª Vara Cível)
0003085-77.2003.8.26.0587	São Sebastião (Foro de São Sebastião / 1ª Vara Cível)
0001828-79.2004.8.26.0361	Mogi das Cruzes (Foro de Mogi das Cruzes / 4ª Vara Cível)

Número do Processo	Comarca
0049644-05.2007.8.26.0506	Ribeirão Preto (Foro de Ribeirão Preto / 2ª Vara Cível)
0010369-09.2007.8.26.0099	Bragança Paulista (Foro de Bragança Paulista / 2ª Vara Cível)
0003694-07.2008.8.26.0451	Piracicaba (Foro de Piracicaba / Vara da Fazenda Pública)
0010465.95.2011.8.26.0224	Guarulhos (Foro de Guarulhos / 1ª Vara da Fazenda Pública)
0010464.63.2012.8.26.0099	Bragança Paulista (Foro de Bragança Paulista / 4ª Vara Cível)
0004398-64.2012.8.26.0294	Jacupiranga (Foro de Jacupiranga / 2ª Vara)
0025938-61.2013.8.26.0577	São José dos Campos (Foro de São José dos Campos / 7ª Vara Cível)
0004059-66.2014.8.26.0058	Agudos (Foro de Agudos / 1ª Vara)
0002656.07.2014.8.26.0238	Ibiúna (Foro de Ibiúna / 2ª Vara)
1001762-85.2016.8.26.0224	Guarulhos (Foro de Guarulhos / 5ª Vara Cível)
1035460-76.2017.8.26.0053	São Paulo (Foro Central - 12ª Vara da Fazenda Pública)

Foram extraídos 562 trechos contendo os termos analisados, com o predomínio dos termos “erosão” e “assoreamento”, correspondendo a 41% e 34% do total de termos selecionados, respectivamente. O termo que obteve menor número de ocorrências foi “erosão laminar” (Figura 16).

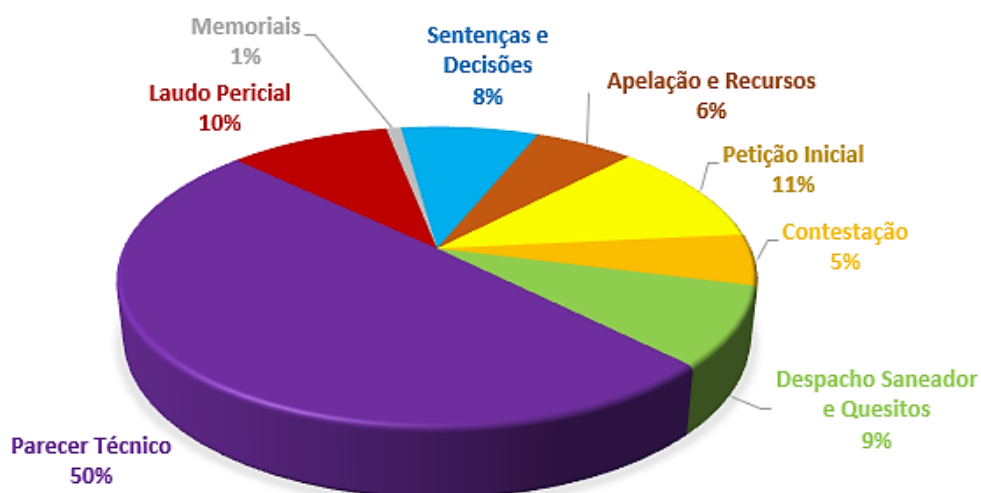
Figura 16 - Distribuição das ocorrências dos termos do universo de análise de erosão, assoreamento e solapamento



Fonte: Elaborado pela autora

A maior parte dos termos foi extraída de pareceres e relatórios técnicos (equivalente a 50%), ou seja, documentos técnicos elaborados por especialistas, inseridos na ação judicial geralmente por uma das partes ou produzidos no âmbito do inquérito civil, que usualmente instrui as Ações Cíveis Públicas (Figura 17).

Figura 17 - Proporção entre os tipos de peças judiciais a partir das quais foram extraídos os trechos do universo de análise de erosão, assoreamento e solapamento



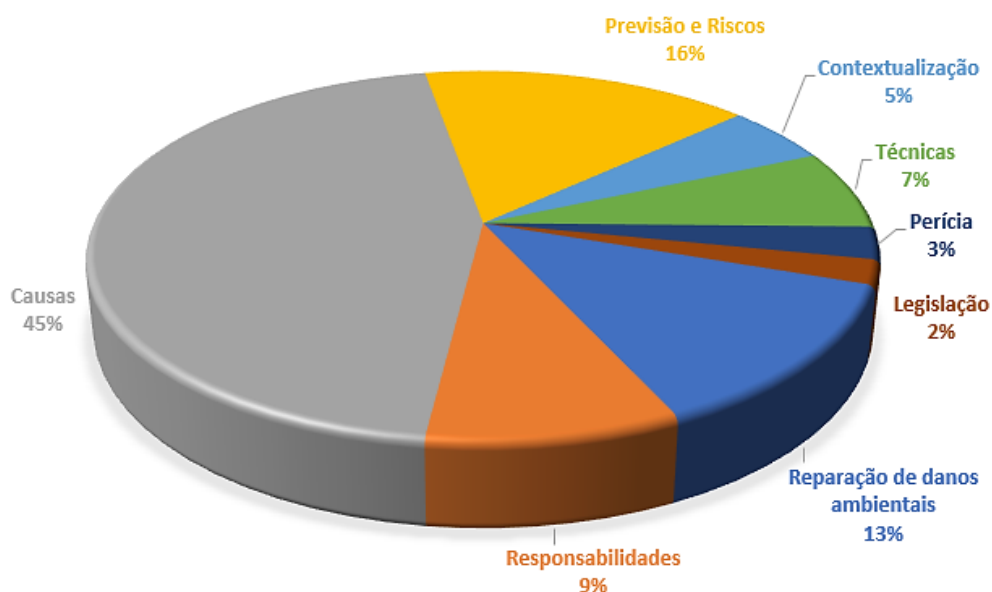
Fonte: Elaborado pela autora

Os laudos periciais contribuíram com 10% dos termos extraídos. Esse número deve ser observado com ressalvas, considerando que nem todas as ações judiciais analisadas contaram com a realização de perícias oficiais solicitadas pelo juiz, já que muitas delas possuem grande número de pareceres técnicos, suficientes para formar seu convencimento e embasar sua conclusão, dispensando a necessidade da prova pericial. Isso foi observado também em relação às ações judiciais dos outros grupos de análise.

Já as peças judiciais não técnicas (petição inicial, contestação, despacho saneador e quesitos apresentados pelas partes, peças recursais, como as razões de apelação, memoriais, e sentenças e decisões) representaram 40% dos termos extraídos. A petição inicial se destacou nesse contexto, com maior número de trechos, possivelmente em função desses documentos serem redigidos pelo autor da ação judicial após a realização de inquéritos civis, com a presença de diversos pareceres técnicos. Esses documentos são, assim, redigidos com base em tais análises técnicas, utilizando-se, inclusive, de recursos como a citação direta de tais pareceres.

Em relação ao contexto no qual esses trechos foram extraídos, a maior parte possui relação direta com a apuração das causas do dano ambiental que ensejou a ação judicial, em alguns casos, as causas da própria erosão ou assoreamento de cursos d'água, e em outros, questões mais abrangentes, como os danos em Área de Preservação Permanente (Figura 18).

Figura 18 – Mérito (ou a causa de pedir) associada à utilização da terminologia de erosão, assoreamento e solapamento



Fonte: Elaborado pela autora

O contexto de argumentações sobre os riscos (16%) associados à evolução desses fenômenos do meio físico e a previsão de ocorrência de outros danos ambientais e socioeconômicos, como inundações e movimentos de massa, foi observado com o segundo maior número de trechos extraídos. O contexto associado às ações de reparação de danos ambientais, como sugestões de medidas de conservação e recuperação dos solos ou desassoreamento de corpos d'água, também apresentou grande número de trechos selecionados; seguido do contexto da verificação das responsabilidades pelo dano.

Por fim, em menor número, foram extraídos trechos dos contextos das técnicas utilizadas em pareceres, relatórios e laudos periciais (7%), como os procedimentos adotados para identificação de assoreamento ou as técnicas de fotointerpretação adotadas na identificação de nascentes aterradas. Foram extraídos, ainda, trechos de descrições e caracterizações da área afetada ou do dano ambiental (5%); e relacionados diretamente ao conteúdo e qualidade das perícias técnicas (3%), como a metodologia e as conclusões adotadas pelo perito. Por fim, foram extraídos trechos (2%), também, dos contextos associados à legislação, principalmente ambiental, como os limites e as funções ambientais das APPs.

Nos subcapítulos seguintes, são abordadas as definições de cada termo de acordo com a literatura, a compreensão do conceito adotada na pesquisa e a forma de apropriação do termo observada nas ações judiciais analisadas, com base nos trechos extraídos a partir da sistematização.

4.2.1.1. EROSIÃO

CONCEITO SOB A VISÃO DA GEOMORFOLOGIA

São inúmeras as definições existentes para esse termo diante de seu papel na formação e esculturação da paisagem e, conseqüentemente, seu estudo nas ciências da terra. Essa variedade também pode ser observada na existência de diferentes termos utilizados como sinônimos ou com compreensão muito próxima na literatura, em particular, os termos “denudação” e “degradação”; assim como, na existência de muitos termos derivados, referentes aos diferentes tipos de erosão, decorrentes da atuação de diferentes agentes, materiais distintos ou com velocidades variadas, como exemplificado pelos termos erosão pluvial, eólica, fluvial, erosão diferencial, acelerada, etc.

Diante dessa diversidade de terminologia, optou-se por apresentar as definições na literatura referentes ao termo genérico “erosão”. Contrastando com o observado em relação à terminologia relacionada ao processo de inundação e movimentos de massas, conforme abordado nos subcapítulos posteriores, verificou-se a utilização de um único termo para designar o processo de erosão nas línguas inglesa, francesa, espanhola, italiana e alemã, similares ao termo em português, demonstrando a origem comum do termo em latim (FAIRBRIDGE, 1968a; GOUDIE, 2004; BIGARELLA, 2007)(Tabela 6).

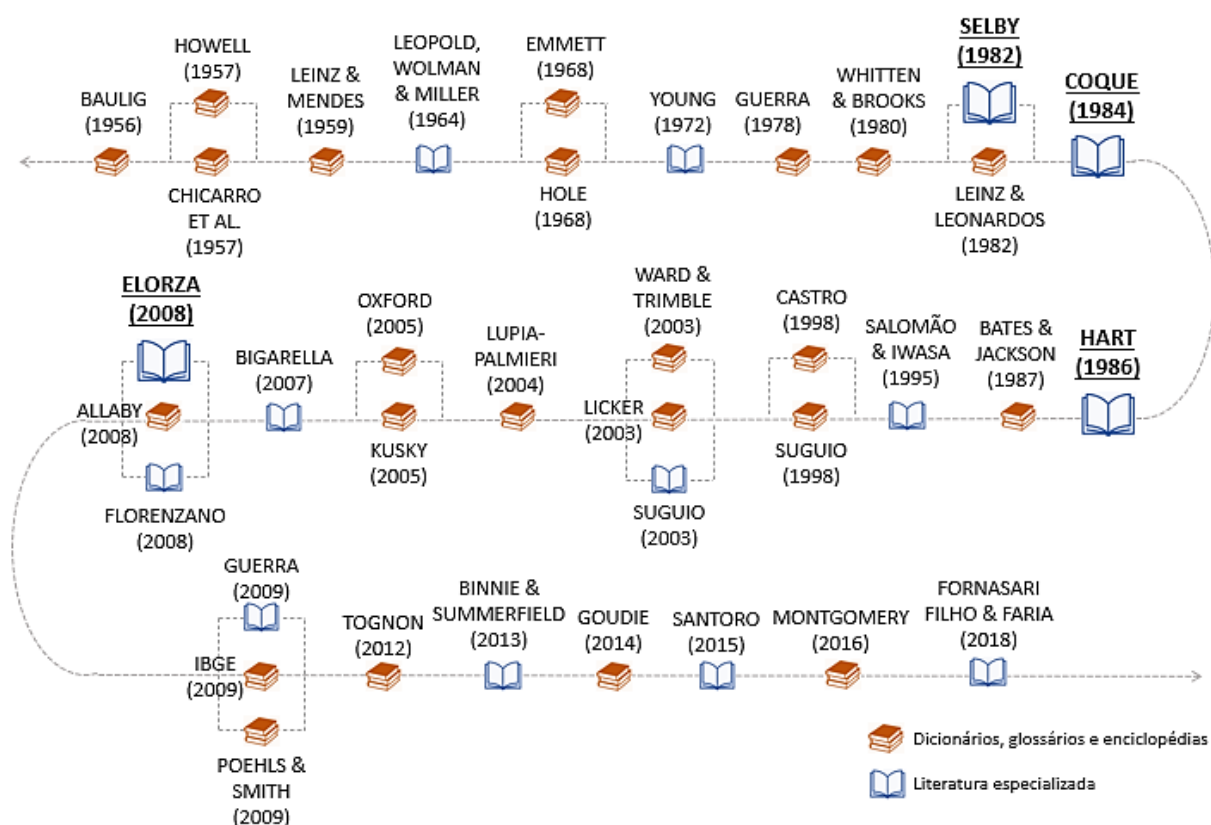
Tabela 6 - Termo "erosão" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

Inglês	<i>Erosion</i>
Francês	<i>Erosion</i>
Espanhol	<i>Erosión</i>
Italiano	<i>Erosione</i>
Alemão	<i>Erosion</i>

Fonte: Rassan et al. (1987), Suguio (1998), Suguio (2003).

A bibliografia consultada durante o levantamento e sistematização das definições do termo “erosão”, a partir de dicionários, enciclopédias, glossários e referências especializadas sobre o tema, é retratada abaixo, na Figura 19. As referências selecionadas, em função de sua aderência com a compreensão do termo nessa pesquisa e utilizadas em sua definição, encontram-se listadas na Tabela 7 em conjunto com a citação direta das respectivas definições extraídas de cada uma. As definições de termos específicos, como “erosão pela água” ou “agentes erosivos”, não são apresentadas, tendo em vista a opção por definir o termo em seu sentido genérico.

Figura 19 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "erosão"



Fonte: Elaborado pela autora
Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 7 - Definição do termo "erosão" de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
LEOPOLD, WOLMAN & MILLER (1964)	<p>"Erosion will take place on the surface when the force provided by the flow exceeds the resistance of the soil. [...] The available force or shear stress provided by the water is a function of raindrop impact, slope, and depth; and the depth in turn is controlled by the relative rates of rainfall and infiltration, by the velocity of flow, and by the length of slope." (p. 357).</p> <p>Tradução nossa: A erosão irá ocorrer na superfície quando a força fornecida pelo fluxo exceda a resistência do solo. [...] A força disponível ou tensão de cisalhamento fornecida pela água é uma função do impacto da gota de água da chuva, declividade e profundidade; e a profundidade por sua vez é controlada pelas taxas relativas de precipitação e infiltração, pela velocidade do fluxo e pela extensão da vertente.</p>
HOLE (1968)	<p>"Erosion (Latin, erodere, to gnaw away) is a term for the way in which geologic agencies of movement secure and remove rock debris and associated organic matter. Strictly speaking, erosion is the acquisition of material by geological agencies, but many geologists loosely include processes both of acquisition and transportation. Weathering (q. v.) causes the breakdown of rock material, but is not a necessary prerequisite to erosion. Erosion is the wearing away or denudation of land masses, in a broad sense." (p. 317)</p> <p>Tradução nossa: Erosão é um termo para o modo com o qual agentes geológicos de movimento garantem e removem restos de rocha e matéria orgânica associada.</p>

Referência	Definição
	<p>Estritamente falando, erosão é a aquisição de material pelos agentes geológicos, mas muitos geólogos vagamente incluem ambos os processos de aquisição e transporte. O intemperismo causa a ruptura do material rochoso, mas não é um pré-requisito necessário à erosão. Erosão é o desgaste ou denudação de massas de terra, em um sentido amplo.</p>
EMMETT (1968)	<p><i>“Erosion (q. v.) is the wearing away of the land surface mainly by detachment and transport of mineral grains through the action of geologic agents; these may be mechanical or chemical.” (p. 517)</i></p> <p>Tradução nossa: Erosão é o desgaste da superfície terrestre principalmente pelo destacamento e transporte de grãos minerais pela ação de agentes geológicos, estes podem ser mecânicos ou químicos.</p>
YOUNG (1972)	<p><i>“Erosion is used to refer to the destructive action of rivers upon their banks and bed, and in the sense of marine erosion; denudation refers to the weathering of bedrock into regolith, the transport of regolith across and away from slopes, and the consequent lowering or retreat of the ground surface. Denudation acts areally, whereas erosion, on the scale of the landscape as a whole, may be considered to act linearly. To conform with normal usage the term accelerated erosion (soil erosion) is retained for the transport and removal of soil as a result of human interference.” (p. 6).</i></p> <p>Tradução nossa: Erosão é usado para referir-se à ação destrutiva dos rios sobre seus bancos e leito, e no sentido da erosão marinha; denudação refere-se ao intemperismo dos leitos rochosos em regolitos, o transporte do regolito ao longo e para longe das vertentes, e o consequente rebaixamento e retração da superfície. A denudação age de forma areal, enquanto a erosão na escala da paisagem como um todo, pode ser considerada como agindo linearmente. Para concordar com o uso normal do termo erosão acelerada (erosão do solo) é restringido ao transporte e remoção do solo como resultado da interferência humana.</p>
SELBY (1982)	<p><i>“Erosion is an inclusive term for the detachment and removal of soil and rock by the action of running water, wind, waves, flowing ice, and mass movement. On hillslopes in most parts of the world the dominant processes are action by raindrops, running water, subsurface water, and mass wasting. The activity of waves, ice, or wind may be regarded as special cases restricted to particular environments.” (p. 94).</i></p> <p>Tradução nossa: Erosão é um termo inclusivo para o deslocamento e remoção de solo e rocha pela ação de água corrente, vento, ondas, gelo móvel e movimentos de massa. Nas vertentes da maior parte do mundo os processos dominantes são a ação das gotas de água da chuva, água corrente, água em subsuperfície e movimentos de massa. A atividade das ondas, gelo e vento podem ser consideradas como casos especiais restritos a ambientes particulares.</p>
COQUE (1984)	<p><i>“Ablación, acumulación y transporte constituyen los tres componentes de la erosión. Diversos agentes contribuyen al desarrollo de estas acciones, tales como las variaciones de temperatura, el agua, el hielo, el viento, los organismos vivos, etc. La energía necesaria para su realización la proporcionan, más o menos directamente, la radiación solar y la gravedad. Se desarrollan según modalidades muy variadas que caracterizan diferentes procesos de erosión. Algunos de ellos operan en el campo de los afloramientos rocosos y de las vertientes. [...] Otros se</i></p>

Referência	Definição
	<p><i>ejercen en el marco de la intervención de grandes agentes de transporte encargados de asegurar la evacuación de los productos que les proporcionan los precedentes.” (p. 105).</i></p>
<p>HART (1986)</p>	<p><i>“The natural meaning of the term ‘soil erosion’ is the erosion of the soil by various natural geomorphological processes. This, however, is usually called ‘geological erosion’, and is different from soil erosion, which is the erosion of soil that arises when man alters the natural system by various land-use practices. Except in certain circumstances, man himself is not physically removing the soil, but this mismanagement of the land allows natural processes to act with added vigour. Soil erosion, therefore, is accelerated erosion.” (p. 139).</i></p> <p>Tradução nossa: o significado natural do termo ‘erosão do solo’ é a erosão do solo por vários processos geomorfológicos naturais. Isso, no entanto, é usualmente chamado de ‘erosão geológica’, e é diferente de erosão do solo, na qual a erosão do solo surge quando o homem altera o sistema natural por várias práticas de uso da terra. Exceto em certas circunstâncias, o homem não está ele mesmo fisicamente removendo o solo, mas esse mal gerenciamento da terra permite que os processos naturais ajam com vigor adicional. A erosão do solo é, portanto, a erosão acelerada.</p>
<p>LUPIA- PALMIERI (2004)</p>	<p><i>“Commonly speaking the term erosion (from Latin erodere - to gnaw away) is often used to indicate the overall exogenic process or group of processes that are directed at levelling off Earth relief, in contrast with the antagonist endogenic processes (crustal movements and volcanism) that build it up. In this very wide meaning erosion includes: acquiring materials from the higher elevations, moving them from one place to another (transport) and leaving them in lowlands (deposition). Actually, it is the opinion of all scientists that erosion cannot include deposition. In fact, in a more technical language, the term erosion – although variously defined – usually excludes the processes whereby transported materials are set down. In the most broad and common of the technical meanings, erosion includes all exogenic processes, excluding weathering and mass movements, that involve the entrainment of loose weathered materials by a mobile agent, the removal of bedrock particles by the impact of transported materials, the mutual wear of rock fragments in transit and the transportation of acquired materials (Thornbury 1954).” (p. 331).</i></p> <p>Tradução nossa: Comumente falando, o termo erosão (do latim erodere - desgastar) é frequentemente usado para indicar a totalidade dos processos exogênicos ou o grupo de processos que são dirigidos ao nivelamento do relevo terrestre, em contraste com os antagônicos processos endogênicos (movimentos crustais e vulcanismo) que elevam. Nesse sentido bem abrangente, a erosão inclui: adquirindo materiais de elevações mais altas, movendo-os de um lugar a outro (transporte) e deixando-os em terras rebaixadas (deposição). Na realidade, é opinião de todos os cientistas que a erosão não pode incluir a deposição. De fato, em uma linguagem mais técnica, o termo erosão - ainda que definido de modo diverso - usualmente exclui os processos pelos quais os materiais transportados são depositados. No sentido técnico mais abrangente e comum, a erosão inclui todos os processos exogênicos, excluindo o intemperismo e os movimentos de massa, que envolvem o arraste de materiais intemperizados por agentes móveis, a remoção de partículas de rocha pelo impacto dos materiais transportados, o desgaste mútuo de fragmentos de rochas em trânsito e o transporte dos materiais adquiridos.</p>

Referência	Definição
BIGARELLA (2007)	<p>“Erosão – O conceito de erosão (do latim: erodere) está ligado aos processos de desgaste da superfície do terreno com a retirada e o transporte dos grãos minerais. Implica na relação de fragmentação mecânicas das rochas ou na decomposição química das mesmas, bem como na remoção superficial ou subsuperficial dos produtos do intemperismo. Atua através de vários processos intempéricos (mecânicos [corrasão], químicos [corrosão], dissolução) e pela ação das águas correntes, das ondas, dos movimentos das geleiras e dos ventos (erosão: fluvial, marinha, glacial, eólica, etc.). Em sentido amplo, a erosão consiste no desgaste, no afrouxamento do material rochoso e na remoção dos detritos através dos processos atuantes na superfície da terra; às vezes a erosão é confundida com a denudação.” (p. 884)</p>
ELORZA (2008)	<p>“La erosión del suelo es la movilización del material superficial por los procesos inherentes a la dinámica externa. Esta erosión puede ser química o mecánica. La primera, denominada también meteorización química, consiste en el ataque a los minerales, con la consiguiente liberación total o parcial de los iones en la disolución. La erosión mecánica o meteorización física estudia la movilización de los sólidos de la superficie terrestre (Fig. 19.27) (Summerfield y Hulton, 1994; Gaillardet et al., 1999).” (p. 730).</p>
GUERRA (2009)	<p>“A erosão dos solos é um processo que ocorre em duas fases: uma que constitui a remoção (<i>detachment</i>) de partículas, e outra que é o transporte desse material, efetuado pelos agentes erosivos. Quando não há energia suficiente para continuar ocorrendo o transporte, uma terceira fase acontece, que é a deposição desse material transportado.” (p. 165).</p>
IBGE (2009)	<p>“O fenômeno da erosão constitui o conjunto de agentes dinâmicos através do qual atuam de maneira combinada todos os processos de degradação da superfície terrestre, incluindo intemperismo, transporte, ações mecânica e química da água corrente e de outros agentes erosivos, responsáveis pela destruição das saliências ou reentrâncias do relevo, sendo por isso mesmo um importante agente modelador da superfície terrestre.” (p. 106).</p>
MONTGOMERY (2016)	<p>“erosion. The process through which soil and rock material are removed from the land surface by wind, water, or ice and transported to other locations. Erosion may occur by mechanical or chemical means through a wide range of specific erosional processes. The erodibility, or erosion resistance of Earth materials varies widely, and is greatly increased by weathering processes that loosen or dissolve material, facilitating its removal from and transport across Earth’s surface.</p> <p>Tradução nossa: Erosão. O processo por meio do qual solo e material rochoso são removidos da superfície terrestre pelo vento, água ou gelo e transportados a outros locais. A erosão pode ocorrer por meios mecânicos ou químicos através de uma grande gama de processos erosivos específicos. A erodibilidade, ou a resistência dos materiais terrestres à erosão varia grandemente, e é muito incrementada pelos processos de intemperismo que afrouxam e dissolvem os materiais, facilitando sua remoção e transporte pela superfície terrestre.</p>

Dentre as definições apresentadas, é possível observar a existência de dois níveis, ou escalas, de explicação. Uma primeira mais abrangente, envolvendo os processos de divisão do material, remoção, transporte e deposição (CHICARRO et al., 1957; HOWELL, 1957; ELORZA, 2008); e a segunda mais restrita, debruçada sobre os processos físicos de remoção e transporte dos materiais, excluindo a deposição e, variando de acordo com o autor, sobre a possibilidade de inclusão do intemperismo e dos movimentos de massa (EMMETT, 1968; GUERRA, 1978).

A existência desse primeiro nível, mais abrangente, está relacionada ao debate sobre a possibilidade de utilização dos termos denudação e degradação como sinônimos de erosão, e a abrangência do termo erosão, englobando os processos de intemperismo, deposição e movimentos de massa (BAULIG, 1956; GUERRA, 1978; COQUE, 1984; SUGUIO, 2003; BINNIE; SUMMERFIELD, 2013). A definição de Lupia-Palimieri (2004) é ilustrativa desse debate, pois destaca uma compreensão comum da literatura de exclusão dos processos deposicionais, bem como, em sua definição, dos processos de intemperismo e movimentos da massa. Já para Coque (1984), a erosão apresenta três componentes principais: os processos de ablação, transporte e acumulação, incluindo o intemperismo e os movimentos de massa enquanto processos elementares da erosão.

A definição de Howell (1957) revela que se trata de debate antigo nas ciências da terra, ao apresentar compilação das definições de diferentes autores, algumas das quais ressaltando a inclusão do processo de intemperismo, por exemplo.

O termo “denudação” é apontado pela maioria dos autores como um conceito mais abrangente, envolvendo todo o processo de rebaixamento e esculturação do relevo e, portanto, englobando os processos de intemperismo, erosão, transporte e deposição (LUPIA-PALMIERI, 2004; BINNIE; SUMMERFIELD, 2013; GOUDIE, 2014; THOMAS, 2016). Em suma, trata-se de conceito mais amplo, de maior importância à geomorfologia histórica e aos estudos associados à morfogênese, conforme distinção apresentada por Young (1972).

Summerfield (1991) distingue o conceito de erosão como limitado apenas ao processo de remoção e transporte de partículas sólidas, equivalente, de acordo com o autor, ao conceito de denudação mecânica, ao passo que a denudação no geral envolveria ainda a remoção de material dissolvido (denudação química). Castro (1998) destaca a utilização desses dois termos como sinônimo, apesar de o conceito de denudação ser mais amplo, envolvendo também o processo de intemperismo que, na visão do autor, não seria abrangido pelo termo “erosão”. Por fim, Bigarella et al. (2007) apresenta compreensão diferente dos demais autores, destacando a semelhança semântica entre ambos, diferenciando-os como processo, em relação ao termo erosão, e como consequência, em relação ao termo denudação.

É frequente, também, a utilização do termo “degradação” (“*degradation*”) ou processos degradacionais, como sinônimo de “erosão”, como observado na definição de Leinz e Mendes (1959). Fairbridge (1968b) destaca a utilização ultrapassada do termo “degradação”, que pode ser entendido como sinônimo de denudação. O autor ressalta, ainda, que o termo “degradação” é utilizado por outras disciplinas das ciências da terra, como a

pedologia, para designar compreensões diferentes, como por exemplo, solos intensamente lixiviados. Já Goudie (2014) apresenta definições distintas para os termos, definindo degradação como conceito mais amplo, que englobaria o rebaixamento da superfície pela ação dos processos denudacionais.

A definição de Baulig (1956) ressalta a existência de vocabulário pouco coerente e apresenta retrato dessa diversidade de termos, conceituando os termos “degradação”, “erosão” e “denudação”. É interessante o destaque dado pelo autor às compreensões distintas pelas diferentes escolas de geomorfologia, no caso, às escolas francesa, inglesa, americana e alemã. O autor afirma, por exemplo, que o termo “erosão” possui uma compreensão mais restrita aos autores alemães e ingleses, ao passo que os autores americanos e franceses possuem compreensão mais ampla, envolvendo o processo de intemperismo.

A inclusão do processo de transporte na definição do termo “erosão” é um ponto comum entre a maioria dos autores, exceto para Bates e Jackson (1987) e Hole (1968). Para os primeiros, o processo de transporte não deve ser incluído no termo “erosão”, sendo preferível nesse caso a utilização do termo “denudação”. Hole (1968) defende a redução do termo “erosão” apenas à aquisição dos materiais, excluindo o processo de transporte destes.

A definição de Coque (1984) apresenta compreensão mais ampla do termo, abrangendo três componentes: os processos de ablação, ou escavação, de transporte e de acumulação. Os primeiros abrangem os processos elementares de erosão, divididos entre os mecanismos e agentes atuantes no intemperismo, mecânico, físico-químico e bioquímico; e aqueles atuantes na remoção e transporte dos materiais nas vertentes, pela ação dos movimentos de massa e do escoamento superficial concentrado e difuso. Os processos de transporte envolvem os mecanismos e ações empregadas pelos grandes agentes de transporte, como os rios, o vento e o gelo, na evacuação do material disponibilizado pelos processos de ablação.

Para Hart (1986) a erosão abrange diferentes processos de destacamento e deslocamento dos materiais, normalmente já intemperizados e preparados para mobilização. Esses processos podem ocorrer nas vertentes, pela ação direta da água ou dos movimentos de massa, pela ação fluvial, ou por outros agentes em ambientes glaciais, periglaciais, áridos e costeiros. As características climáticas, litológicas, do solo, morfológicas e morfométricas das vertentes, vegetacionais e de usos da terra irão influenciar a combinação dos processos erosivos em operação.

Selby (1982) também inclui os movimentos de massa como agentes de erosão nas vertentes, ao lado da ação das gotas de água da chuva, do escoamento superficial e do escoamento de subsuperfície. Para o autor, os principais fatores controladores desse processo são o clima e a geologia, que condicionam o tipo e as características do solo e da vegetação. As relações entre esses fatores, no entanto, são complexas, resultando em uma série de feedbacks que influenciam direta e indiretamente na atividade erosiva.

Outro ponto comum é a distinção entre a denominada erosão natural, ou erosão geológica de acordo com alguns autores, e a erosão acelerada (HOWELL, 1957; GUERRA, 1978;

SUGUIO, 1998; GOUDIE, 2004, 2013). A primeira é caracterizada pelo equilíbrio entre as taxas de remoção dos materiais, pelos agentes erosivos, e a taxa de produção de solo, resultando na manutenção da quantidade e fertilidade do solo. A erosão acelerada, por outro lado, representa o desequilíbrio desse sistema, no qual a taxa de remoção dos materiais é superior à de produção do solo, não permitindo sua recuperação (HACK, 1960; FAIRBRIDGE, 1968b; GUERRA, 1978; HART, 1986; COOKE; DOORNKAMP, 1990; SUGUIO, 1998, 2003; BIGARELLA, 2007; FORNASARI FILHO; FARIA, 2018). De acordo com a maioria dos autores, a erosão acelerada refere-se à intensificação do processo natural de erosão pela ação antrópica na superfície, em especial a agricultura, pastagem, a abertura de estradas e as fases iniciais de urbanização (COQUE, 1984; HART, 1986; COOKE; DOORNKAMP, 1990; GOUDIE, 2004, 2013).

As definições de Selby (1982), Coque (1984), Hart (1986) e Elorza (2008) são utilizadas como base nessa pesquisa para definição do conceito, apresentado a seguir. Apesar de não elencadas na Tabela, por não apresentarem uma definição específica do termo, outras referências importantes da literatura da geomorfologia foram também utilizadas, como Fairbridge (1968b) e Cooke e Doornkamp (1990).

DEFINIÇÃO RECOMENDADA DO CONCEITO

Existem dois níveis de compreensão do conceito de erosão. O primeiro, em uma escala mais abrangente, abarca todo e qualquer processo de desintegração, remoção, transporte e deposição dos materiais da superfície. Essa visão abrangente assume maior importância nos estudos de geomorfologia histórica ou do ponto de vista dos sistemas morfogenéticos atuantes na esculturação do relevo, entendidos enquanto a combinação dinâmica dos diversos processos ocorrendo simultaneamente em uma porção do espaço (COQUE, 1984).

Do ponto de vista da aplicação do conceito de erosão, com objetivos práticos, restringe-se sua compreensão ao conjunto dos processos de remoção de material previamente intemperizado, pela ação dos agentes de erosão, como o impacto das gotas de chuva (por meio do processo de erosão por salpicamento ou splash), a ação do escoamento superficial, difuso e concentrado, e do escoamento em canais, a ação da gravidade, do vento, ondas, gelo, etc. Os movimentos de massa, como quedas de blocos e escorregamentos integram esse grupo, enquanto categoria de processos erosivos atuantes nas vertentes, tendo como agente principal a gravidade, auxiliada em maior ou menor medida pela presença da água e por outros agentes (SELBY, 1982; COQUE, 1984; HART, 1986).

Para a erosão ocorrer é necessário que a força de remoção das partículas dos materiais supere a resistência exercida pela coesão entre elas. Para tal, as características físicas e químicas das rochas, do clima, das formas do relevo (morfologia e morfometria) e da vegetação, condicionam e controlam a ocorrência dos processos erosivos, contribuindo em maior ou menor medida à sua ocorrência. É importante considerar como fator, também, a atividade antrópica, responsável não apenas pela intensificação dos processos erosivos, mas favorecendo suas modalidades mais agressivas, ao modificar a composição e a estrutura das combinações entre os diferentes processos que compõem a erosão (SELBY, 1982; COQUE, 1984; HART, 1986; COOKE; DOORNKAMP, 1990)

O termo erosão envolve o processo de transporte do material, do ponto no qual este foi removido até sua deposição. A deposição, no entanto, é entendida como processo distinto (ver item 4.2.1.4, Assoreamento). A própria ação do material transportado exerce erosão nos demais materiais, por meio da colisão entre eles e do atrito entre as partículas, processo denominado também como abrasão, reduzindo a dimensão de tais materiais.

A água é um dos principais agentes de erosão, porém existem muitos outros, sobretudo climáticos, como o vento, gelo, as variações de temperatura, insolação, a ação de ondas, etc. (GUERRA, 1978; COQUE, 1984; HART, 1986; TOGNON, 2012). Nesse sentido, nas investigações associadas aos processos erosivos, alguns parâmetros adquirem fundamental importância, já que controlam e condicionam à ocorrência e evolução desses processos. São eles: a magnitude e intensidade das precipitações, parâmetros sobre a forma das vertentes e a topografia (referidos na geomorfologia como morfologia e morfometria do relevo), as características dos materiais, a presença de cobertura vegetal, o uso e ocupação da terra e as atividades antrópicas desenvolvidas (SELBY, 1982; COQUE, 1984; HART, 1986; FORNASARI FILHO et al./IPT, 1992).

O comportamento da precipitação está relacionado à energia aplicada por essa sobre a superfície e sua capacidade de provocar erosão. A essa capacidade, denomina-se erosividade. Esse conceito abrange outros processos além da precipitação, e designa a capacidade potencial de qualquer processo em causar erosão (SELBY, 1982; COOKE; DOORNKAMP, 1990). Por outro lado, as características dos materiais influenciam na suscetibilidade destes à ocorrência dos processos erosivos, por meio do fator denominado erodibilidade, que designa a resistência dos materiais à erosão, influenciando diretamente nas taxas e velocidade desse processo (SELBY, 1982; COOKE; DOORNKAMP, 1990).

A topografia e as formas das vertentes influenciam igualmente na ocorrência, intensidade e nos tipos de processos erosivos. Dentre os fatores mais importantes, destacam-se a declividade, o comprimento de rampa (extensão entre o interflúvio, ou topo, e a base da vertente) e a forma dos setores de vertente, côncavos, convexos ou retilíneos, influenciando no comportamento do escoamento. As vertentes côncavas, por exemplo, ao promover a convergência dos fluxos do escoamento superficial e de subsuperfície, são mais afetadas pela erosão do que em relação às vertentes convexas, onde ocorre divergência dos fluxos (SELBY, 1982; FORNASARI FILHO et al./IPT, 1992; ELORZA, 2008).

A cobertura vegetal é outro fator de fundamental importância, pois influencia diretamente: na erosividade dos agentes, reduzindo, por exemplo, a erosão por salpicamento (*splash*) pelas gotas de chuva, ao revestir o solo; e na erodibilidade dos materiais, aumentando sua resistência à erosão, por exemplo, por meio da ação de raízes. Evidentemente, o papel desempenhado pela vegetação irá variar conforme o tipo e a densidade da vegetação, fatores que são diretamente influenciados, por sua vez, pelo clima.

As atividades antrópicas também apresentam grande influência na ocorrência e nas taxas dos processos erosivos, normalmente resultando na sua intensificação. O homem é entendido, nesse sentido, como agente de erosão, papel desempenhado já desde o estabelecimento da agricultura no período Neolítico e os primeiros ciclos de desmatamento

intensivo para usos agrícolas. O império romano, por exemplo, já sofria com a erosão acelerada de suas terras e com o consequente rápido assoreamento de suas barragens (COQUE, 1984; HART, 1986).

Dentre as principais ações antrópicas que resultam na intensificação dos processos erosivos, destacam-se a remoção da cobertura vegetal, queimadas, o manejo inapropriado de áreas agrícolas e de pastagem, a abertura de estradas e de eixos de circulação, a realização de cortes e aterros, o mal dimensionamento de dispositivos de drenagem e direcionamento do escoamento superficial, a impermeabilização do solo e a abertura de áreas para ocupação urbana (HART, 1986; COOKE; DOORNKAMP, 1990; FORNASARI FILHO et al./IPT, 1992; GOUDIE, 2013).

Cabe destacar que não se trata apenas da intensificação dos processos erosivos, em decorrência das atividades antrópicas, mas sim da modificação da composição e estrutura das combinações entre os diversos fatores e agentes responsáveis por sua atividade, favorecendo as mais agressivas e resultando em uma aceleração contínua do fenômeno erosivo (COQUE, 1984).

Nas perícias ambientais o fator antrópico é particularmente importante pois os processos judiciais ambientais apresentam como ponto de partida, a ocorrência de algum dano ao meio ambiente que enseje a atuação da justiça para cessá-lo, repará-lo e atestar as responsabilidades pela sua ocorrência. Esse dano na grande maioria das vezes é resultante de alguma atividade antrópica.

As influências das ações humanas nas taxas dos processos erosivos, resultando na sua degradação de forma insustentável, ou seja, que não garante sua reposição, é denominada como erosão acelerada, uma categoria dentre da classificação dos processos erosivos. Trata-se de classificação estabelecida pela literatura das ciências da terra, que divide os processos erosivos em várias categorias, de acordo com os agentes predominantes de erosão (ex. erosão pluvial, erosão fluvial, erosão eólica), de acordo com o mecanismo atuante no desenvolvimento e evolução desses processos (erosão regressiva, erosão diferencial) ou pelo equilíbrio dinâmico entre a perda e a produção de solo.

A erosão acelerada se encontra nesse último grupo de categorias, em classificação que a contrapõem com a erosão natural, também denominada por alguns autores como erosão geológica. Esta última é caracterizada pelo equilíbrio entre as taxas de erosão e as taxas de formação do solo. A erosão acelerada, em contraposição, se refere a ocorrência de processos erosivos em taxa superior a capacidade de formação do solo, não permitindo sua recuperação (HOWELL, 1957; FAIRBRIDGE, 1968b; GUERRA, 1978; COOKE; DOORNKAMP, 1990; SUGUIO, 1998, 2003; GOUDIE, 2004, 2013; BIGARELLA, 2007; FORNASARI FILHO; FARIA, 2018).

A manifestação da erosão acelerada, ou antrópica, na superfície se dá, predominantemente: na formação de sulcos, ravinas e voçorocas, abordadas no subcapítulo seguinte; na ocorrência de movimentos de massa, desde o rastejo, com taxas muito baixas de movimentação, até processos rápidos, como as quedas e corridas; e o assoreamento de cursos d'água e reservatórios, influenciando na magnitude e frequência de cheias e inundações (COQUE, 1984).

Apesar das atividades antrópicas serem o principal fator na ocorrência da erosão acelerada, este processo pode ocorrer naturalmente, como resultado da interação de fatores climáticos, litológicos, morfológicos e vegetacionais, resultando em paisagens únicas, denominadas na literatura de língua inglesa de “*badlands*”. Estas são paisagens caracterizadas pela formação de voçorocas profundas e regularmente espaçadas, formadas naturalmente ou como resultado da adoção de práticas agrícolas e de pastagem insatisfatórias, tornando-as inaptas à ocupação antrópica (COQUE, 1984).

Diante da tipologia de questões analisadas nas perícias ambientais, a erosão acelerada possui especial importância, seja na sua modalidade mais abrangente, tratando dos processos erosivos gerados pelas atividades antrópicas em geral, seja abordando processos específicos e as morfologias produzidas por estes, como a erosão em sulcos, ravinas e voçorocas.

COMO O CONCEITO É APROPRIADO NOS PROCESSOS JUDICIAIS

Foram extraídos 205 trechos contendo o termo “erosão” ou “processos erosivos”, a maior parte dos quais retirada de pareceres e relatórios técnicos, correspondendo a 54% dos trechos selecionados (111 trechos). Nos laudos periciais foram selecionados 25 trechos, representando 12% do total de trechos extraídos.

Já nos documentos não técnicos, foram selecionados trechos em praticamente todas as peças judiciais, com exceção das alegações finais (memoriais). Das petições iniciais foram retirados 20 trechos (10%), ao passo que nas contestações esse número reduziu-se a 7 trechos (3%). Nas sentenças, decisões interlocutórias e acórdãos, bem como nos despachos saneadores e quesitos, foram extraídos 16 trechos cada, correspondendo a 8%. E, por fim, foram selecionados 10 trechos (5%) em recursos das partes, como as razões e contrarrazões de apelação.

Nos pareceres técnicos, o termo “erosão” aparece muito associado com o termo “assoreamento”, ou seja, quando se aborda a temática dos processos erosivos, imediatamente são descritos, também, seus impactos, dentre as quais, destaca-se o assoreamento de cursos e corpos d’água. Essa constatação é importante pois, na maioria dos casos, os danos ambientais investigados, ou seja, o mérito da ação judicial, não são os processos erosivos em si, mas seus impactos, como o assoreamento de corpos d’água ou a supressão de nascentes.

O trecho extraído, abaixo, exemplifica essa discussão sobre os processos erosivos enquanto agentes de impactos ambientais ou como danos em si. O trecho foi retirado de conjunto de quesitos apresentados pela SABESP ao perito judicial em ação envolvendo a construção de pista de motocross em Área de Proteção aos Mananciais (APM) em Mairiporã.

*“E a erosão, quando resultante da intervenção antrópica, especialmente, as ravinas e voçorocas, **pode ser considerada degradação ambiental?**” (Processo Judicial nº 0001867-24.1999.8.26.0338, Comarca de Mairiporã, 1ª Vara Cível, Quesitos, f. 616, grifo nosso).*

Diante da ocorrência de assoreamento e de danos ambientais como supressão de APP e de nascente, passa-se a abordar a ocorrência de processos erosivos como fonte de material para sedimentação, por exemplo, na investigação de suas causas, descrevendo então as dimensões, os mecanismos atuantes e as responsabilidades pela formação e evolução da erosão.

Dentre as causas citadas nos pareceres técnicos, e reproduzida nos documentos não técnicos, destaca-se a influência dos dispositivos de drenagem implantados pelas atividades antrópicas responsabilizadas. Na maioria dos casos analisados, esta é a principal causa citada, ou seja, o subdimensionamento dos dispositivos de drenagem, o projeto inadequado de dissipação dos fluxos ou a ausência de dispositivos de contenção de sedimentos. O trecho a seguir exemplifica essa associação, extraído de informação técnica da CETESB, no âmbito do processo judicial da Comarca de São José dos Campos.

*“Quanto à erosão foi constatada na **saída da galeria de águas pluviais** a formação de vossoroca com arraste de solo, certamente ocasionado pelo volume e velocidade das águas pluviais recolhidas no empreendimento, necessitando obras para a contenção do problema. [...] A ocorrência de erosão na saída da galeria de águas pluviais deve-se ao escoamento das águas pluviais provenientes do loteamento, devido à **falta de dissipadores de energia** ou prolongamento do canal até um ponto menos vulnerável.” (Processo Judicial nº 0025938-61.2013.8.26.0577, Comarca de São José dos Campos, 7ª Vara Cível, Parecer técnico, f. 863, grifo nosso).*

Os quesitos propostos aos peritos judiciais, muitas vezes, reforçam essa associação e exigem o posicionamento do perito quanto à contribuição dos dispositivos de drenagem na deflagração e evolução dos processos erosivos, conforme trecho a seguir extraído de ação judicial de Bragança Paulista.

“7) As obras de drenagem foram adequadamente implementadas de forma a evitar a erosão dos solos? Justifique. [...] 9) As obras de drenagem superficial foram construídas no tempo devido? Atenderam e ainda atendem plenamente o controle dos processos erosivos? Justifique.” (Processo Judicial nº 0006652-96.2001.8.26.0099, Comarca de Bragança Paulista, 2ª Vara Cível, Quesitos, f. 261).

O “assoreamento” não é a única consequência abordada nos pareceres técnicos e documentos não técnicos. É possível observar uma associação direta entre a ocorrência dos processos erosivos e outras situações de risco geomorfológico, como o incremento de eventos de inundação, em virtude do assoreamento dos cursos d’água, ou de colapsos de edificações situadas em vertentes com voçorocas em desenvolvimento nas proximidades. O exemplo a seguir demonstra essa associação, também extraído de parecer técnico integrante da ação judicial da Comarca de São José dos Campos.

*“Também o despejo irregular de esgoto da Concessionária SABESP na galeria de águas pluviais (fotos 01, 02 e 03), contribuiu para o aparecimento da erosão (voçoroca) de grande proporção. Isso **implica numa situação de risco** ainda maior, uma vez que atinge as proximidades da área habitacional, devido as condições de instabilidade do solo, que se agrava a cada dia, **podendo assim resultar no***

desmoronamento de parte da residência [...], caso não sejam tomadas as medidas necessárias para conter as erosões.” (Processo Judicial nº 0025938-61.2013.8.26.0577, Comarca de São José dos Campos, 7ª Vara Cível, Parecer técnico, f. 945, grifo nosso).

As dimensões da erosão também são frequentemente abordadas nos pareceres técnicos, por meio da utilização de termos como “processos erosivos agressivos”, “erosão de grandes proporções”, “forte erosão”, “processo erosivo adiantado” e “processos erosivos intensos”, porém não é apresentada quantificação. O trecho abaixo, retirado do processo judicial da Comarca de São José dos Campos, demonstra como a utilização destes termos, que qualificam e visam dar uma ideia sobre a magnitude do processo, podem ser utilizados na argumentação para embasar uma conduta irregular e serem posteriormente questionados pelos assistentes técnicos da parte contrária.

No caso, os assistentes técnicos do Ministério Público, questionavam as conclusões do parecer técnico de especialista contratado pelo réu, sobre a realização de aterro em local considerado pelo autor da ação judicial como APP de nascente, e pelo réu como voçoroca, que impunha risco à implantação do empreendimento.

*“Apesar da significativa alteração pela terraplanagem, em nenhuma fotografia aérea disponível se verifica a formação de processo erosivo tão intenso. Em simples verificação nas ortofotos de 1997 e 2000 constata-se que **não há processos erosivos daquela intensidade**, seja na depressão ou mesmo em toda a propriedade em tela. [...] Portanto, diante da constatação, se torna frágil a afirmação utilizada como principal justificativa para o aterro dessa depressão classificada como ‘grotá’ em todos os relatórios do DEPRN.” (Processo Judicial nº 0025938-61.2013.8.26.0577, Comarca de São José dos Campos, 7ª Vara Cível, Parecer técnico, f. 358, grifo nosso).*

Foram observadas, também, expressões visando abordar a escala temporal dos processos erosivos, demonstrando tratar-se de processo progressivo, sobretudo quando relacionado ao contexto de adoção de medidas de contenção e recuperação de áreas degradadas. Nesses casos, foram empregadas expressões como: “degradação contínua e permanente”, “erosão progressiva” e “erosão gradual e constante”.

Por outro lado, em alguns processos judiciais, o termo “erosão” foi extraído de contexto diverso daquele discutido até o momento. Em algumas ações, a erosão figurou como risco, ou seja, como uma das possibilidades de ocorrência em função das atividades antrópicas questionadas. Isso se observou, sobretudo, em processos judiciais envolvendo pedidos de liminares judiciais, ou seja, contendo pedidos de medidas antecipadas de cessação das atividades potencialmente causadoras de danos ambientais, com base no princípio da precaução. Dentre os casos analisados, são exemplos as ações judiciais envolvendo movimentações de terra para implantação de loteamentos e abertura de estradas, dragagem de canais fluviais e a construção de dique em curso d’água (trechos a seguir).

“A cava submersa projetada posicionada para receber o material dragado foi posicionada muito próximo a áreas sensíveis, ambientalmente falando, na foz do rio casqueiro bem como contígua ao canal de acesso a ser aprofundado. [...] - Na

*prática fica comprometida a capacidade de monitorar possível decaimento da camada de isolamento, seja por **erosão natural provocada pelas correntes de maré, seja pela hélice dos navios** de porte que passam próximo ao local.” (Processo Judicial nº 1035460-76.2017.8.26.0053, Comarca de São Paulo, Foro Central, 12ª Vara da Fazenda Pública, Parecer técnico, f. 89, grifo nosso)*

*“Uma outra consequência diz respeito ao estreitamento da largura da várzea, quando se tem implantações de polderes isolados ou estradas que cortem várzeas aluvionares. [...] Em médio e longo prazo, com uma escala de tempo de algumas décadas, a concentração de uma maior vazão de escoamento no leito principal produz um incremento da capacidade de descarga sólida. Com isto resulta uma **tendência à erosão do leito** podendo prejudicar obras ribeirinhas, inclusive os próprios polderes. A intensidade de erosão, evidentemente, depende do grau de conservação da bacia contribuinte, bem como do afloramento de novos níveis de base. Neste último caso, os novos afloramentos **podem induzir novos processos de erosões localizadas** de margens e mudança de traçado.” (Processo Judicial nº 0006463-21.2006.8.26.0495, Comarca de Registro, 1ª Vara Cível, Parecer técnico, f. 332, grifo nosso).*

Os laudos periciais se destacaram no que tange aos esforços empreendidos pelos peritos judiciais em definir e explicar o processo de erosão, sua evolução e seus diferentes estágios. Também foram encontradas algumas definições em pareceres técnicos, porém menos numerosas em comparação aos laudos periciais. Tal situação demonstra que o conceito de erosão não é tomado como conhecimento popular ou de compreensão comum a todos os agentes do processo judicial, em especial o juiz, sendo necessário defini-lo nos documentos técnicos que visam instruir seu convencimento.

Os dois exemplos, abaixo, foram extraídos de laudo pericial e de parecer técnico. O primeiro foi retirado de laudo pericial da ação judicial envolvendo a instalação de pista de motocross e jipe em terreno localizado em APM em Mairiporã, e o segundo, de ação judicial em Piracicaba, envolvendo movimentação de terra para instalação de uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) em área de condomínio residencial.

“A erosão é um dos principais processos que atuam na evolução e configuração da superfície da Terra. É o processo de desgaste – de ataque – das formações superficiais, removendo as partículas das porções mais elevadas do globo, transportando e depositando-as nas mais rebaixadas: depressões das encostas, vales e corpos d’água. Nas regiões intertropicais, o principal agente da erosão é a ação da chuva, principalmente, das chuvas torrenciais.” (Processo Judicial nº 0001867-24.1999.8.26.0338, Comarca de Mairiporã, 1ª Vara Cível, Laudo pericial, f. 737).

“OBS: Erosão é o processo de degradação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos ou de partículas de rochas, pela ação combinada da gravidade com água, vento, gelo e/ou organismos (plantas e animais).” (Processo Judicial nº

0003694-07.2008.8.26.0451, Comarca de Piracicaba, Vara da Fazenda Pública, Parecer técnico, f. 539).

Nos documentos não técnicos, a utilização do termo “erosão”, se dá basicamente em dois contextos: por um lado, a investigação da ocorrência, das causas e das responsabilidades pelo dano ambiental, que normalmente refere-se ao assoreamento, e não ao processo erosivo em si. Nesses casos, o autor visa imputar ao réu a responsabilidade pelo assoreamento, tendo como causa a formação e evolução de processos erosivos. O réu, por outro lado, para descaracterizar sua responsabilidade, utiliza como base de sua argumentação: o questionamento sobre a efetiva ocorrência do processo, o desenvolvimento deste sem relação direta com as ações promovidas por ele, ou seja, por causas naturais, e as consequências positivas de sua intervenção, como a implantação de dispositivos de drenagem, conforme exemplificado pelo trecho a seguir.

*“Ao contrário do que afirma o autor, **não houve qualquer dano ambiental**, visto que no local “in foco” existia um acesso em grande declive (foto 01 – doc 01 e fotos de fls. 19), em muitos pontos tomados pela erosão. Em função da topografia, grande quantidade de terra era carregada para as margens da represa, causando evidente problema de assoreamento (vide doc. 02 – reportagem técnica). **O réu apenas retificou o acesso já existente**, pavimentando-o. No local **instalou caixas de captação de águas pluviais (bocas de lobo) que impedem o processo erosivo**, e o carregamento de material ao manancial. Portanto, uma simples vistoria no local, demonstrará que o manancial (as águas) não sofreram qualquer prejuízo ou risco, nem mesmo em tese, com a retificação do acesso, **ao contrário.**” (Processo Judicial nº 0006652-96.2001.8.26.0099, Comarca de Bragança Paulista, 2ª Vara Cível, Contestação, f. 58, grifo nosso).*

Nesse sentido, é possível observar que a compreensão dos conceitos de “erosão natural” e “erosão acelerada”, discutidos no subcapítulo anterior, apresentam grande importância. Tendo em vista que o autor irá acusar o réu como responsável pelos processos erosivos e os impactos decorrentes deste em função do desenvolvimento de suas atividades, e o réu, por sua vez, irá argumentar que a erosão é natural e que os impactos sequer ocorreram; caberá ao perito e aos especialistas chamados à ação judicial, atestar a ocorrência, as dimensões, causas e responsabilidades, sendo fundamental a compreensão dos conceitos e a correta utilização da terminologia e do referencial teórico-metodológico para tal.

As decisões e sentenças irão refletir o poder de convencimento do juiz pelos esclarecimentos técnicos realizados pelo perito e assistentes técnicos. Assim, é crucial, também, que a linguagem utilizada por tais especialistas seja passível de compreensão pelo juiz, o que nem sempre ocorre. O trecho abaixo foi retirado de Acórdão de julgamento de recurso de apelação na ação judicial de Mairiporã, envolvendo pista de motocross citada anteriormente. Nele o desembargador refuta parte da argumentação realizada pelo réu acerca da inexistência de erosão e, portanto, de responsabilidade na sua ocorrência.

“Contudo, restou incontroverso nos autos que ocorreu na área em questão, erosão do solo, a chamada voçoroca, que causa diversos danos ambientais à sua volta. Tal ocorrência é nítida para qualquer um que veja as fotos acostadas nos autos.”

4.2.1.2. EROÇÃO PLUVIAL

A erosão pluvial é uma das tipologias de processos erosivos, na qual predomina a ação da água como agente de remoção e transporte do material. Ela pode ocorrer nas vertentes por meio de três processos principais: (i) por meio da ação da gota de água da chuva, resultando na erosão por salpicamento ou erosão por “*splash*”; (ii) por meio da ação do escoamento superficial, que pode ser na forma difusa ou concentrada; e (iii) por meio do escoamento subterrâneo, resultando na erosão por “*piping*” ou tubular (HART, 1986).

A erosão pluvial ocorre em função da erosividade, entendida como poder de erosão, das gotas de água da chuva, do escoamento superficial e subterrâneo, e da erodibilidade dos materiais, caracterizada como sua suscetibilidade a sofrer erosão. Nesse sentido, o clima, a litologia, as características do solo, as formas das vertentes e a vegetação, são os fatores que controlam a atividade da erosão pluvial. Acresça-se a essa lista as atividades antrópicas, que afetam direta ou indiretamente todos os demais fatores, com destaque às mudanças promovidas na morfologia das vertentes, na vegetação e no solo (SELBY, 1982).

A erosão por salpicamento (“*splash erosion*”) é o processo resultante da energia das gotas de água da chuva em contato com a superfície, promovendo o destacamento das partículas do solo. Ele desempenha, ainda, três funções: o selamento da camada superficial do solo, diminuindo a infiltração e promovendo o escoamento superficial; a desagregação das partículas, deixando-as soltas para mobilização pelo escoamento superficial difuso; e o transporte de partículas mais finas, pela ação do impacto das gotas na superfície, deslocando-as para jusante, seguindo a declividade da vertente (SELBY, 1982).

A ocorrência desse processo é dependente da quantidade, intensidade e duração da precipitação, mas principalmente da existência e das características da cobertura vegetal, que atuam na interceptação das gotas de água, protegendo o solo. As características litológicas, morfológicas e morfométricas, e de uso da terra também são importantes nas taxas de operação desse processo (SELBY, 1982; HART, 1986).

A erosão pelo escoamento superficial pode ocorrer de forma difusa, denominada também de erosão laminar, ou de forma concentrada em canais preferenciais, levando a formação de sulcos, ravinas e voçorocas. Diante da importância desses dois tipos de erosão nas ações judiciais ambientais, frequentemente destinadas a investigar as causas, responsabilidades e danos resultantes de sua operação; os subcapítulos a seguir visam apresentar e discutir suas definições.

A. EROSÃO DIFUSA

CONCEITO SOB A VISÃO DA GEOMORFOLOGIA

A erosão difusa é mais comumente referida na literatura pelo termo “erosão laminar”. Apesar da preferência pela utilização do termo “erosão difusa”, em detrimento do segundo, diante da aceção limitada deste, como será abordado posteriormente, optou-se por realizar o levantamento bibliográfico com base no termo “erosão laminar”, tendo em vista seu uso mais recorrente.

O termo erosão laminar pode ser encontrado na literatura em língua portuguesa também como “erosão em lençol”. Essa segunda terminologia possui maior similaridade com o termo em inglês, majoritariamente descrito pelo termo “*sheet erosion*”, apesar de outros termos como “*sheet wash*” e “*sheetflood erosion*” serem também empregados, muitas vezes como sinônimos. Nas línguas de origem latina, a designação comum se aproxima mais do termo “erosão laminar”, conforme demonstrado na Tabela 8, abaixo.

Tabela 8 - Termo "erosão laminar" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

Inglês	<i>Sheet erosion, Sheet-wash, Unconcentrated wash</i>
Francês	<i>Erosion lumineaire</i>
Espanhol	<i>Erosión laminar</i>
Italiano	<i>Erosione laminare</i>
Alemão	<i>Schichtflutspülung</i>

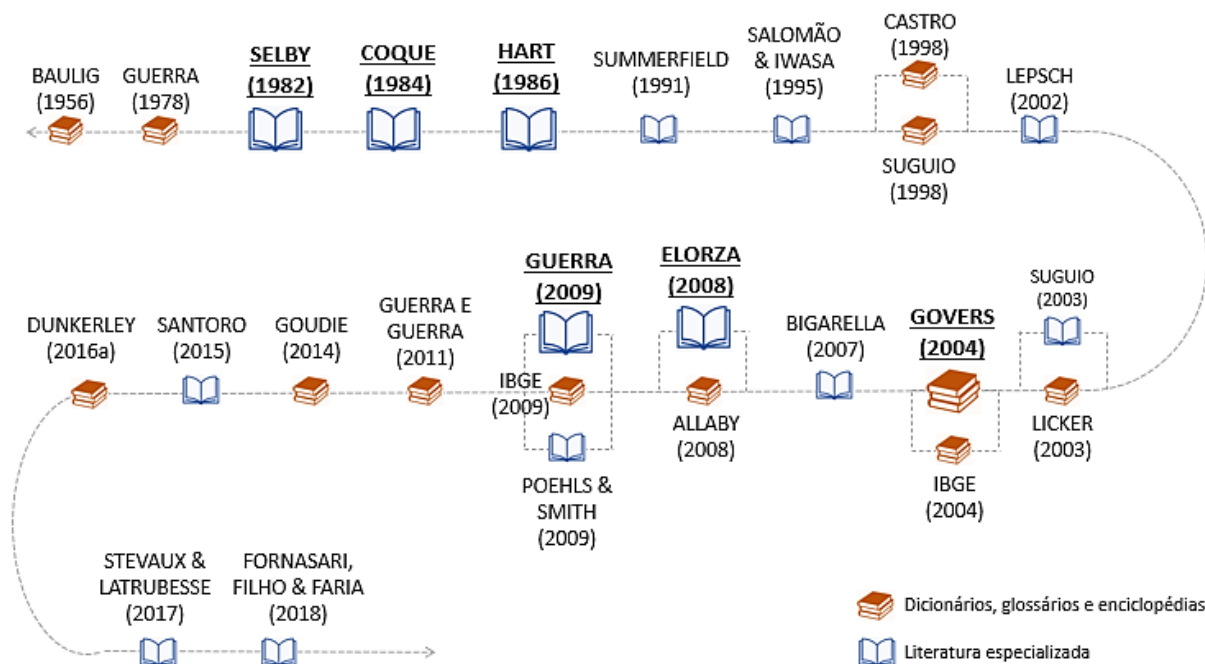
Fonte: Rassam et al. (1987), Hart (1986), Suguio (1998, 2003).

A partir da pesquisa bibliográfica foi possível observar que grande parte dos dicionários, glossários e enciclopédias apresenta uma definição específica para o termo, em verbete próprio. Nos compêndios consultados, esse termo costuma ser definido com um dos processos que compõem a erosão pluvial, ou seja, que apresenta a ação da água como principal agente de erosão, caracterizado pela remoção e transporte de materiais pelo escoamento superficial atuando de forma difusa, sem que se formem canais preferenciais de fluxo.

Apesar de ser tratada em algumas referências como uma etapa inicial da sequência evolutiva dos processos erosivos, que na sequência evoluiria para erosão por escoamento superficial concentrado, a erosão laminar pode acarretar a remoção dos materiais em quantidade superior do que a erosão concentrada em sulcos, ravinas e voçorocas, dependendo das condições ambientais na qual ocorrer.

Dessa forma, a importância atribuída à erosão difusa reverbera em grande número de definições. A bibliografia consultada para tal levantamento e sistematização é retratada na Figura 20. As referências selecionadas, diante de sua aderência ao entendimento do termo nessa pesquisa, encontram-se listadas na Tabela 9, abaixo, em conjunto com a citação direta das respectivas definições extraídas de cada uma.

Figura 20 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "erosão laminar"



Fonte: Elaborado pela autora

Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 9 - Definição do termo "erosão laminar" de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
SELBY (1982)	<p>“Overland flow or sheet flood give rise to the process of sheet wash. It occurs, where the rock or soil surface is smooth, as a continuous film of water, or on slightly rougher terrain as a series of tiny rivulets connecting one water-filled hollow with another. On a grassed slope wash is transformed into numerous threads of water passing around the stems. In forests where there is a thick litter surface flow may be virtually concealed among the decaying leaves and twigs. Sheet flow is usually very shallow towards the crest of a hill but the flow depth increases downslope. Experimental work shows that falling raindrops retard the flow and disturb it so that while parts of a sheet flow may be laminar and have little erosive power, other parts are turbulent and more erosive.” (p. 104).</p> <p>Tradução nossa: Escoamento superficial e enxurradas dão origem ao processo de escoamento laminar, onde a superfície rochosa ou de solo é suave, como uma lâmina contínua de água, ou em terreno ligeiramente mais irregular, como uma série de pequenos canais conectando depressões preenchidas com água. Em uma vertente com gramíneas o fluxo é transformado em inúmeros filetes de água passando ao redor das raízes. Nas florestas onde há uma espessa serapilheira o fluxo pode ser virtualmente escondido entre as folhas caídas e galhos. O fluxo laminar é usualmente superficial na direção do topo de uma colina, mas a profundidade do fluxo aumenta à vertente abaixo. Trabalhos experimentais mostram que as gotas da chuva em queda retardam o fluxo e o perturbam de forma que, enquanto em algumas partes do fluxo laminar possa ser laminar e ter pouco poder erosivo, outras partes são turbulentas e mais erosivas.</p>

Referência	Definição
COQUE (1984)	<p><i>“La arroyada elemental es concentrada o difusa. La primera se caracteriza por un flujo lineal del agua. En la segunda, éste se divide en una multitud de hilos sinuosos, anastomosados y cambiantes durante su actividad y de un período de actividad a otro (en inglés, rill-wash). Cuando estos hilos se multiplican y se extienden hasta el punto de fusionarse, el flujo adquiere la forma de una delgada película de agua en movimiento (en inglés, sheet-wash). [...] No obstante, la observación de la coexistencia de los dos tipos de arroyada, a veces en la misma vertiente, prueba que cada caso depende de una sutil combinación de los efectos de los factores actuantes.” (p. 124).</i></p>
HART (1986)	<p><i>“Soil erosion by water involves two separate events that occur one after the other. The first is detachment of particles, which is the result of raindrop erosion. The second is the transportation of those particles, and this is achieved by runoff erosion, which might be unconcentrated sheetwash or concentrated flow leading to rill, gully and pipe erosion. The distinction is of practical as well as academic importance. For example, terracing, a common conservative practice, controls transportation but not detachment.” (p. 139).</i></p> <p>Tradução nossa: A erosão do solo pela água envolve dois eventos separados que ocorrem um após o outro. O primeiro é o destacamento das partículas, que é o resultado da erosão pela gota de água da chuva. O segundo é o transporte dessas partículas, e isso é realizado pela erosão pelo escoamento superficial, que pode ser difuso ou num fluxo concentrado levando à formação de sulcos, voçorocas e erosão em <i>piping</i>. A distinção é de importância prática, assim como acadêmica. Por exemplo, o terraceamento, uma prática de conservação comum, controla o transporte, mas não o destacamento.</p>
SUMMERFIELD (1991)	<p><i>“The movement of water across a slope surface, irrespective of how it is generated, is termed sheet flow, although this is a rather misleading description since the water flow is never of uniform depth because of the microtopography of hillslope surfaces. Sheet flow can in fact grade into channelled fluvial flow as the water movement becomes progressively more concentrated into particular downslope routes, and the distinction between the two is sometimes difficult to make.” (P. 176).</i></p> <p>Tradução nossa: O movimento de água sobre uma vertente, em relação a como é gerado, é denominado fluxo laminar, apesar de essa ser uma descrição relativamente enganosa uma vez que o fluxo d'água nunca é de profundidade uniforme por causa da microtopografia das vertentes. O fluxo laminar pode, de fato, evoluir ao fluxo fluvial canalizado conforme o movimento da água se torna mais concentrado em rotas particulares vertente abaixo, e a distinção entre ambos é, às vezes, difícil de fazer.</p>
GOVERS (2004)	<p><i>“Sheet erosion is often defined as the removal of a thin layer of surface soil by water erosion processes without the development of noticeable channels. The absence of channels does not imply that sheet erosion is completely uniform. [...] If a soil surface is only affected by sheet erosion this will result in a gradual lowering of the whole soil surface. In many landscapes, sheet erosion often occurs simultaneously with rill and gully erosion, with gully erosion dominating in hillslope hollows (concavities), while sheet and rill erosion mainly affect convex and rectilinear slope segments.” (p. 947)</i></p>

Referência	Definição
	<p>Tradução nossa: Erosão em lençol é frequentemente definida como a remoção de uma fina camada de solo superficial por processos de erosão pela água, sem o desenvolvimento de canais perceptíveis. A ausência de canais não significa que a erosão em lençol é completamente uniforme. [...] Se a superfície do solo é afetada apenas pela erosão em lençol isso irá resultar no rebaixamento gradual de toda a superfície do solo. Em muitas paisagens, a erosão em lençol ocorre frequentemente simultaneamente com a erosão em sulcos e em voçorocas, com a erosão em voçorocas predominando em depressões de vertente (concauidades), enquanto a erosão em lençol e em sulcos afeta principalmente os segmentos de vertente convexos e retilíneos.</p>
<p>BIGARELLA (2007)</p>	<p>“Uma das formas fundamentais da erosão pelas águas pluviais relaciona-se à desagregação das partículas constituintes do solo e seu arraste pelas águas do escoamento superficial difuso (laminar). O fluxo de água com solo (especialmente de relativa homogeneidade) desloca-se vertente abaixo na forma de lençol, removendo de forma progressiva finas lâminas de materiais terrosos, sobretudo aqueles constituídos de partículas mais finas. [...] Na erosão laminar ocorre a remoção progressiva e sucessiva de películas do solo, afetando principalmente as partículas mais finas. Os microrrelevos da superfície do solo, sofrendo a ação do escoamento, originam turbulências que causam o ataque lateral das microformas.” (p. 921).</p>
<p>GUERRA (2009)</p>	<p>“A erosão em lençol é também conhecida por erosão laminar. Ela recebe esse nome, porque o escoamento superficial, que dá origem a esse tipo de erosão, se distribui pelas encostas de forma dispersa, não se concentrando em canais. O lençol de água que cobre a superfície do solo durante uma tempestade raramente se apresenta com profundidade uniforme e, em geral, ocorre de maneira anastomosada, sem canais definidos. Essa forma de escoamento ocorre, quase sempre, sob condições de chuva prolongada, quando a capacidade de armazenamento de água no solo e nas suas depressões e irregularidades satura.” (p. 179).</p>
<p>DUNKERLEY (2016a)</p>	<p>“sheet erosion. The stripping of soil material from a relatively broad area such as a field or hillside to a uniform depth and without the incision of discrete channels as large as rills or gullies. In reality, all hillslope run-off involves some degree of concentration of flow into small proto-channels or preferred flow lines, but if the soil material is resistant to scour or the shearing forces created by the water flow remain below the level required to entrain soil particles on a large scale, then the surface may be lowered without significant incision taking place.” (p. 480).</p> <p>Tradução nossa: A remoção de material de solo de uma área relativamente ampla, como um campo ou vertente a uma profundidade uniforme e sem a incisão de canais individuais tão grandes como sulcos ou voçorocas. Na realidade, todo escoamento superficial nas vertentes envolve algum grau de concentração do fluxo em pequenos proto-canais ou linhas preferenciais de fluxo, mas se o solo é resistente à escavação ou as forças de cisalhamento criadas pelo fluxo d’água permanecem abaixo do nível necessário para arrastar partículas do solo em uma larga escala, então a superfície pode ser rebaixada sem incisão significativa ocorrendo.</p>

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

De modo geral, os autores citados apresentam compreensão comum de que se trata da erosão promovida pelo fluxo difuso, ou seja, não concentrado em caminhos preferenciais. Alguns autores destacam a importância do processo de erosão por salpicamento, ou *splash*, na desagregação das partículas, posteriormente transportadas pelo escoamento superficial difusa, agindo esse como um agente de erosão e de transporte (SELBY, 1982; COQUE, 1984; HART, 1986).

A pequena profundidade do fluxo, ou seja, da lâmina d'água também é destacada pelos autores, ainda que essa varie espacialmente, adquirindo maior profundidade e velocidade em direção à base da vertente (SELBY, 1982; LICKER, 2003; IBGE, 2009; GOUDIE, 2014). Govers (2004), por exemplo, descreve a profundidade de até 20mm e velocidades de aproximadamente 0,5m/s. Apesar das baixas velocidades e profundidade, os autores destacam a efetividade desse processo na remoção e transporte do solo (SELBY, 1982; COQUE, 1984).

Alguns autores também tecem considerações acerca das condições climáticas associadas a sua atuação, destacando se tratar de processo mais significativo em regiões de clima árido e semiárido, nos quais as taxas de mobilização de material por esse processo são maiores do que em comparação com a erosão pelo escoamento superficial concentrado, diante da vegetação mais esparsa e das características relacionadas à precipitação (SELBY, 1982; COQUE, 1984; HART, 1986; GUERRA, 2009).

Dentre as definições, alguns autores destacam o papel exercido pela microtopografia do relevo, ou seja, por pequenas irregularidades como depressões e convexidades, ou pela presença de vegetação, que fazem com o que o fluxo laminar não seja totalmente uniforme, se concentrando em microdepressões, dividindo-se em locais com obstáculos e promovendo maior turbulência e erosão em alguns pontos em detrimento de outros. Essa microtopografia (ou microrrelevo, na definição de Bigarella (2007)), ainda assim, não é suficiente para ocasionar a concentração do fluxo e a incisão de canais mais profundos, como os sulcos (SUMMERFIELD, 1991; GOVERS, 2004; BIGARELLA, 2007; DUNKERLEY, 2016a).

A definição de Govers (2004) destaca a influência da morfologia das vertentes na ocorrência desse processo, mais frequente nos setores convexos e retilíneos das vertentes, em contraste com a erosão pelo escoamento concentrado e a formação de ravinas e voçorocas, que se desenvolvem principalmente nos setores côncavos, onde predomina a convergência dos fluxos.

As definições de Selby (1982), Coque (1984), Hart (1986), Govers (2004), Elorza (2008) e Guerra (2009) são utilizadas nessa pesquisa como base para definição do conceito, apresentado abaixo. Apesar de não incluídas na Tabela, por não apresentarem uma definição específica do termo, foram também utilizadas outras referências da literatura da geomorfologia, como Cooke e Doornkamp (1990) e Fornasari Filho et al./IPT (1992).

DEFINIÇÃO RECOMENDADA DO CONCEITO

A erosão difusa consiste na remoção dos materiais pela ação do escoamento superficial difuso, ou seja, não concentrado em caminhos preferenciais aparentes. Trata-se de uma tipologia da erosão pluvial, provocada pela atuação da água da chuva, que mobiliza os materiais, especialmente os mais finos, após o processo de desagregação desses pelo impacto das gotas de chuva (erosão por salpicamento).

Esse processo ocorre quando a capacidade de infiltração do solo é excedida diante de precipitações intensas ou prolongadas, tornando o solo saturado e originando o escoamento superficial. O fluxo, no entanto, não apresenta potência suficiente para a formação de canais preferenciais visíveis, como sulcos. O impacto das gotas de água de chuva sobre a superfície, sobretudo quando ausente a vegetação, contribui à redução da taxa de infiltração no solo, bem como atividades antrópicas, como o uso de maquinário agrícola, promovendo a compactação do solo e, conseqüentemente, a redução da infiltração.

O escoamento superficial difuso não é uniforme, apresentando descontinuidades espaciais em função de diversos fatores, como a cobertura vegetal e a morfologia do setor de vertente. Próximo ao interflúvio, o fluxo é menos profundo, adquirindo maior profundidade em direção de jusante. Ele pode, também, dividir-se em função de obstáculos, como raízes e irregularidades da superfície, e formar numerosos filetes de água. Tais obstáculos, em conjunto com a ação das gotas de chuva quando essa ocorre simultaneamente, podem tornar o fluxo mais turbulento em alguns locais, promovendo maior erosão nesses pontos (SELBY, 1982; COQUE, 1984; GOVERS, 2004).

O uso da terra e as atividades antrópicas, também influenciam em sua distribuição espacial, favorecendo sua ocorrência em locais com uso intensivo do solo pela agricultura, em especial mecanizada, ou por pastagem (SELBY, 1982).

Outros fatores que influenciam na ocorrência da erosão laminar são: as características dos materiais, a morfologia e morfometria das vertentes, e a presença e tipologia da cobertura vegetal.

Dentre as características dos materiais, destacam-se os fatores de porosidade e permeabilidade do solo, a umidade e a condutividade hidráulica, a presença de argilas expansíveis, a compactação do solo, o pH e a atividade de organismos e da fauna do solo (endofauna). São fatores que influenciam diretamente nas taxas de infiltração da água da chuva e em sua erodibilidade (SELBY, 1982; COQUE, 1984; HART, 1986).

No que tange às características morfológicas e morfométricas das vertentes, três fatores podem ser destacados: (i) a declividade das vertentes e (ii) sua extensão (também denominada comprimento de rampa, dado pela distância entre o interflúvio e a base da vertente), ambas associadas à velocidade do fluxo e o favorecimento de sua concentração; (ii) a morfologia dos setores de vertente, nas quais predominam a dispersão ou a concentração do fluxo. No caso da erosão difusa, sua ocorrência é mais frequente nas vertentes convexas e retilíneas, que divergem o fluxo, ao passo que as vertentes côncavas, caracterizadas por sua

convergência, favorecem a formação do escoamento superficial concentrado (SELBY, 1982; COQUE, 1984)

A ausência de cobertura vegetal resulta na exposição do solo à ação das gotas de água da chuva (erosão por salpicamento), já que a vegetação deixa de interceptá-las e reduzir sua energia cinética. A vegetação possui a capacidade de formar estruturas granulares no solo, favorecendo altas taxas de infiltração, e produzir uma camada de serapilheira, altamente porosa e absorvente, que atua como uma camada protetora do solo. Adicionalmente, a vegetação promove a redução da velocidade do escoamento superficial, prevenindo a formação de canais preferenciais e sua ação erosiva (SELBY, 1982; COQUE, 1984).

As atividades antrópicas compõem outro fator de controle da erosão difusa, já que afetam simultaneamente os demais fatores citados, ao remover a cobertura vegetal, reduzir as taxas de infiltração do solo, promover sua compactação e a mudança em suas características e contribuir ao aumento da erosividade. Destacam-se, nesse sentido, as atividades agrícolas, em especial com o uso de maquinário, que promove a compactação do solo em função do peso aplicado, a pastagem e a urbanização, sobretudo em seus estágios iniciais, envolvendo exposição do solo e realização de cortes e aterros.

Apesar de sua baixa energia, não apresentando potência suficiente para a formação de sulcos, a erosão difusa pode ser muito efetiva na remoção e transporte de materiais (SELBY, 1982). A concentração do escoamento superficial em canais preferenciais representa a interrupção da erosão difusa e descontínua, e a evolução do processo erosivo, resultando na formação de pequenas incisões, como os sulcos, ou podendo resultar na formação de ravinas e voçorocas, abordadas nos subcapítulos posteriores. É importante destacar, no entanto, que essas duas modalidades de escoamento, difuso e concentrado, podem coexistir em uma mesma vertente, de forma que a combinação dos fatores atuantes (clima, solo, vegetação, morfologia e morfometria e atividades antrópicas) e seus efeitos, irá determinar a predominância de um ou outro (COQUE, 1984).

Diante das características da erosão difusa, é recomendada a utilização desse termo (“erosão difusa”), em detrimento das expressões “erosão laminar” ou “erosão em lençol” que: (i) não expressam o processo geomorfológico em operação, se o escoamento superficial difuso ou concentrado, e (ii) não refletem a realidade da superfície do terreno, repleta de irregularidades, e portanto, não permitindo a formação de um fluxo de profundidade uniforme, em lençóis, como subentendido nos termos “laminar” e “lençol”.

COMO O CONCEITO É APROPRIADO NOS PROCESSOS JUDICIAIS

Foram extraídos 10 trechos contendo o termo “erosão laminar”, a maior parte dos quais de documentos técnicos, entre pareceres (6 trechos) e laudos periciais (3 trechos). Dentre os documentos não técnicos, foi extraído apenas um trecho, de peça judicial de Contestação.

Na maioria dos casos, o termo é utilizado em conjunto com o conceito de “feições lineares”, formando um binômio “feições erosivas laminares e lineares”, ou em contraposição

aos sulcos, como demonstrado no trecho a seguir, extraído de parecer técnico da ação judicial de Bragança Paulista, acerca dos processos erosivos e assoreamento de corpo d'água gerado por ampliação e pavimentação de estrada rural.

*“Durante vistoria realizada na área em litígio, constatou-se que o sistema de drenagem implantado ao longo da estrada asfaltada não estava cumprindo o seu papel de coletar e direcionar as águas, desencadeando **processos erosivos tanto laminares quanto em forma de sulcos** [...]” (Processo Judicial nº 0006652-96.2001.8.26.0099, Comarca de Bragança Paulista, 2ª Vara Cível, Parecer técnico, f. 424, grifo nosso).*

É possível observar a compreensão nas ações judiciais analisadas de que a erosão difusa representa degradação menos severa e que é menos influenciada pelas ações antrópicas, ainda que possa evoluir para processos de erosão de maior magnitude, como sulcos, ravinas e voçorocas, como resultado da concentração dos fluxos. Tal compreensão faz com que esse processo geomorfológico seja menos citado, pois é considerado como menos importante diante do baixo potencial de dano ambiental e risco associado. Algo similar se verifica em relação ao termo “rastejo”, não encontrado em nenhuma das ações judiciais, apesar de tratar-se de fenômeno muito frequente, particularmente no Estado de São Paulo onde se desenvolvem as ações judiciais analisadas, e com contribuição importante às taxas erosivas e na evolução para outros processos desse tipo.

Adicionalmente, esse entendimento de que se trata de erosão menos severa não leva em consideração a espacialidade e a temporalidade do fenômeno, que quando persistente e ocupando uma área abrangente, pode resultar em degradação significativa.

Em apenas um dos casos foi apresentada definição ao termo, em parecer técnico inserido na ação judicial de Piracicaba, envolvendo a construção e operação de Estação de Tratamento de Esgotos em área de condomínio residencial (trecho a seguir).

*“No Brasil, em razão das suas características climáticas, merecem destaque os processos de erosão pluvial pela ação das águas da chuva sobre a superfície do terreno, os quais resultam em **feições erosivas laminares ou lineares**. As feições erosivas laminares resultam na remoção progressiva e uniforme das partículas constituintes do solo, a partir das suas camadas mais superficiais. Os processos atuantes são a ação do escoamento superficial difuso e ação do impacto das gotas de chuva, sendo os processos acentuados pela ausência da proteção do solo pela vegetação.” (Processo Judicial nº 0003694-07.2008.8.26.0451, Comarca de Piracicaba, Vara da Fazenda Pública, Parecer técnico, f. 539, grifo nosso).*

Apesar da definição acima apresentar a compreensão do termo enquanto resultado da atuação do escoamento superficial difuso, ela adota terminologia embasada sobre a concepção de que se trata de fluxo uniforme, em lâminas ou lençol. No entanto, como abordado anteriormente, tais fluxos laminares não são observados efetivamente nas vertentes, são teóricos, retirados predominantemente da reologia ou da mecânica de fluidos por lógica de experimento laboratorial ou por lógica formal (da física e da matemática). Apesar

disso, diante da objetividade da abordagem, o termo foi consolidado sem existir de fato. Sua adoção repetida pelos agrônomos culminou em sua consolidação no meio técnico.

Essa concepção, como demonstrado anteriormente, contrasta com a definição adotada nessa pesquisa. Esta, por sua vez, é embasada na compreensão do termo pelo meio acadêmico, mais preocupado com a geomorfologia como ciência básica e com a história da ciência propriamente dita, e apoiado em monitoramentos e experimentação de campo para identificação e caracterização dos mecanismos atuantes, dentre outras técnicas.

B. EROSÃO CONCENTRADA

Além da erosão difusa, a erosão pluvial engloba, também, a erosão concentrada, resultante da concentração do escoamento superficial em canais preferenciais visíveis, que podem resultar, dependendo da combinação entre os fatores controladores desse processo, na formação de sulcos, ravinas e voçorocas.

B.1. EROSÃO EM SULCOS

CONCEITO SOB A VISÃO DA GEOMORFOLOGIA

O escoamento superficial concentrado se inicia escavando pequenos canais na superfície, denominados sulcos, que podem evoluir para ravinas e voçorocas em função da erosividade da chuva, das características do fluxo, vertentes e materiais; da presença, densidade e tipologia da cobertura vegetal, do uso da terra, etc.

Na literatura de língua inglesa, utiliza-se o termo “*rill erosion*” para designar a erosão em sulcos e o termo “*rill*” em relação a morfologia resultante desse processo, conforme a Tabela 10, abaixo.

Tabela 10 - Termo "sulco" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

Inglês	<i>Rill</i>
Francês	<i>Rigole</i>
Espanhol	<i>Reguero</i>
Italiano	<i>Ruscellamento</i>
Alemão	<i>Wasserriss, Rinnsal</i>

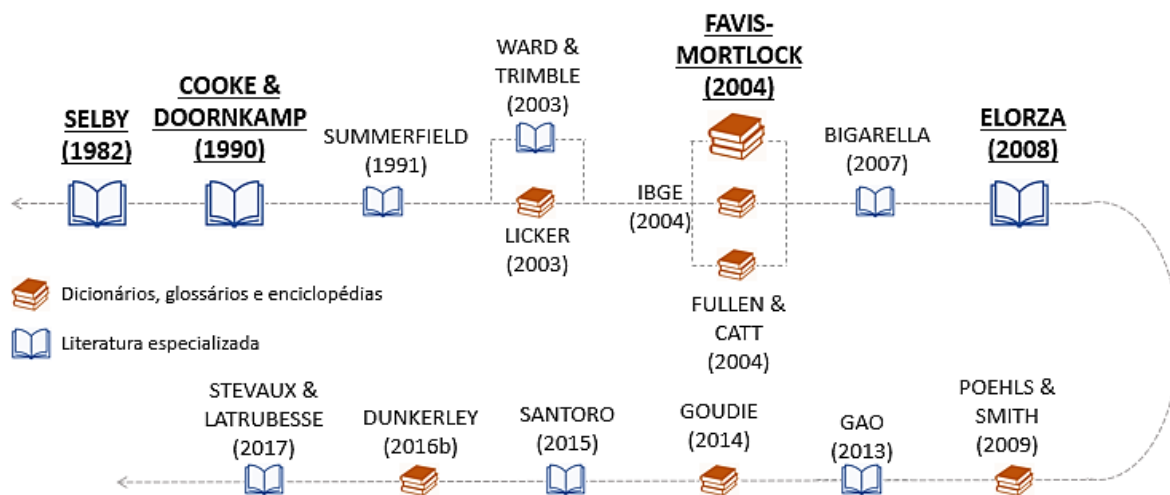
Fonte: Rassam et al. (1987), Elorza (2008), Parentti (informação pessoal), Höbling (informação pessoal).

Na literatura são encontradas definições convergentes para o termo, que destacam a atuação do escoamento superficial concentrado na formação e evolução dos canais, sua dimensão reduzida, em termos de profundidade e largura, e seu caráter cíclico, ao ressaltar a possibilidade de destruição provisória destas morfologias por técnicas agrícolas, que serão novamente esculpidas em eventos de precipitação com energia suficiente para seu entalhamento

A Figura 21 apresenta a bibliografia consultada durante o levantamento e sistematização, ao passo que as referências selecionadas, em função de sua aderência com a

compreensão do termo nessa pesquisa e utilizadas em sua definição, encontram-se listadas na Tabela 11.

Figura 21 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "erosão em sulcos" e "sulcos"



Fonte: Elaborado pela autora
Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 11 - Definição do termo "sulco" e "erosão em sulcos" de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
SELBY (1982)	<p><i>"Sheet wash rapidly becomes concentrated, as the water is diverted round objects, into very small channels or rills. The water in a rill has sufficient depth for considerable turbulence to develop in it and rills flows can therefore entrain larger particles than sheet wash."</i> (p. 105).</p> <p>Tradução nossa: O escoamento laminar rapidamente se torna concentrado, conforme a água é desviada ao redor de objetos em canais muito pequenos ou sulcos. A água em um sulco tem profundidade suficiente para turbulência considerável se desenvolver nele e fluxos em sulcos podem, portanto, arrastar partículas maiores do que o escoamento laminar.</p>
COOKE & DOORNKAMP (1990)	<p><i>"Normally runoff will be in rills (defined as channels that can easily be removed by ploughing) or in gullies."</i> (p. 89).</p> <p><i>"When surface runoff is initiated it may be in sheet form or, where the irregularities of the surface demand it, in the form of filaments of flow in a complex, braided pattern. Rills are often seen as a development form such flows; they are ephemeral and discontinuous features that can develop rapidly during a runoff event."</i> (p. 92).</p> <p>Tradução nossa: Normalmente o escoamento superficial será em sulcos (definidos como canais que podem ser facilmente removidos por aragem) ou em voçorocas. Quando o escoamento superficial é iniciado pode ser na forma de lençol ou, onde as irregularidades da superfície exigem, na forma de filamentos de fluxo em um padrão complexo, entrelaçado. Os sulcos são frequentemente vistos como um desenvolvimento desses fluxos; eles são feições efêmeras e descontínuas que podem se desenvolver rapidamente durante um evento de escoamento superficial.</p>

Referência	Definição
SUMMERFIELD (1991)	<p><i>“Sustained concentrated flow can eventually produce rills, microchannels a few centimetres in depth and width. In humid environments the presence of vegetation means that rills usually develop only on artificially disturbed surfaces, but in arid and semi-arid environments they can occur naturally.” (p. 177).</i></p> <p>Tradução nossa: A sustentação do fluxo concentrado pode eventualmente produzir os sulcos, micro canais com alguns centímetros de profundidade e largura. Em ambientes úmidos a presença de vegetação significa que os sulcos geralmente se desenvolvem apenas em superfícies artificialmente perturbadas, mas em ambientes áridos e semiáridos eles podem ocorrer naturalmente.</p>
FAVIS-MORTLOCK (2004)	<p><i>“Flow with still greater kinetic energy will generate a shear stress which is sufficient to detach soil particles from the body of the soil. These particles will then be transported along with splashed-in sediment. At locations where such detachment occurs, the soil’s surface is lowered slightly. Such lowered areas form preferential paths for subsequent flow, and will thus be eroded further. Rather quickly, this positive feedback results in small, well-defined linear concentrations of flow, known as ‘microrills’ or ‘traces’, with a width and depth of a few millimetres. Many microrills will eventually become ineffective due to deposition within the microrill itself. But a fortunately located subset may grow further to become rills, with a maximum width and depth of a few tens of centimetres.” (p. 852).</i></p> <p>Tradução nossa: Fluxo com energia cinética ainda maior irá gerar tensão de cisalhamento suficiente para deslocar partículas de solo do corpo do solo. Essas partículas serão, então, transportadas junto com sedimento incorporado pela ação erosiva das gotas de chuva. Nos locais onde tal deslocamento ocorre, a superfície do solo é ligeiramente rebaixada. Tais áreas rebaixadas formam caminhos preferenciais para o fluxo subsequente, e serão, então, mais erodidas. Rapidamente esse feedback positivo resulta em concentração do fluxo, pequena e bem definida linearmente, conhecida como microsulcos ou traços, com largura e profundidade de alguns milímetros. Muitos microsulcos não serão eventualmente efetivos, devido a deposição no interior do próprio microsulco. Mas um subgrupo afortunadamente bem localizado pode crescer mais e se tornar sulcos, com largura e profundidade máxima de algumas dezenas de centímetros.</p>
ELORZA (2008)	<p><i>“La erosión por regueros se produce fundamentalmente por arranque de partículas del suelo por flujo concentrado y afecta a una pequeña parte de la superficie terrestre. Los regueros pueden desarrollarse cuando la escorrentía se concentra en pequeñas irregularidades topográficas. Sin embargo, la erosión por regueros no comienza hasta que la capacidad erosiva del flujo supera la resistencia del suelo al arranque de partículas, de modo que la escorrentía puede fluir una distancia considerable por la ladera hasta que se desarrolla el reguero.” (p. 601).</i></p>
POEHLS & SMITH (2009)	<p><i>“Rill. A very small stream of water. The term ‘rills’ typically refers to the first channels formed by runoff, which carry water only during storms. Newly formed rills initially develop in a parallel pattern in the predetermined slope without materially altering the natural slope. These ‘shoestring’ rills can become part of a drainage net by micropiracy (the capture of small drainage channels by a larger channel). The ridges between initially separated adjacent rills break down and the rills join as part of the drainage pattern’s evolution.” (p. 299).</i></p> <p>Tradução nossa: Sulco. Canal muito pequeno de água. O termo “sulco” tipicamente se refere aos primeiros canais formados pelo escoamento superficial, que carregam água</p>

Referência	Definição
	<p>apenas durante tempestades. Sulcos recém formados inicialmente se desenvolvem em padrão paralelo em determinada vertente sem alterar materialmente a declividade natural. Esses sulcos em forma de cadarços de sapato podem se tornar parte da rede de drenagem por meio da micro-pirataria (a captura de pequenos canais de drenagem por um canal maior). Os interflúvios entre sulcos adjacentes inicialmente separados rompem conforme os sulcos se unem como parte do padrão de evolução da drenagem.</p>
GAO (2013)	<p><i>“Rills consist of microchannels that have undergone erosion and/or deposition by concentrated surface runoff. [...] Rills are generally smaller than gullies in size. Typically, rills are 0.05–0.3 m wide and up to 0.3 m deep, whereas gullies have a minimum width of 0.3m and a depth typically ranging from 0.5 to 30 m. The threshold cross-sectional area that distinguishes rills from gullies is 929 cm², which is often referred to as ‘square foot criterion’.”</i> (p. 122).</p> <p>Tradução nossa: Sulcos consistem em microcanais que sofreram erosão e/ou deposição pelo escoamento superficial concentrado. [...] Os sulcos são geralmente menores que as voçorocas em tamanho. Tipicamente, sulcos têm largura de 0.05 – 0.3m e até 0.3m de profundidade, enquanto as voçorocas têm uma largura mínima de 0.3m e profundidade tipicamente variando entre 0.5 a 30m. O limite da área da seção transversal que distingue sulcos de voçorocas é 929cm², o qual é geralmente referido como o “critério do metro quadrado”.</p>
SANTORO (2015)	<p>“Sulco – é um tipo de erosão no qual o fluxo d’água ao atingir maior volume transporta maior quantidade de partículas, formando incisões na superfície de até 0,5m de profundidade e perpendiculares às curvas de nível.” (p. 56)</p>
DUNKERLEY (2016b)	<p><i>“rill. Rills are small ephemeral channels that often form in sub-parallel sets on sloping agricultural land in response to intense run-off events. They are also common on steep and unprotected surfaces like road and other earthen embankments. The term ‘rill’ is also applied to small but longer lived channels that carry run-off from hillslopes and convey it to larger stream channels (see interrill flow). Rills are primarily found on hillslopes, though thalweg rills do occur.”</i> (p. 448).</p> <p>Tradução nossa: Sulcos são pequenos canais efêmeros que se formam frequentemente em conjuntos subparalelos em vertentes com agricultura e em resposta a eventos de escoamento superficial intenso. Eles também são comuns em superfícies desprotegidas e com declividade acentuada, como estradas e outros aterros de terra. O termo “sulco” é também aplicado à canais pequenos, mas com permanência mais longa que carregam o escoamento superficial das vertentes e o encaminham em canais fluviais maiores. Sulcos são encontrados primordialmente em vertentes, apesar de sulcos ocorrerem também em talvegues.</p>

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

Algumas definições destacam o papel dos trechos, ou interflúvios, localizados entre os sulcos. Na literatura em inglês esses setores são denominados pelos termos *“interrill”* e *“interrill erosion”* para designar o processo de remoção dos materiais nesses setores, caracterizados por morfologias convexas, de dispersão de fluxo e, portanto, de predomínio dos processos de erosão difusa e por salpicamento. De acordo com os autores, o papel desempenhado por esses setores entre sulcos é de fundamental importância na evolução dos primeiros, pois fornece material para o interior dos mesmos, depositando-os e podendo ocasionar a destruição dessas formas. Nesse sentido, os autores destacam que ocorreria a

evolução cíclica, por alternância de períodos com a abertura dos canais, predominando o processo de erosão em sulcos, e posteriormente pelo preenchimento destes, durante o predomínio do processo de erosão entre sulcos (ELORZA, 2008; DUNKERLEY, 2016b).

Destaque é dado, também, ao papel dos sulcos na evolução da rede de drenagem, considerada a primeira etapa do desenvolvimento desta nas vertentes (COOKE; DOORNKAMP, 1990; POEHLS; SMITH, 2009). Baseando-se no modelo proposto por Horton, o desenvolvimento de diversos sulcos paralelos ao longo das vertentes, seria seguido da concentração seletiva dos fluxos em canais de maior profundidade e dimensão, ou mais à jusante na vertente, que capturariam os demais sulcos, criando uma drenagem dendrítica. A esse processo, Horton denominava de *cross-grading* (DUNKERLEY, 2016b).

No que tange à dimensão dessas morfologias, Santoro (2015) e Favis-Mortlock (2004) descrevem a profundidade e largura dos sulcos restritas a algumas dezenas de centímetros, ao passo que Gao (2013) distingue os sulcos em relação às voçorocas com base na dimensão limite de 0,3m de largura e profundidade e área da seção transversal de até 929 cm². São comuns, também, conforme verificado na bibliografia consultada, a distinção entre essas morfologias com base na facilidade de atravessá-las ou saltá-las, em desfazê-las por instrumentos agrícolas, ou pela profundidade atingida no perfil do solo, tal como descrito em Cooke e Doornkamp (1990).

As definições de Selby (1982), Cooke e Doornkamp (1990), Favis-Mortlock (2004) e Elorza (2008) são aquelas que mais se aproximam da compreensão do conceito nessa pesquisa e foram utilizadas como base na sua definição, apresentada a seguir. Adicionalmente, foram utilizadas as contribuições de Coque (1984) e Hart (1986) que, apesar de não apresentarem propriamente uma definição ao termo, abordam seus mecanismos e a relação entre com as características morfológicas e dos materiais envolvidos.

DEFINIÇÃO RECOMENDADA DO CONCEITO

A erosão em sulcos pode ser definida como a remoção e transporte de materiais por meio de caminhos preferenciais do escoamento superficial concentrado. A concentração dos fluxos ocorre em função de irregularidades na superfície, decorrentes da morfologia das vertentes, da existência de obstáculos ao fluxo, como afloramentos rochosos e cobertura vegetal. Em decorrência da maior energia adquirida pelo fluxo, agora concentrado, ele é capaz de superar a resistência exercida pelos materiais e destacar as partículas do solo, formando pequenos canais preferenciais, que diante da persistência desse processo, se aprofundam e expandem lateralmente, formando os sulcos. Essas morfologias apresentam pequena dimensão, com profundidade e largura de algumas dezenas de centímetros, em extensão, no entanto, podem atingir dezenas de metros.

A concentração do escoamento, inicialmente difuso e com predomínio da erosão difusa, ocorre em função da presença de irregularidades na vertente, como depressões e convexidades, afloramentos rochosos, cobertura vegetal e outros obstáculos, resultando na concentração do fluxo. Uma vez concentrado, este passa a apresentar energia suficientemente superior à resistência exercida pela coesão entre as partículas do solo,

resultando na remoção dos materiais e em seu transporte, em conjunto com os sedimentos já desagregados pela ação erosiva da água da chuva (SELBY, 1982; FAVIS-MORTLOCK, 2004; ELORZA, 2008).

No interior dos sulcos, o fluxo é predominantemente turbulento, com profundidade, velocidade e potência suficiente para aprofundar os canais verticalmente e lateralmente, e transportar materiais de maior granulometria como carga de fundo (ELORZA, 2008; DUNKERLEY, 2016b). A persistência do fluxo concentrado promove o rebaixamento progressivo desses canais preferenciais que, dessa forma, serão ainda mais erodidos, promovendo um feedback positivo que resulta em seu aprofundamento. Dependendo da persistência desse processo, os canais podem ser obliterados pela deposição do material transportado ou proveniente de suas laterais. Caso contrário, eles podem atingir profundidades de algumas dezenas de centímetros (FAVIS-MORTLOCK, 2004).

Algumas variáveis influenciam a formação e desenvolvimento da erosão em sulcos, como a quantidade e intensidade da precipitação. Do ponto de vista da morfologia e morfometria das vertentes, destacam-se a declividade, o comprimento de rampa e a forma, ocorrendo preferencialmente nos setores côncavos, onde ocorre a concentração dos fluxos (ELORZA, 2008; DUNKERLEY, 2016b).

A cobertura vegetal também apresenta grande influência, já que a existência da vegetação reduz o impacto das gotas de água da chuva e favorece o processo de infiltração. Assim, a formação de sulcos ocorre mais frequentemente em áreas desprovidas de vegetação, submetidas às queimadas, pastagem intensiva ou às atividades antrópicas com movimentação de terra, como cortes e aterros, implantação de estradas e fases iniciais de urbanização (COOKE; DOORNKAMP, 1990; GOUDIE, 2013).

Esses canais, inicialmente paralelos, evoluem predominantemente por erosão regressiva, em direção à cabeceira, e pelo processo de captura de canais menores por canais de maior dimensão e profundidade ("*cross-grading*", no conceito de Horton ou "*micropiracy*", na literatura), interconectando-se e formando uma rede interligada de canais. Eventualmente, um sulco de maior dimensão, que recebe a contribuição de sulcos menores, pode se transformar em um canal efêmero (SELBY, 1982; POEHLS; SMITH, 2009; DUNKERLEY, 2016b). Esse processo, no entanto, pode não se estender até atingir o interflúvio, uma vez que o escoamento superficial não possui profundidade e força erosiva suficiente para exceder a coesão do solo nesses setores (SELBY, 1982; COOKE; DOORNKAMP, 1990).

Por esse motivo, os sulcos podem ser observados do ponto de vista de seu papel na evolução da rede de drenagem nas bacias hidrográficas, promovendo a expansão da rede e integrando-se posteriormente aos canais fluviais de maior dimensão (COOKE; DOORNKAMP, 1990; POEHLS; SMITH, 2009; DUNKERLEY, 2016b).

Entretanto, sua permanência na paisagem pode ser restrita aos períodos de maior precipitação, desaparecendo posteriormente por meio do preenchimento de tais canais pelo material proveniente de suas laterais, dos setores entre os sulcos, onde ocorre igualmente erosão difusa e por salpicamento.

Por outro lado, em ambientes submetidos à erosão acelerada, ou seja, ao desequilíbrio entre as taxas de remoção e produção de solo (ver item 4.2.1.1), em decorrência principalmente de atividades antrópicas, pode ocorrer a evolução e aprofundamento desses canais, formando as ravinas e, em casos mais avançados, as voçorocas.

COMO O CONCEITO É APROPRIADO NOS PROCESSOS JUDICIAIS

Foram extraídos 27 trechos das ações judiciais analisadas contendo o termo “erosão em sulcos” ou “sulcos”. Aproximadamente 89%, foram extraídos de documentos técnicos, dentre pareceres técnicos (78%) e laudos periciais (11%), demonstrando tratar-se de termo essencialmente técnico, ou seja, mais restrito à essa esfera. Os demais trechos dividiram-se entre petições iniciais, sentenças e decisões e documentos recursais, como as razões de apelação, cada qual com 1 trecho selecionado.

No contexto dos documentos técnicos inseridos nas ações judiciais, observou-se a utilização do termo como resultado da concentração do escoamento superficial e formação de canais preferenciais, em etapa posterior à erosão difusa. Essa utilização aparece na maior parte das vezes associada a uma explicação, atribuindo a formação dos sulcos ao mal funcionamento do sistema de drenagem de águas pluviais e esgoto, pela abertura de trilhas e estradas, realização de terraplanagem, remoção da cobertura vegetal e, mais raramente, destacando os aspectos naturais que contribuem a tal formação, como a declividade acentuada e as características dos materiais.

Assim como observado em relação ao termo “erosão”, também os conceitos de “erosão por sulco” e “sulco” se encontram frequentemente associados aos impactos decorrentes da atuação desse processo, em especial o assoreamento de corpos d’água em função da disponibilidade de materiais removidos e transportados das vertentes, e suas consequências nesses ambientes fluviais, como a redução do tempo de vida dos reservatórios e sua eutrofização, incorrendo na redução na qualidade da água. Isso pode ser observado sobretudo nos processos judiciais que integram áreas de mananciais de abastecimento público, contendo reservatórios utilizados para abastecimento nas proximidades das áreas em litígio.

Alguns pareceres técnicos apresentam definição ao fenômeno da erosão em sulcos e as morfologias resultantes, como exposto nos trechos a seguir, extraídos de ação judicial envolvendo a abertura e operação de trilha de *motocross* em Mairiporã e, na sequência, trecho extraído de ação em Bragança Paulista, motivada pela ampliação e pavimentação de estrada rural às margens de reservatório.

“A erosão em sulcos resulta de pequenas irregularidades na declividade do terreno que faz com que a enxurrada, concentrando-se em alguns pontos do terreno, atinja volume e velocidades suficientes para formar riscos menos profundos. Esta situação se encontra em quase todos os caminhos abertos por máquinas.” (Processo Judicial nº 0001867-24.1999.8.26.0338, Comarca de Mairiporã, 1ª Vara Cível, Parecer técnico, f. 49).

“A erosão em sulcos geralmente inicia-se em virtude da erosão laminar, onde são criados sulcos sinuosos ao longo do declive. O sulco possibilita um maior fluxo de volume de água, criando sulcos cada vez mais profundos, podendo tornar-se grandes voçorocas.” (Processo Judicial nº 0006652-96.2001.8.26.0099, Comarca de Bragança Paulista, 2ª Vara Cível, Laudo pericial, f. 349).

Os dois trechos acima não apresentam correspondência com a compreensão do termo nessa pesquisa, conforme definição apresentada no subcapítulo anterior. Adicionalmente, elas ilustram as ambiguidades e inadequações conceituais associadas aos fenômenos do meio físico presentes nas ações judiciais. A primeira descreve as morfologias resultantes da erosão em sulcos como “riscos menos profundos”, descaracterizando a complexidade dessas formas e reduzindo suas características físicas, bem como os mecanismos responsáveis por sua formação. Já a segunda definição atribui a formação dos sulcos ao processo de erosão difusa, misturando equivocadamente dois processos distintos.

Foi identificado, também, o uso do termo com o sentido de talvegue do canal fluvial, conforme trecho reproduzido abaixo.

*“Os canais 1 e 2 apresentavam uma concavidade que controlava o escoamento da água superficial, mas não foi possível identificar o **sulco preferencial do fluxo d’água**, indicando fortemente que se tratava de uma drenagem intermitente, com ausência de vegetação característica de mata ciliar. O Canal 3 também apresenta dificuldade na definição do **sulco de drenagem**, mas a concavidade é mais acentuada que os demais permitindo seu delineamento [...]” (Processo Judicial nº 0025938-61.2013.8.26.0577, Comarca de São José dos Campos, 7ª Vara Cível, Parecer Técnico, f. 465/466, grifo nosso).*

As dimensões dos sulcos, em especial a profundidade, são muito destacadas, por meio de termos qualitativos, nos documentos técnicos e não técnicos. Nos casos observados, utiliza-se predominantemente termos como “sulcos profundos” ou “sulcos pronunciados”.

Em alguns trechos foi observada a compreensão dos processos de erosão em ravinas e em sulcos como sinônimos, sendo o sulco a morfologia resultante da atuação do processo de ravinamento, conforme trecho extraído a seguir.

*“O solo descoberto, exposto à ação das intempéries, favoreceu o **processo erosivo por ravinamento denunciado pelos sulcos no solo** onde foram criados caminhos pelo escoamento das águas de superfície. Tal fato, agravou-se devido a inexistência de um adequado sistema de drenagem aliado à topografia íngreme e composição mineralógica do solo.” (Processo Judicial nº 0001867-24.1999.8.26.0338, Comarca de Mairiporã, 1ª Vara Cível, Parecer técnico, f. 40, grifo nosso).*

Esta compreensão conflita com aquela recomendada nessa tese, não distinguindo as propriedades e os mecanismos atuantes na formação de ravinas, distintos daqueles atuantes nos sulcos, conforme abordado no subcapítulo a seguir.

B.2. EROÇÃO EM RAVINAS E VOÇOROCAS

CONCEITO SOB A VISÃO DA GEOMORFOLOGIA

O aprofundamento dos sulcos pelo escoamento superficial concentrado e turbulento no interior desses canais, resulta na evolução dessas morfologias em canais de maior dimensão denominados ravinas e, quando de grandes dimensões e complexo funcionamento, em forma de voçorocas.

Nos dicionários, glossários e enciclopédias consultados, sobretudo de língua inglesa, a distinção entre essas duas morfologias não é uma convenção, de forma que algumas dessas referências utilizam o termo “ravina” (Tabela 12), para designar canais menores, e o termo “voçoroca” (Tabela 13) para designar canais de grande dimensão. Muitas, no entanto, englobam no termo “gully” essas duas tipologias de erosão concentrada. Por esse motivo, elas serão abordadas em conjunto nesse subcapítulo.

Tabela 12 - Termo "ravina" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

Inglês	<i>Ravine, Gully</i>
Francês	<i>Ravin, Ravine</i>
Espanhol	<i>Cárcana</i>
Italiano	<i>Forra, Canalone, Gola</i>
Alemão	<i>Wasserriss, Runse, Schlucht</i>

Fonte: Baulig (1956), Rassam et al. (1987), Suguio (1998), Parentti (informação pessoal), Höbling (informação pessoal).

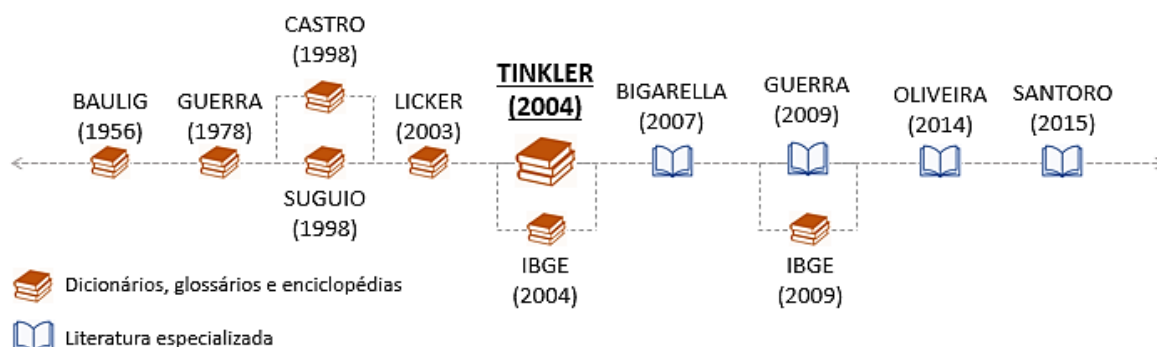
Tabela 13 - Termo "voçoroca" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

Inglês	<i>Gully</i>
Francês	<i>Ravine</i>
Espanhol	<i>Barranco</i>
Italiano	<i>Forra, Canalone, Gola</i>
Alemão	<i>Runse, Schlucht, Rinne</i>

Fonte: Baulig (1956), Rassam et al. (1987), Suguio (1998), Elorza (2008), Parentti (informação pessoal), Höbling (informação pessoal).

A bibliografia consultada para levantamento e sistematização das definições do termo “erosão em ravinas” é retratada na Figura 22. As referências selecionadas, diante de sua aderência ao entendimento do termo nessa pesquisa, estão listadas na Tabela 14, na sequência, em conjunto com a citação direta das respectivas definições extraídas de cada uma.

Figura 22 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "erosão em ravinas" e "ravinas"



Fonte: Elaborado pela autora
Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 14 - Definição do termo "ravina" e "erosão em ravina" de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
TINKLER (2004)	<p><i>"Ravines are much smaller gashes (the order of metres to tens of metres wide and deep) cut into the weak bedrock, or frequently into superficial sediments such as glacial deposits or deeply weathered horizons. The term ravine is frequently used in the context of soil erosion and land degradation, and a ravine, or ravine network, will have steep, weakly consolidated side slopes, flat channel bottoms characterized by a heavy sediment load, and a clear break of slope with the surface above. Present academic literature seems to find the technical use of the word limited to south and east Asia (Raj et al. 1999), otherwise it is used as a synonym for gully. [...] The word 'ravine' tends to imply a small deeply incised channel in a low-order drainage basin."</i> (p. 486)</p> <p>Tradução nossa: Ravinas são cortes muito menores (na ordem de metros a dezenas de metros de largura e profundidade) escavados em rocha frágil, ou frequentemente em sedimentos superficiais como depósitos glaciais ou horizontes profundamente intemperizados. O termo ravina é frequentemente usado no contexto de erosão e degradação do solo, e uma ravina ou uma rede de ravinas terá vertentes laterais de frágil consolidação e declividade acentuada, fundos planos do canal caracterizados por grande carga de sedimentos, e uma clara quebra de declividade com a superfície acima. A literatura acadêmica atual parece achar o uso técnico dessa palavra limitado ao sul e leste da Ásia, caso contrário é usada como sinônimo de voçoroca. [...] A palavra ravina tende a implicar um pequeno canal, profundamente incidido em uma bacia de drenagem de pequena ordem.</p>
IBGE (2009)	<p>"A erosão das vertentes, particularmente aquelas destituídas da cobertura vegetal, associada à precipitação e ao fluxo superficial, frequentemente causa a formação de uma rede de ravinas subparalelas. A erosão por fluxo concentrado é particularmente generalizada nos platôs ocupados por agricultura intensiva, resultando da conexão hidrológica entre uma área de contribuição de escoamento, onde a remoção do solo não ocorre necessariamente, e um canal coletor, onde a velocidade e a descarga do fluxo excedem os valores críticos para o surgimento e o desenvolvimento de ravinas." (p. 107)</p>

Referência	Definição
GUERRA (2009)	“As ravinas são formadas quando a velocidade do fluxo de água aumenta na encosta, provavelmente para velocidades superiores a 30cm/s, tornando o fluxo turbulento. [...] As ravinas são, muitas vezes, características efêmeras nas encostas. Algumas ravinas que são formadas após um evento chuvoso podem ser obliteradas por uma nova tempestade, que causaria, dessa forma, uma nova rede de ravinas, sem relação com as ravinas formadas anteriormente. [...] As ravinas são, quase sempre, iniciadas a uma distância crítica do topo da encosta, onde o escoamento superficial se torna canalizado. Elas podem ser formadas próximas à base das encostas onde uma pequena incisão recua em direção ao topo da encosta.” (p. 180/181).
SANTORO (2015)	“ Ravinas – são formas erosivas lineares com profundidade maior que 0,5m, neste caso as águas do escoamento superficial escavam o solo até seus horizontes inferiores; possuem forma retilínea, alongada e estreita.” (p. 56)

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

Alguns autores apresentam compreensão do termo “erosão em ravinas” como sinônimo de “erosão em sulcos”, como observado na definição apresentada em Guerra (2009) cuja descrição dos mecanismos de formação e morfologias resultantes aproximam-se do termo “sulco”. Nessa referência o autor aborda apenas os termos “ravinas” e “voçorocas”, excluindo o termo “sulco”.

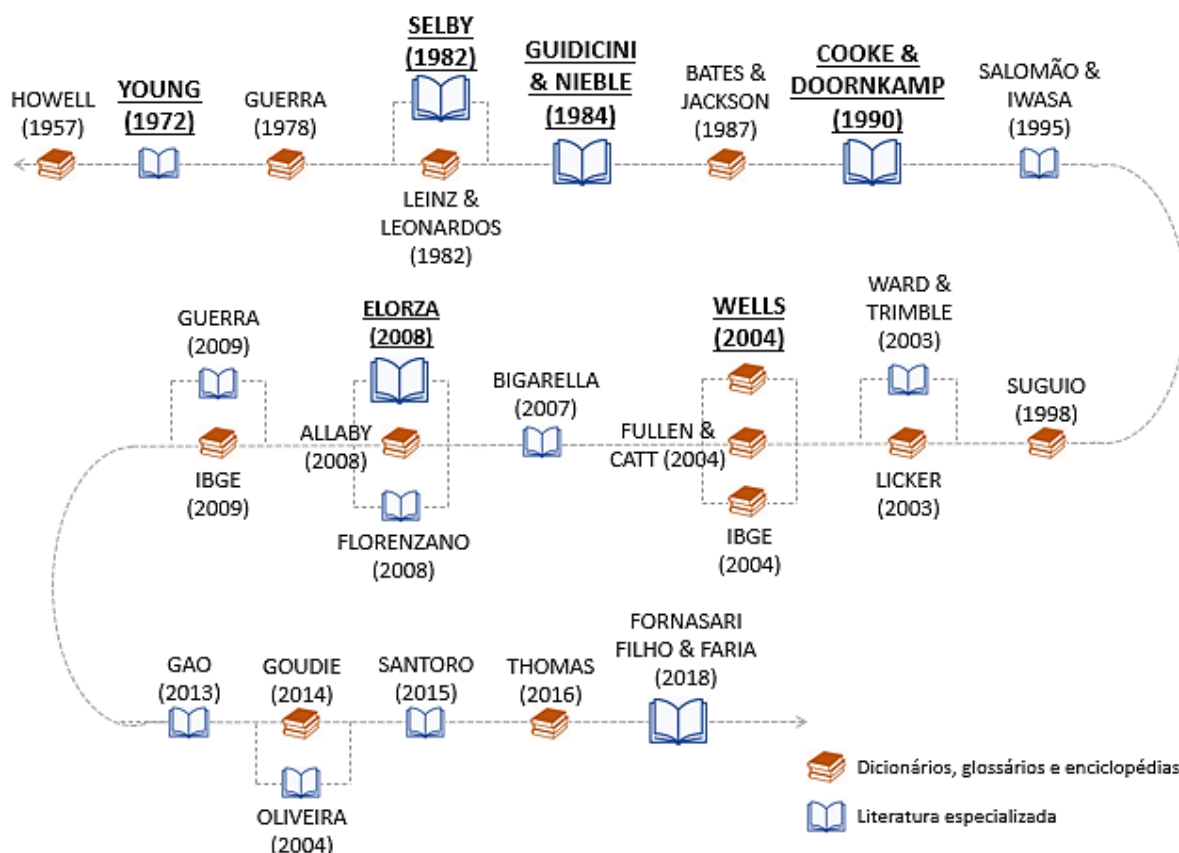
A dimensão das ravinas é destacada por alguns autores, com profundidade e largura da ordem de metros ou dezenas de metros (TINKLER, 2004; SANTORO, 2015).

Tinkler (2004) ressalta que o termo costuma ser utilizado internacionalmente como sinônimo de “*gully*”, equivalente a “voçoroca” na língua portuguesa, exceto em alguns locais onde a linguagem técnica passa a preferir a diferenciação entre ambas. Ainda assim, o autor reforça a diferenciação entre ambos, restringindo o termo “ravina” aos canais de pouca largura, mas profundos, em bacias hidrográficas de primeira ordem na hierarquia fluvial.

Essa opção pela distinção entre os dois termos, “ravinas” e “voçorocas”, e não pela utilização de um único conceito (“*gully*”) pode estar associada às diferenças morfoclimáticas entre os locais. A literatura de língua inglesa, restringiu-se, durante muito tempo, à investigação de processos geomorfológicos típicos de ambientes do meio temperado, no qual a atuação do intemperismo químico e das águas, sobretudo subterrânea e subsuperficial, são muito distintas dos mecanismos atuantes no Meio Tropical Úmido. Por outro lado, nesse último, os processos geomorfológicos e as formas resultantes apresentam características próprias, de forma que, fez-se necessário na literatura, a distinção entre esses dois processos, de erosão em ravinas e em voçorocas, em particular.

A Figura 23, abaixo, apresenta a bibliografia consultada para levantamento e sistematização das definições do termo “erosão em voçorocas”. As referências selecionadas diante de sua aderência à compreensão do termo nessa pesquisa, e utilizadas para sua definição, estão listadas na Tabela 15, abaixo.

Figura 23 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "erosão em voçorocas" e "voçorocas"



Fonte: Elaborado pela autora

Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 15 - Definição do termo "voçoroca" e "erosão em voçoroca" de acordo com a bibliografia selecionada

Referência	Definição
SELBY (1982)	<p><i>"A master rill may so deepen and widen its channel that it is classed as a gully – arbitrarily defined as a recently extended drainage channel that transmits ephemeral flow, has steep sides, a steeply sloping or vertical head scarp, a width greater than 0.3 m, and a depth greater than about 0.6 m (Brice, p. 1966, p. 290). Gullies may also form at any break of slope or break in the vegetation cover when the underlying material is mechanically weak or unconsolidated."</i> (p. 107).</p> <p>Tradução nossa: Um sulco principal pode se aprofundar e alargar tanto seu canal que é classificado como uma voçoroca – arbitrariamente definida como um canal de drenagem recentemente estendido que transmite fluxo efêmero, tem laterais acentuadas, uma escarpa principal com declividade acentuada ou vertical, largura superior a 0,3m e profundidade maior que em torno de 0,6m. Voçorocas podem também formar em qualquer ruptura de vertente ou ruptura na cobertura vegetal quando o material subjacente é mecanicamente frágil ou inconsolidado.</p>
GUIDICINI & NIEBLE (1984)	<p>"Típica de regiões climática subtropicais, as boçorocas são o resultado de profundas modificações das condições naturais de equilíbrio introduzidas pela ação do homem em tais regiões. Elas se originam ao longo das linhas de drenagem</p>

Referência	Definição
	<p>superficiais, resultando inicialmente na formação de ravinas no solo com seção típica em V. Com o avançar do entalhe inicial, atinge-se o lençol freático, quando então passa a existir uma contribuição das águas subterrâneas no avanço do processo erosivo. Em solos coluviais e porosos, de baixa coesão, a ação das águas pluviais e do lençol acelera o fenômeno de erosão e a recém-formada boçoroca passa a adquirir seção em U, alargando-se e avançando rumo a montante da encosta. Há registro de boçorocas de centenas de metros de largura e poucos milhares de metros de extensão.” (p. 48).</p>
<p>COOKE & DOORNKAMP (1990)</p>	<p><i>“Gullies may arise from the progressive development of rills into more permanent, larger ephemeral channels on slopes. But they may also form independently. Those arising from surface flow commonly follow a development [...] in which initial breaks in vegetation cover act as loci of erosion that grow and coalesce, and subsequent growth is largely by headwall retreat, bank collapse, and scouring by flows in them. In some cases, subsurface erosion can lead to the creation of soil pipes which may eventually collapse to initiate surface gullies. [...] In addition, many gullies can be initiated where surface flow is concentrated as a result of surface disruption by human activity – for example, off-road vehicle tracks and irrigation ditches can act as loci of erosion, and barriers to flow, such as walls and fences, may also concentrate flow.”</i> (p. 92).</p> <p>Tradução nossa: Voçorocas podem surgir a partir do desenvolvimento progressivo dos sulcos em canais efêmeros maiores e mais permanentes nas vertentes. Mas elas também podem se formar independentemente. Aquelas surgindo dos fluxos superficiais comumente seguem um desenvolvimento no qual quebras iniciais na cobertura vegetal agem como locais de erosão que crescem e coalescem, e o crescimento subsequente é principalmente por erosão remontante, colapso dos bancos e escavação pelos fluxos neles. Em alguns casos, a erosão subsuperficial pode levar a criação de tubos no solo que podem eventualmente colapsar para iniciar voçorocas superficiais. [...] Em adição, muitas voçorocas podem ser iniciadas onde o fluxo superficial é concentrado como resultado da ruptura superficial pela atividade humana – por exemplo, trilhas de veículos off-road e canais de irrigação podem agir como locais de erosão, e barreiras ao fluxo, como paredes e cercas, podem também concentrar o fluxo.</p>
<p>SALMÃO & IWASA (1995)</p>	<p>“Caso a erosão se desenvolva por influência, não somente das águas superficiais, mas também dos fluxos d’água subsuperficiais, em que se inclui o lençol freático, configura-se o processo mais conhecido por boçoroca ou voçoroca, com desenvolvimento de ‘<i>piping</i>’ (erosão interna ou tubular). O fenômeno de ‘<i>piping</i>’ provoca a remoção de partículas do interior do solo, formando canais que evoluem em sentido contrário ao do fluxo d’água, podendo dar origem a colapsos do terreno, com desabamentos que alargam a boçoroca ou criam novos ramos. Assim, a boçoroca é palco de diversos fenômenos: erosão superficial, erosão interna, solapamentos, desabamentos, e escorregamentos, que se conjugam no sentido de dotar esta forma de erosão de elevado poder destrutivo.” (p. 31).</p>
<p>WELLS (2004)</p>	<p><i>“Minor uses aside, however, gully predominantly denotes a small and narrow but relatively deeply incised stream course, difficult to cross or to ascend, for which words like valley and gorge are too grandiose. It ideally connotes a young cut, with steep sides and a steep headwall, that has been carved out of unconsolidated regolith, typically by ephemeral flow from rainstorms or meltwater. However,</i></p>

Referência	Definição
	<p><i>these are not required attributes and exceptions abound. [...] A gully is bigger than a rill, which is a small entrenched rivulet, small enough to be crossed by a wheeled vehicle or to be eliminated by ploughing. [...] A gully is ideally narrower and shallower than a ravine, although no size limits have been specified. Gullies and gorges can share equally steep and enclosing walls, but ravines can be more V-shaped in cross section. Floors of ravines are ideally less enclosed than floors of gullies, but need not offer easier access. [...] Overall, gully and ravine overlap considerably (the French ravine explicitly includes both gullies and larger valleys).” (p. 503)</i></p> <p>Tradução nossa: Deixados de lado usos menos frequentes, no entanto, voçoroca denota predominantemente um pequeno e estreito curso d’água, mas relativamente profundamente incidido, difícil de atravessar ou subir, para o qual palavras como vale e garganta são muito grandiosas. Idealmente conota um corte jovem, com laterais declivosas e início declivoso, que foi escavada em regolito inconsolidado, tipicamente de fluxo efêmero de tempestades de chuva ou de água de derretimento. No entanto, esses não são atributos necessários e há muitas exceções. [...] Uma voçoroca é maior do que um sulco, que é um pequeno canal entrincheirado, pequeno o suficiente para ser atravessado por um veículo sobre rodas ou eliminado pelo arado. [...] Um voçoroca é idealmente mais estreita e superficial que uma ravina, apesar de não serem especificados limite de tamanho. Voçorocas e gargantas podem ter igualmente paredes declivosas e fechadas, mas ravinas podem ter uma seção transversal mais em formato de V. O chão das ravinas é idealmente menos fechado do que o chão das voçorocas, mas não necessariamente oferecem melhor acesso. [...] No todo, voçorocas e ravinas se sobrepõem consideravelmente (a ravina francesa explicitamente inclui ambas as voçorocas e vales maiores).</p>
<p>FULLEN & CATT (2004)</p>	<p><i>“However, this state is unstable, as flowing water concentrates in surface depressions and incises into the soil. Where these channels are shallow, the process is rill erosion. However, if rill erosion continues gullies develop. The distinction between rill and gully erosion is problematic. Early guidelines from the US Soil Conservation Service stated a gully is too wide for a prairie dog to jump across! Later definitions stated a gully would need to be mechanically infilled for agricultural activities to proceed. Others argue that rills are incised into the topsoil (the A horizon), whereas gullies incise into the subsoil or parent material (the B or C horizons).” (p. 977).</i></p> <p>Tradução nossa: No entanto, esse estado é instável, conforme a água corrente se concentra em depressões na superfície e faz incisões no solo. Onde esses canais são superficiais, o processo é a erosão em sulcos. No entanto, se a erosão em sulcos segue, voçorocas se desenvolvem. A distinção entre a erosão em sulcos e em voçorocas é problemática. As primeiras orientações do Serviço de Conservação do Solo norte-americano afirmavam que uma voçoroca é muito larga para um cão-da-pradaria saltar através. Definições posteriores afirmavam que as voçorocas precisariam ser mecanicamente preenchidas para atividades agrícolas procederem. Outros argumentam que os sulcos são incididos na camada superior do solo (horizonte A), enquanto as voçorocas incidem o subsolo ou o material parental (horizontes B e C).</p>
<p>ELORZA (2008)</p>	<p><i>“En algunas zonas de cabecera de las cuencas fluviales la cobertura de vegetación puede haber disminuido por causas naturales o antrópicas. En estas circunstancias se desencadena con frecuencia un abarrancamiento en las laderas, que progresa</i></p>

Referência	Definição
	<i>con gran celeridad. La cabecera de los barrancos (gullies) retrocede por zapamiento (sapping) y sus paredes se mantienen verticales si erosionan materiales relativamente uniformes. [...] El proceso de piping es relativamente frecuente en los sistemas de barrancos y colabora activamente en la progresión de los mismos.” (p.681).</i>
FORNASARI FILHO & FARIA (2018)	“Caso a erosão se desenvolva por influência não somente das águas superficiais, mas também dos fluxos d’água subsuperficiais, em que se inclui o lençol freático, configura-se o processo mais conhecido por voçorocamento ou boçorocamento com o desenvolvimento da erosão interna ou entubamento (<i>piping</i>).” (p. 213).

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

Muitos autores destacam a voçoroca como resultado do avanço e evolução dos processos erosivos, iniciada com a erosão difusa, seguida da concentração do escoamento superficial, e da incisão e aprofundamento de sulcos e ravinas (GUERRA, 1978; SELBY, 1982; CASTRO, 1998; FULLEN; CATT, 2004).

O papel do processo de erosão interna por meio de canais subterrâneos, denominado também de erosão tubular ou “*piping*” e, menos frequentemente “*tunnelling*” na literatura em inglês, é destacado pela grande maioria dos autores como de fundamental importância na formação e desenvolvimento das voçorocas (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; SALOMÃO; IWASA, 1995; CASTRO, 1998; ELORZA, 2008; SANTORO, 2015; FORNASARI FILHO; FARIA, 2018). Santoro (2015), por exemplo, distingue as voçorocas pela contribuição das águas subsuperficiais e subterrâneas na ocorrência desse processo, não se limitando apenas à atuação do escoamento superficial, como ocorre em relação aos sulcos e ravinas.

Nesse sentido, alguns autores ressaltam a complexidade dessas morfologias, que evoluem a partir da ação conjunta de distintos processos geomorfológicos, agindo muitas vezes concomitantemente, como a erosão superficial, a erosão interna e por movimentos de massa (SELBY, 1982; SALOMÃO; IWASA, 1995). Estes últimos ocorrem concentrados, sobretudo, nas laterais desses canais, geralmente com declividades acentuadas, ou em suas cabeceiras, onde predominam os processos de erosão regressiva e “*piping*” (IBGE, 2004; GUERRA, 2009; SANTORO, 2015; FORNASARI FILHO; FARIA, 2018).

Diversos autores destacam o papel das atividades antrópicas na formação e evolução das voçorocas, em especial, a abertura de estradas, áreas de pisoteio de gado e com dispositivos de drenagem antigos ou mal dimensionados. Nesse sentido, muitos autores atribuem a formação das voçorocas ao processo de erosão acelerada, ou seja, aquela resultante de atividades antrópicas ou mudanças ambientais significativas (COOKE; DOORNKAMP, 1990; IBGE, 2004, 2009; BIGARELLA, 2007; FORNASARI FILHO; FARIA, 2018).

Em termos das dimensões dessas morfologias, os autores costumam apresentar diferentes medidas para descrevê-las e diferenciá-las dos sulcos, por meio de parâmetros quantitativos ou qualitativos. Nesses últimos, enquadram-se as medidas baseadas na possibilidade de desfazê-las com instrumentos agrícolas ou pela facilidade de transpor seus limites, como por meio de veículos (HOWELL, 1957; BATES; JACKSON, 1987). Essa ideia, da

impossibilidade de transpor a voçoroca por veículo com rodas ou de destruí-la por meio de arado ou outros instrumentos e técnicas agrícolas, é citada por diversos autores, de forma que é possível constatar que se trata de algo consagrado na literatura, possivelmente proveniente do campo da conservação do solo, que faz coincidir características morfométricas dessa forma erosiva.

Do ponto de vista quantitativo, os autores apresentam diversas medidas, com o predomínio de expressões mais abrangentes, como dezenas de metros em profundidade e centenas de metros em extensão, conforme apresentado na Tabela 16. Esta, ilustra a ausência de homogeneidade nas dimensões apresentadas, demonstrando a grande imprecisão existente na literatura especializada. Fullen e Cat (2004) apontam, ainda, a distinção proposta na literatura com base na profundidade atingida pela voçoroca em relação aos horizontes do solo, destacando que os sulcos se limitariam ao horizonte A, enquanto as voçorocas atingiriam os horizontes B e C. Já Bigarella (2007) ressalta que, na literatura brasileira, o termo “voçoroca” é atribuído a qualquer ravina de grandes dimensões.

Tabela 16 - Dimensões de uma voçoroca de acordo com a literatura consultada

Autor	Profundidade	Largura
HOWELL (1957)	Não pode ser transposta por veículo com rodas ou suprimida por arado	Não define
SELBY (1982)	> 0,60m	> 0,30m
LEINZ & LEONARDOS (1982)	Dezenas de m	Centenas de m
BATES & JACKSON (1987)	Não pode ser transposta por veículo com rodas ou suprimida por arado	Não define
SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA (1987)	> 0,50m	> 0,50m
WARD & TRIMBLE (2003)	0,5 a 30m	Não define
IBGE (2004)	Dezenas de m	Centenas de m
FULLEN & CATT (2004)	Profundidades que atingiriam os horizontes B e C.	Não define
FLORENZANO (2008)	> 0,50m	> 0,50m
BIGARELLA (2007)	15 a 30m	Centenas de m
GAO (2013)	0,5 a 30m	> 0,30m
OLIVEIRA (2014)	> 0,50m	> 0,50m

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

A definição de Wells (2004) apresenta alguns parâmetros que permitem diferenciar as voçorocas, de ravinas e sulcos. O autor também estabelece paralelo com as gargantas e vales fluviais. Dentre os aspectos levantados pelo autor, destacam-se as características da seção transversal e das morfologias desses canais, que nas ravinas apresenta morfologia de vale em “V” e nas voçorocas vale de fundo mais plano, em conformidade com a descrição de Cooke e Doornkamp (1990). Ainda assim, o autor destaca que não foram estabelecidas dimensões claras para cada morfologia, de forma que elas usualmente se sobrepõem. Selby (1982) também destaca a arbitrariedade desses limites e da própria diferenciação entre voçorocas e sulcos. Já Guerra (2009) ressalta que, apesar da existência de propostas de medidas universais, o mais recomendado é a avaliação caso a caso e o estabelecimento de valores específicos para cada região.

Por outro lado, alguns autores definem as voçorocas com dimensões mais estreitas e menos profundas quando comparadas às ravinas (LICKER, 2003; FULLEN; CATT, 2004). De todos os modos, as definições são convergentes em relação ao caráter mais permanente das voçorocas, dificilmente eliminadas em episódios de precipitação intensa e por técnicas agrícolas simples, em comparação com sulcos e ravinas, de caráter temporário (COOKE; DOORNKAMP, 1990; IBGE, 2009).

Também são destacadas pelos autores as características dos materiais nos quais ocorre o desenvolvimento das voçorocas, predominantemente arenosos ou pouco consolidados, oferecendo menor resistência à erosão (SELBY, 1982). Em relação a ocorrência de fluxos no interior das voçorocas, alguns destacam seu caráter efêmero durante episódios de precipitação mais intensa (CASTRO, 1998; IBGE, 2009; GAO, 2013), ao passo que outros argumentam que o fluxo é contínuo, resultante do afloramento do lençol freático, característica que diferenciaria essa morfologia em relação aos sulcos e ravinas (SANTORO, 2015).

As definições de Selby (1982), Guidicini e Nieble (1984), Cooke e Doornkamp (1990), Salomão e Iwasa (1995), Wells (2004), Tinkler (2004) e Elorza (2008) são aquelas que mais se aproximam da compreensão do conceito nessa pesquisa e foram utilizadas como base na sua definição, apresentada abaixo. Apesar de não incluídas na Tabela, por não apresentarem uma definição específica do termo, foram também utilizadas outras referências da literatura da geomorfologia, como Emmet (1968) e Young (1972).

DEFINIÇÃO RECOMENDADA DO CONCEITO

As ravinas são canais preferenciais formados pela ação do escoamento superficial concentrado e resultado ou não do aprofundamento de sulcos pela ação do fluxo turbulento no interior desses canais, erodindo o fundo e por vezes a lateral, ampliando sua dimensão lateral por solapamento ou contribuição da existência de piping ou encontro com a zona saturada. Apresentam, portanto, maior largura e profundidade quando comparadas aos sulcos, não podendo ser desfeitas naturalmente ou pela ação de simples técnicas agrícolas.

As voçorocas são morfologias resultantes da evolução e aprofundamento de sulcos e ravinas, causados pelo escoamento superficial concentrado, em conjunto com a atuação de outros processos geomorfológicos, como os fluxos subterrâneos, a erosão interna (piping) e movimentos de massa. Nesse sentido, é uma morfologia complexa, resultante da atuação conjunta e, por vezes simultânea, de dois ou mais processos.

De acordo com a literatura consultada, os principais processos geomorfológicos responsáveis pela formação e evolução das voçorocas são: (i) o processo de erosão superficial, pelo escoamento superficial concentrado em sulcos e ravinas; (ii) a erosão interna (*piping*), por meio da abertura, evolução e colapso de túneis internos ao solo utilizados pelo fluxo subsuperficial e para transporte de materiais; (iii) a ocorrência de movimentos de massa, nas laterais do canal ou em sua cabeceira; (iv) a circulação da água subterrânea e os pontos de afloramento do lençol freático, contribuindo à presença constante de umidade e ao

incremento da taxa de erosão regressiva (SELBY, 1982; COOKE; DOORNKAMP, 1990; ELORZA, 2008).

Essas morfologias apresentam, normalmente, um setor de cabeceira, que poderá assumir diferentes características morfológicas de acordo com os processos atuantes na evolução da voçoroca e das características dos materiais (EMMETT, 1968; YOUNG, 1972; SELBY, 1982); e um setor de deposição de sedimentos na porção de jusante, normalmente em leque, na confluência entre a voçoroca e o vale fluvial. No setor intermediário, a profundidade geralmente diminui em direção de jusante, enquanto a largura se amplia (EMMETT, 1968).

As voçorocas podem ser constituídas por um único canal ou constituírem conjunto de canais, por meio da atuação da erosão regressiva. Não existe uma convenção acerca das dimensões e das características da seção transversal das voçorocas, apesar de a literatura apontar as medidas de largura e profundidade como superiores a 0,3m e 0,5m, respectivamente, como parâmetro para diferenciação em relação às ravinas e sulcos; e a característica da seção transversal em vale em U ou de fundo plano, contrastando com as ravinas, com vale em V (SELBY, 1982; GUIDICINI; NIEBLE, 1984; COOKE; DOORNKAMP, 1990; GAO, 2013).

As características dos materiais são de fundamental importância na formação dessa morfologia, pois ocorre preferencialmente em solos arenosos e em material inconsolidado, no qual a propensão à erosão é amplificada diante da menor coesão entre as partículas. Pode ocorrer, também, em materiais coluvionares recentemente mobilizados e depositados por movimentos de massa, como escorregamentos (SELBY, 1982).

A cobertura vegetal também influencia na formação e evolução dessas morfologias, que ocorrem preferencialmente em terrenos com solo exposto. Ainda assim, o tipo e a densidade de vegetação são determinantes em sua ocorrência, já que a presença da vegetação reduz o efeito da erosão por salpicamento (*splash*), auxilia na infiltração e redução do escoamento superficial e fornece maior resistência ao solo pela ação das raízes.

As voçorocas podem se formar e evoluir naturalmente, mas as atividades antrópicas desempenham papel importante na aceleração da velocidade desse processo e em sua formação, ao promoverem ações que reduzam a cobertura vegetal e resultem na concentração dos fluxos, como o desmatamento, queimadas, atividades agrícolas intensivas, abertura de estradas e realização de cortes e aterros, sem a devida instalação de dispositivos de drenagem, bem como, a impermeabilização do solo e a urbanização, em especial, quando estas favorecem a concentração dos fluxos. Nesses casos, como já destacado, elas integram a categoria da erosão acelerada, que é definida pelo desequilíbrio entre as taxas de degradação e de formação dos solos, resultante predominantemente das ações antrópicas (SELBY, 1982; COOKE; DOORNKAMP, 1990).

A combinação entre os tipos de material, a cobertura vegetal e formas de usos e ocupação da terra, influenciados pelas condições climáticas, fornecem características distintas às ravinas e voçorocas, em termos de sua forma e dos mecanismos atuantes na sua evolução.

Uma vez formadas, as voçorocas evoluem rapidamente, de forma complexa, como resultado da atuação conjunta de diferentes processos geomorfológicos, progredindo no sentido de montante. Conforme a erosão regressiva avança, também se acentua a declividade do canal, resultando no aumento da velocidade dos fluxos e, conseqüentemente, de seu poder erosivo, atuando em um feedback positivo (SELBY, 1982). Esse mecanismo faz com que o controle da erosão seja difícil, sendo preferível evitar sua ocorrência, por meio de ações preventivas, diante da complexidade da estabilização desses sistemas, tendo em vista que as causas e mecanismos atuantes em cada situação podem diferir e exigir a adoção de medidas distintas, não sendo possível traçar uma única abordagem (SELBY, 1982).

COMO O CONCEITO É APROPRIADO NOS PROCESSOS JUDICIAIS

Foram selecionados 32 trechos contendo o termo “ravina”, “ravinamento” ou “erosão por ravina” nos processos judiciais analisados. Destes, praticamente a totalidade (91%) foi extraída de documentos técnicos, quais sejam, de pareceres técnicos (78%) e laudos periciais (13%). O restante foi selecionado de petições iniciais (3%), dos despachos saneadores e quesitos apresentados pelas partes (3%) e de documentos recursais, como o recurso de apelação (3%). Tal quantificação permitiu verificar, assim, a utilização predominante desses termos por técnicos e especialistas.

Esse termo é abordado frequentemente em conjunto com o termo “voçoroca”, em um binômio “ravinas e voçorocas”, dialogando com a tendência observada na pesquisa bibliográfica de definição dessas morfologias em conjunto ou como sinônimos.

Nos pareceres técnicos e laudos periciais verificou-se, também, a relação entre as “ravinas” e a rede de drenagem, associando esses termos com o desenvolvimento de redes de canais, cabeceiras de drenagem, anfiteatros de drenagem e como sinônimo de talvegue, como observado em relação ao termo sulco, descrito no item anterior. Os trechos extraídos a seguir ilustram essa questão e foram retirados da ação judicial de São José dos Campos, envolvendo a implantação de loteamento residencial e a realização de terraplanagem de grande dimensão.

*“Na região de influência predominam processos de erosão laminar sobre as vertentes convexas e topos aplainados das colinas onde se concentram a ação do escoamento superficial das águas pluviais e o **desenvolvimento de ravinas associadas à rede de drenagem**. (Processo Judicial nº 0025938-61.2013.8.26.0577, Comarca de São José dos Campos, 7ª Vara Cível, Parecer técnico, f. 237, grifo nosso).*

*“O sistema de drenagem é formado basicamente por **canais de drenagem de 1ª ordem, ravinas e voçorocas**, esculpido sobre as vertentes suaves de oeste e leste da colina [...]”. (Processo Judicial nº 0025938-61.2013.8.26.0577, Comarca de São José dos Campos, 7ª Vara Cível, Parecer técnico, f. 243/244, grifo nosso).*

Esse aspecto é particularmente importante, uma vez que em vários dos processos judiciais analisados envolvendo diretamente a erosão, os principais pontos contravertidos das demandas recaiam na ocorrência de nascentes e cursos d’água, e a decorrente incidência de

Área de Preservação Permanente, ensejando a elaboração de grande número de pareceres técnicos e de laudos periciais.

Nesses documentos técnicos, dentre os fatores responsáveis pela formação e evolução do processo de erosão em ravinas, destacaram-se as atividades antrópicas, com a predominância dos problemas nos dispositivos de drenagem, mas também por terraplanagens, supressão de cobertura vegetal, abertura de estradas e urbanização. Dentre os fatores naturais destacados pelos especialistas, deu-se grande relevância às características dos materiais, à declividade e às formas das vertentes.

O termo “voçoroca” foi extraído igualmente de 32 trechos selecionados a partir da análise das ações judiciais. Novamente a grande maioria dos trechos foi retirado de documentos técnicos (78%), dentre pareceres técnicos (63%) e laudos periciais (67%). Foram retirados, ainda, trechos das demais peças que compõem tais ações, exceto das alegações finais: 2 trechos das petições iniciais e, igualmente, das sentenças e decisões, e um trecho de contestação, de despacho saneador e quesitos e de recurso de apelação.

É importante ressaltar que os trechos selecionados apresentavam não apenas o termo “voçoroca”, mas também as seguintes variações: “boçoroca”, “vossoroca” e “grota”. Este último foi observado em alguns casos, com sentido similar à acepção do termo “voçoroca” e, portanto, foi também selecionado para integrar a análise.

Alguns dos trechos selecionados apresentam proposta de definição do termo, segundo a visão do especialista. Nesses casos, a voçoroca é apreendida como a evolução e aprofundamento dos sulcos e ravinas, pela ação do escoamento superficial concentrado, atingindo grandes dimensões. O termo “enxurrada” é muito utilizado nesse contexto, para designar o fluxo concentrado e com grande poder erosivo (esse termo é discutido de forma aprofundada no item 4.2.3.4). O outro conjunto de definições destaca o papel da água subterrânea e do afloramento do lençol freático, constituindo canal fluvial perene. Os trechos reproduzidos a seguir demonstram esses dois entendimentos:

“A voçoroca é a forma mais drástica da erosão, ocasionada por grandes concentrações de enxurradas que passam, ano após ano, no mesmo sulco, que vai se ampliando, pelo deslocamento de grandes massas de solo, e formando grandes cavidades em extensão e profundidade. A área apresenta em algumas drenagens esse tipo de erosão que buscou-se resolver através da implantação de tubos de concreto, porém sem embasamento técnico.” (Processo Judicial nº 0001867-24.1999.8.26.0338, Comarca de Mairiporã, 1ª Vara Cível, Parecer técnico, f. 50).

“A erosão se desenvolve e evolui a partir da exposição dos solos [...]. A partir daí, 4 etapas podem ser identificadas: 1 – Escoamento superficial [...]; 2 – Erosão laminar [...]; 3 – Erosão em sulcos ou ravinar [...]; 4 – Voçorocas (ou boçorocas) – trata-se da evolução da etapa anterior, quando, pela ação das águas pluviais, uma ravina se aprofunda até atingir o lençol freático, perenizando-a.” (Processo Judicial nº 0001867-24.1999.8.26.0338, Comarca de Mairiporã, 1ª Vara Cível, Laudo Pericial, f. 737).

O emprego do termo “voçoroca” está frequentemente associado às dimensões dessas morfologias, por meio de expressões qualificativas, em detrimento das medidas exatas dessas formas. São frequentes expressões como: “grandes erosões”, “erosão drástica”, “erosão em grande escala”, “erosão (voçoroca) de grande proporção”, “voçoroca de dimensão métrica”, “erosão desastrosa” e “temidas voçorocas”.

O papel das atividades antrópicas é frequentemente citado, como observado em relação aos demais termos já analisados, destacando os dispositivos de drenagem, a falta de planejamento e falhas na execução de obras, e a supressão da cobertura vegetal. Dentre os impactos citados, decorrentes do desenvolvimento das voçorocas, destacam-se o assoreamento e o conseqüente aumento na frequência e magnitude dos eventos de inundação.

Em contraposição, alguns trechos destacam o termo “intempéries” e o papel dessas, em conjunto com a ação da chuva, na formação e evolução das voçorocas. Verificou-se o emprego desse termo visando atribuir a formação dessas morfologias a um agente supra e não identificado, que se aproximaria do termo jurídico “força maior”, e simultaneamente afastaria a responsabilidade das atividades antrópicas em sua ocorrência e evolução.

Nos documentos não técnicos (contestação, quesitos, sentenças e decisões), o termo “voçoroca” foi observado em contexto relacionados aos danos ambientais resultantes desse processo geomorfológico, discutindo as voçorocas poderiam ser consideradas enquanto dano em si ou se o dano ambiental se restringiria apenas aos impactos resultantes destes, como o assoreamento.

Em direção contrária, trecho extraído de contestação apresentou emprego do termo “voçoroca” em contexto completamente diverso dos demais. O trecho, abaixo, foi extraído da ação judicial de São Sebastião, envolvendo a aplicação de APP de curso d’água em ilha fluvial, ocupada por edificações. Na ação, o foco da controvérsia se baseava na incidência de APP de curso d’água em ilha fluvial, já que se questionava a caracterização de braço do ribeirão Pouso Alto como curso d’água ou como canal de extravasamento temporário durante as cheias, conforme argumentação do réu, sobre o qual não incidiria APP, por não se tratar efetivamente de curso d’água.

*“Há, na realidade, divergência de interpretação técnica, até entre os próprios órgãos governamentais competentes para a regulamentação e fiscalização da matéria, quanto à classificação de um **acidente geológico que corta o terreno e que se formou em razão da erosão provocada pelo extravasamento das águas do leito normal do ribeirão** por ocasião das chuvas. O grande poder erosivo das águas do ribeirão Pouso Alto, por ocasião das cheias, foi o responsável pela **formação dessa calha lateral, uma espécie de voçoroca**, onde somente há água quando ocorrem vazões superiores às suportadas pelo leito natural do ribeirão. Fato que, aliás, ocorre com qualquer curso d’água. Tenha-se em conta, apenas como exemplo por se tratar de fato notório, que nas épocas de fortes chuvas a vazão das águas do rio Anhangabaú chegam, até mesmo, a inundar o túnel que passa sob o Viaduto do Chá.” (Processo Judicial nº 0005220-57.2006.8.26.0587, Comarca de São Sebastião, 2ª Vara Cível, Contestação, f. 334, grifo nosso).*

4.2.1.3. SOLAPAMENTO

CONCEITO SOB A VISÃO DA GEOMORFOLOGIA

O termo “solapamento” foi selecionado previamente, conforme descrito na metodologia, diante da utilização recorrente do termo na linguagem coloquial e em estudos técnicos ambientais e de mapeamento de risco geomorfológico. Em contrapartida, a realização da pesquisa bibliográfica e sistematização das definições do termo extraídas de dicionários, glossários, enciclopédias e referências especializadas, demonstrou que este termo é raramente definido na literatura de língua portuguesa e inglesa. Nessa última, uma equivalência à compreensão desse conceito pode ser encontrada nos termos “*bank undermining*” ou “*bank calving*”, como uma das tipologias de erosão das margens de canais fluviais.

O conceito de solapamento, no entanto, não está restrito ao sistema fluvial, podendo ser igualmente aplicado em contextos associados à erosão da base de vertentes, das margens de reservatório e em sistemas costeiros. Nesses casos, outros termos em língua inglesa e espanhola podem ser utilizados, como “*slope undermining*”, “*slope toe undermining*” e “*socavación basal*”. Na língua francesa, é frequente a utilização do termo “*effondrement*” para referir-se ao colapso das margens de cursos d’água (Tabela 17).

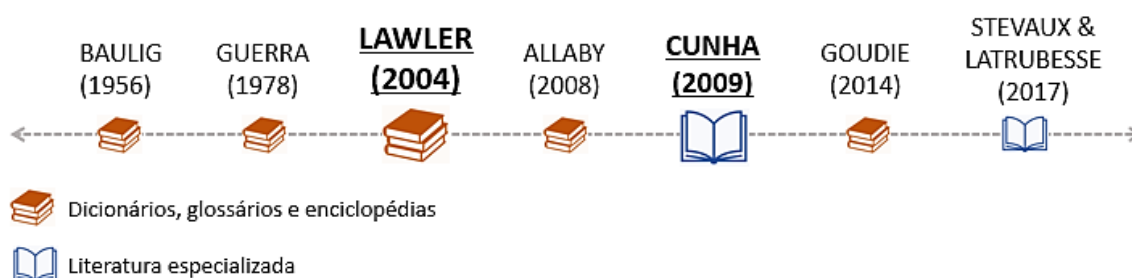
Tabela 17 - Termo "solapamento" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

Inglês	<i>Bank undermining, Slope undermining</i>
Francês	<i>Effondrement</i>
Espanhol	<i>Socavación basal</i>
Italiano	<i>Erosione spondale, Erosione degli argini</i>
Alemão	<i>Ufererosion</i>

Fonte: Goudie (2004), Panizza (2005), Elorza (2008).

A bibliografia consultada para tal levantamento e sistematização é retratada na Figura 24. As referências selecionadas, diante de sua aderência ao entendimento do termo nessa pesquisa, encontram-se listadas na Tabela 18 abaixo, em conjunto com a citação direta das respectivas definições.

Figura 24 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "solapamento"



Fonte: Elaborado pela autora
Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 18 - Definição do termo "solapamento" de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
LAWLER (2004)	<p><i>"Bank erosion is the detachment and entrainment of bank material as grains, aggregates or blocks by fluvial, subaerial or geotechnical processes. [...] The many bank erosion mechanisms identified can be grouped into fluid entrainment, preparation or mass failure processes. [...] Mass failure occurs when blocks of material collapse or slide towards the bank toe. Banks are vulnerable to mass failure if steep, high, fine-grained, of high bulk unit weight and subject to high or fluctuating pore-water pressures – indeed any variable which increases the mass of material above a potential failure surface. Hence, bed scour can induce bank failure by increasing bank height and angle."</i> (p. 48/49/50).</p> <p>Tradução nossa: Erosão da margem é o deslocamento e arraste do material da margem, como grãos, agregados ou blocos, por processos fluviais, subaéreos e geotécnicos. [...] Os muitos mecanismos de erosão das margens identificados podem ser agrupados em arraste por fluido, preparação ou processos de colapso de massa. [...] O colapso de massa ocorre quando blocos de material colapsam ou escorregam em direção a ponta da margem. As margens são vulneráveis ao colapso se declivosas, altas, de material fino ou grande peso, sujeitas a pressões intersticiais altas ou flutuantes – de fato qualquer variável que aumente a massa de material acima de uma superfície de colapso potencial. Portanto, a erosão do leito pode induzir o colapso da margem ao aumentar sua altura e ângulo.</p>
ALLABY (2008)	<p><i>"bank calving. The toppling of slabs of earth from a river bank that occurs when the stream undermines the bank."</i> (p. 52).</p> <p>Tradução nossa: O tombamento de pedaços de terra de uma margem de rio que ocorre quando o curso d'água mina sua margem.</p>
CUNHA (2009)	<p>"Os bancos de solapamento originam-se da atuação da erosão, por solapamento basal, nas margens côncavas, permitindo a conservação da verticalidade das margens. A remoção e transporte dos materiais desses bancos de solapamento dão origem à formação de bancos ou barras de sedimentos (<i>point bar</i>), localizados nas margens convexas a jusante." (p. 220).</p>
STEVAUX & LATRUBESSE (2017)	<p>"Solapamento. Desbarrancamento (movimento de massa) gerado por erosão por fluxo de água na base de um barranco." (p. 296).</p>

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

Com base nas definições, é possível observar que o solapamento das margens dos cursos d'água é abordado tanto do ponto de vista do processo erosivo, promovendo a remoção dos materiais pela ação da água no canal, como do ponto de vista dos movimentos de massa, no qual a ação gravitacional, somada a atuação da água na remoção do suporte basal, resulta na queda da margem. A definição de Lawler (2004) destaca essa segunda acepção do termo, destacando o papel da declividade, das características dos materiais e da pressão exercida pela água intersticial no colapso das margens dos cursos d'água, após a remoção de material na base dessas morfologias.

Lawler (2004) ressalta, ainda, que esse processo sofre influência longitudinal ao longo do canal fluvial. Nas porções de montante ocorre com menor frequência, tendo em vista a

menor altura das margens, predominando outros tipos de erosão. Os movimentos de massa nas margens são mais pronunciados na porção de jusante dos canais, onde a altura e declividade dos bancos são superiores.

Allaby (2008) por meio do conceito de “*bank calving*” equipara o termo com a categoria de movimento de massa denominada “*topple*” ou “tombamento” (ver item 4.2.2), igualmente como resultado da ação de remoção dos materiais na base das margens dos cursos d’água e perda de apoio do material superior.

A associação entre o solapamento e os movimentos de massa, seja ele de margens de cursos d’água e reservatórios ou da base de vertentes, é realizada por outros autores, que apesar de não apresentarem uma definição ao conceito, explicam parcialmente seus mecanismos (SELBY, 1982; COOKE; DOORNKAMP, 1990; CRUDEN; VARNES, 1996; LAWLER, 2004; ELORZA, 2008). Cooke e Doornkamp (1990) e Cruden e Varnes (1996), por exemplo, abrangem esse processo na descrição das categorias de quedas e tombamentos, como resultado da perda de sustentação do material em decorrência da remoção de sua base, seja ela na vertente ou em margens de cursos d’água, pela ação da água ou por ação antrópica, e sua conseqüente movimentação.

Dentre as definições, as propostas de Lawler (2004) e Cunha (2009) são aquelas que mais se aproximam da compreensão do termo adotada nessa pesquisa e foram utilizadas como base para redação da definição do conceito, apresentada abaixo. Foram utilizadas, também, as contribuições de Cooke e Doornkamp (1990), Panizza (1996) e Cruden e Varnes (1996), ainda que estas não tenham sido incluídas acima, por não apresentarem uma definição propriamente dita do termo.

DEFINIÇÃO RECOMENDADA DO CONCEITO

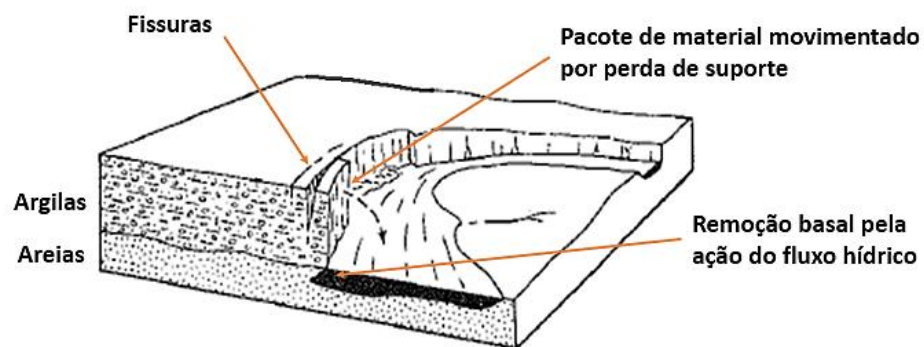
O solapamento é o movimento descendente ou de queda do material em decorrência da perda de sustentação deste pela remoção de sua base, como resultado predominantemente da ação da água. Trata-se, portanto, de processo resultante da atuação conjunta da ação erosiva da água e da gravidade. Outros agentes contribuem, também, à sua ocorrência, como o vento, promovendo a formação de ondas no mar e em reservatórios, e sua atuação no enfraquecimento e remoção do material. Ocorre comumente em margens de curso d’água, de reservatórios e lagos, ao longo da costa em falésias e em bases de vertentes, de forma que a utilização desse termo deve ser seguida da especificação acerca do sistema afetado (ex. solapamento de margem de curso d’água, solapamento de margem de reservatório).

O principal mecanismo atuante consiste na criação de vazio na base do canal fluvial ou da vertente, em decorrência da remoção de pacote de material menos coeso pela ação da água, posta em movimento pelo fluxo hídrico no canal fluvial ou pela ação mecânica realizada pelas ondas. Diante da remoção do suporte basal e da atuação da gravidade, o sedimento sofre uma queda.

Apesar de ser mais utilizado em relação ao contexto do canal fluvial, o solapamento pode ser verificado enquanto mecanismo em outros sistemas, como nas vertentes, em lagos e reservatórios e em falésias.

Nas margens dos canais fluviais, o solapamento resulta da atuação simultânea da erosão fluvial, exercida pelo fluxo hídrico, e os movimentos de massa, em decorrência da ação gravitacional. A ação erosiva realizada pelo fluxo hídrico se dá por meio da corrasão lateral, ação abrasiva realizada pelo material transportado pelo fluxo fluvial em relação à parede e leito do canal e entre as próprias partículas. Esse processo promove a remoção dos materiais da base das margens, criando um vazio e reduzindo sua estabilidade. A ação gravitacional, principal força atuante na deflagração dos movimentos de massa, resulta na queda da porção erodida da margem, cuja base perdeu parte de sua sustentação (PANIZZA, 1996; LAWLER, 2004; CUNHA, 2009)(Figura 25).

Figura 25 – Bloco diagrama de solapamento de margem de canal fluvial

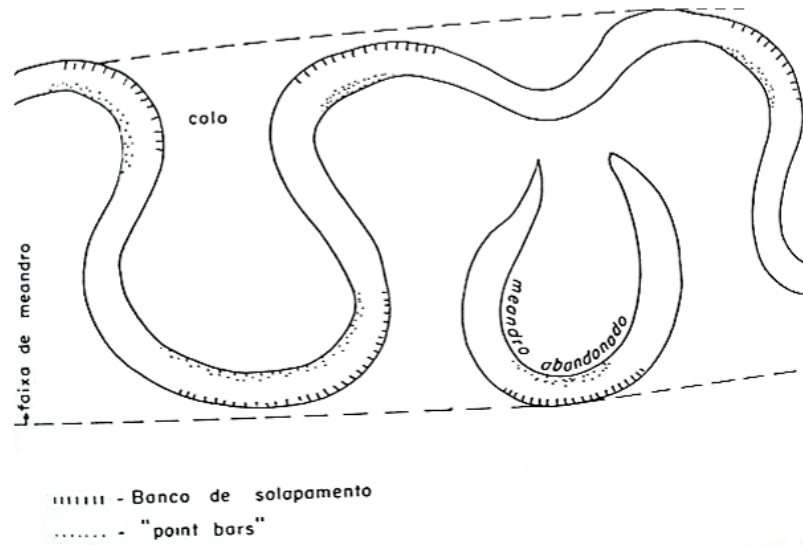


Fonte: Retirado e adaptado de Cruden e Varnes (1996)

A declividade acentuada das margens, as características dos materiais, em especial a coesão, e a pressão exercida pela água intersticial, são os principais fatores de predisposição e deflagração do solapamento das margens (LAWLER, 2004). A magnitude e frequência de eventos de cheia e inundação também são fatores importantes na compreensão desse processo geomorfológico, já que condicionam as taxas de erosão, transporte e deposição de sedimentos nos sistemas fluviais. Os períodos de cheia favorecem o solapamento das margens, diante do aumento da velocidade do fluxo, decorrente da maior vazão (MORISAWA, 1968; HART, 1986; COOKE; DOORNKAMP, 1990; PANIZZA, 1996).

O solapamento das margens dos canais fluviais integra o conjunto de processos responsáveis pela migração lateral do canal, denominada também de avulsão, contribuindo à evolução do cinturão meândrico. Nos canais meândricos ele irá ocorrer preferencialmente nas margens côncavas, onde predominam os processos de remoção dos materiais diante da maior velocidade e turbulência do fluxo hídrico (CHRISTOFOLETTI, 1974)(Figura 26 e Figura 27).

Figura 26 - Nomenclatura dos canais meândricos e locais preferenciais de solapamento



Fonte: Retirado de Christofolletti (1974)

Figura 27 - Exemplos de solapamento em margem côncava de canal fluvial, em dois trechos do rio Ribeira de Iguape



Fonte: Elaborado e fotografado pela autora

Enquanto mecanismo similar, a ação mecânica exercida pelas ondas do mar, resulta na formação de falésias. Estas são formadas pela remoção de pacotes de materiais na base das vertentes, promovida pelas ondas, resultando em sua queda livre diante da perda de sustentação das camadas superiores. As ondas geradas em reservatórios e lagos podem realizar ação semelhante e resultar no solapamento das margens desses sistemas.

COMO O CONCEITO É APROPRIADO NOS PROCESSOS JUDICIAIS

Foram extraídos 22 trechos das ações judiciais analisadas contendo o termo “solapamento” ou “desbarrancamento”. O segundo foi incluído diante de sua utilização nos trechos selecionados com significado equivalente ao conceito de “solapamento” verificado a partir da leitura do contexto de utilização. A maioria dos trechos foi extraída de documentos

técnicos (55%), entre pareceres e laudos periciais, mas também, das petições iniciais (27%), sentenças e decisões (9%) e peças recursais, como as razões de apelação (9%).

A grande incidência do termo em petições iniciais pode estar relacionada, como já abordado anteriormente, aos inquéritos civis conduzidos pelo Ministério Público previamente a instauração das Ações Cíveis Públicas, visando averiguar o dano, o nexo de causalidade e as possibilidades de realização de acordos, como TACs e TCRA. Para tal, os inquéritos são embasados por grande número de pareceres técnicos provenientes de diversos órgãos e institutos de pesquisa, dentre os quais a própria assistência técnica da Promotoria. Os trechos de maior importância são normalmente extraídos desses pareceres e reproduzidos, parcial ou integralmente, nas Petições Iniciais das ACPs visando embasar a argumentação acerca do mérito da ação judicial.

Nesse sentido, a terminologia empregada em tais pareceres produzidos por especialistas, é reproduzida nessas peças não técnicas, como a petição inicial ou repetida em peças recursais, como as razões de apelação. O trecho a seguir, foi extraído da Petição Inicial de ACP em São José dos Campos envolvendo o aterramento de nascentes, intervenção em APP, desenvolvimento de processos erosivos e assoreamento de curso d'água, em decorrência de movimentação de terra para instalação de loteamento. O trecho é a exata reprodução das recomendações apresentadas pela assistência técnica do Ministério Público, ainda em fase de inquérito civil, anexado à petição inicial. Cabe destacar que, nessa ação, este foi um dos muitos pareceres técnicos que instruíram o inquérito civil, em conjunto com documentos da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, da CETESB, SABESP e IG.

*“Diante de todo o exposto [...] propõe o Ministério Público [...] a fim de condenar a ré ao cumprimento da obrigação de fazer, consistente em recompor a cobertura florestal da área degradada [...] prevendo, outrossim, a implementação de **medidas de contenção** para o ravinamento na montante do Córrego Sem Nome e **para as margens do Ribeirão dos Putins, nas porções onde apresenta ‘desbarrancamentos’**, também o desassoreamento de ambos os cursos d’água; [...].” (Processo Judicial nº 0025938-61.2013.8.26.0577, Comarca de São José dos Campos, 7ª Vara Cível, Petição inicial, f. 20, grifo nosso).*

*“Portanto, considera-se necessário [...] constar no novo TCRA [...] medidas de contenção (enrocamento com pedras, gabiões ou outros) para o ravinamento na montante do Córrego Sem Nome e **para as margens do Ribeirão dos Putins, nas porções onde apresenta ‘desbarrancamentos’**; também o desassoreamento de ambos os cursos d’água [...].” (Processo Judicial nº 0025938-61.2013.8.26.0577, Comarca de São José dos Campos, 7ª Vara Cível, Parecer técnico, f. 653/654, grifo nosso).*

Além desses dois trechos, foram extraídos outros contendo os termos “desbarrancamento”, “contenção dos barrancos do córrego”, “desestabilização de margens”, “estabilidade de margens e barrancos”, além de um trecho utilizando o termo “erosão fluvial das margens”. Os demais apresentaram a terminologia “solapamento das margens” ou apenas “solapamento”. Também se observou a utilização do termo “desmoronamento” como

sinônimo de “solapamento” de margem de curso d’água, conforme abordado posteriormente no subcapítulo referente a esse termo (item 4.2.2.C).

Em todos os casos observou-se o emprego do termo com a mesma acepção, visando designar o processo de remoção de material das margens dos cursos d’água, mas, sobretudo, associado ao conceito de desestabilização dessas morfologias e do oferecimento de risco à população assentada nesses locais ou no entorno. A contribuição ao aumento da frequência de episódios de inundação e enchentes também é destacada, diante da disponibilização de material para assoreamento dos respectivos cursos d’água.

4.2.1.4. ASSOREAMENTO

CONCEITO SOB A VISÃO DA GEOMORFOLOGIA

Com base na pesquisa bibliográfica, foi possível observar que o termo “assoreamento” apresenta correspondência com o termo “*siltation*” na língua inglesa e “*envasement*” na língua francesa (Tabela 19).

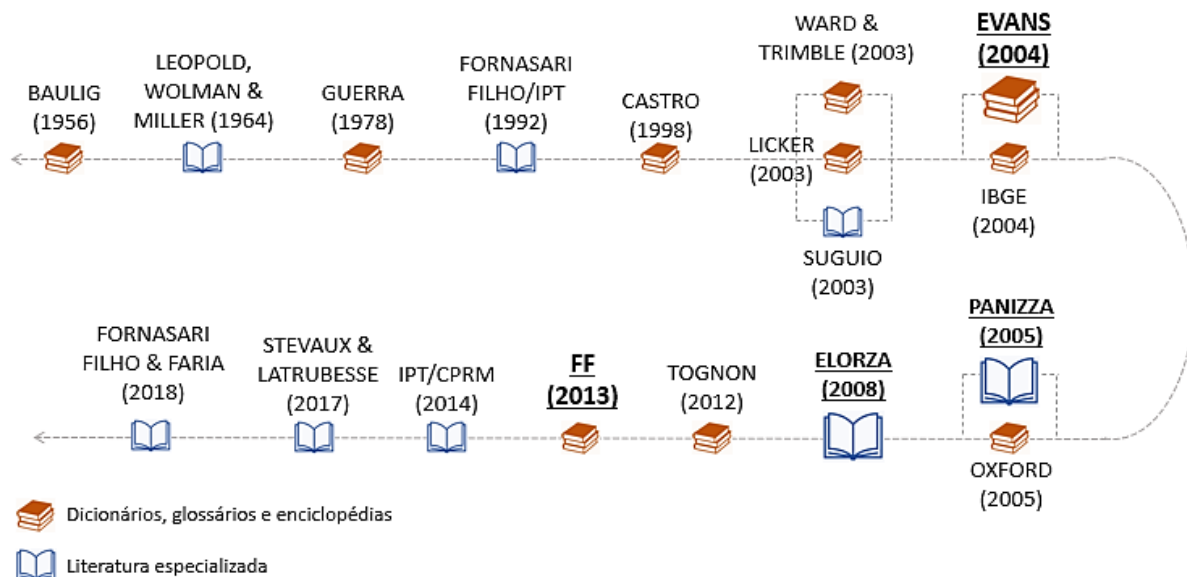
Tabela 19 - Termo "sedimentação" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

Inglês	<i>Siltation</i>
Francês	<i>Envasement</i>
Espanhol	<i>Encenagamiento</i>
Italiano	<i>Intasamento</i>
Alemão	<i>Anschwemmung, Verschlammung</i>

Fonte: Baulig (1956), Rassam et al. (1987), Garcia-Arnay (informação pessoal), Parentti (informação pessoal).

A bibliografia consultada para levantamento e sistematização das definições do termo é retratada na Figura 28, abaixo. As referências selecionadas, diante de sua aderência ao entendimento do termo nessa pesquisa, estão listadas na Tabela 20, na sequência, em conjunto com a citação direta das respectivas definições extraídas de cada uma.

Figura 28 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "assoreamento"



Fonte: Elaborado pela autora
Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 20 - Definição do termo "assoreamento" de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
LEOPOLD, WOLMAN & MILLER (1964)	<p><i>"Among depositional processes alluviation, or subaerial sedimentation by rivers, is of major interest to geomorphologists and is the subject of a large literature. Statement of the controlling condition is relatively simple: alluviation occurs when the production of debris exceeds the amount that can be carried away by the processes of transportation."</i> (p. 433).</p> <p>Tradução nossa: Dentre os processos deposicionais, o assoreamento ou sedimentação subárea pelos rios, é de grande interesse aos geomorfólogos e é o tema de uma grande literatura. A afirmação das condições de controle é relativamente simples: o assoreamento ocorre quando a produção de detritos excede a quantidade que pode ser carregada pelo processo de transporte.</p>
FORNASARI FILHO/IPT (1992)	<p>"Assoreamento: Assim, assoreamento corresponde ao 'processo de acumulação excessiva de sedimentos e/ou detritos transportados por via hídrica, em locais onde a deposição do material é mais rápida do que a capacidade de remoção natural pelos agentes de seu transporte (ABNT, 1989)'." (p. 121)</p>
IBGE (2004)	<p>"Assoreamento: Obstrução de um rio, canal, estuário ou qualquer corpo d'água, pelo acúmulo de substâncias minerais (areia, argila, etc.) ou orgânicas, como o lodo, provocando a redução de sua profundidade e da velocidade de sua correnteza." (p. 41)</p>
EVANS (2004)	<p><i>"One common usage in the literature is accelerated sedimentation referring to increased rates of sedimentation usually as a consequence of human action. Accelerated sedimentation is the necessary consequence of enhanced erosion upstream due to human modification of land use, or of increased deposition associated with human modification of the fluid flow. [...] A related term often used</i></p>

Referência	Definição
	<p><i>in this context, particularly with reference to infill of river channels and reservoirs, is siltation. The strict definition of siltation is the sedimentation of silt-sized particles but the term is also used more generally to refer to the infill of channels and basins with fine-grained sediment.</i>" (p. 939).</p> <p>Tradução nossa: Um uso comum na literatura é sedimentação acelerada se referindo ao incremento faz taxas de sedimentação usualmente como consequência de ações humanas. A sedimentação acelerada é necessariamente a consequência da erosão incrementada à montante devido às modificações antrópicas do uso da terra, ou do aumento da deposição associado à modificação antrópica dos fluxos. [...] Um termo relacionado frequentemente usado nesse contexto, particularmente em relação ao preenchimento de canais fluviais e reservatórios, é siltação. A definição estrita de siltação é a sedimentação de partículas com dimensão de silte, mas o termo também é usado mais geralmente para se referir ao preenchimento de canais e bacias com sedimentos de granulometria fina.</p>
<p>PANIZZA (2005)</p>	<p>"Le conseguenze di un proceso di sedimentazione generalizzata si manifestano però a lungo termine con una difficoltà crescente da parte del fiume di smaltire sia portate idriche e sia i sedimenti, tanto da provocare nel tempo un vero e proprio intasamento dell'alveo, soprattutto in presenza di opera antropiche trasversali, con sezioni ben definite. L'eccessivo trasporto solido può essere dovuto ad un cospicuo afflusso di detriti dai versanti, superiore ala capacità di trasporto del fiume, o anche a una diminuzione della velocità del flusso, ad esempio per l'interposizione a valle di opera trasversali, come dighe e briglie che modificano il livello di base locale dell'alveo." (p. 150).</p> <p>Tradução nossa: A consequência de um processo de sedimentação generalizada ocorre, no entanto, por um longo tempo, com uma dificuldade crescente da parte do rio em escoar tanto os fluxos de água como os sedimentos, a ponto de causar um verdadeiro entupimento do rio ao longo do tempo, sobretudo na presença de obras antrópicas transversais, com seções bem definidas. O excessivo transporte sólido pode ser devido a um afluo conspícuo de detritos das vertentes, superior a capacidade de transporte do rio, ou ainda, a uma diminuição da velocidade do fluxo, por exemplo pela interposição a jusante de obras transversais, como barragens e açudes que modificam o nível de base local do rio.</p>
<p>FF (2013)</p>	<p>"Assoreamento: processo de diminuição, por sedimentação, da área da seção transversal de um canal fluvial, tendo como consequência o aumento da frequência das inundações e elevação do nível de inundações." (p. 27).</p>
<p>IPT/CPRM (2014)</p>	<p>"Na incidência de inundações, incluem-se, por correlação, [...] assoreamento (formação de depósitos em leito regular de curso d'água ou planície de inundação, em decorrência do acúmulo concentrado de sedimentos transportados)."</p>
<p>FORNASARI FILHO & FARIA (2018)</p>	<p>"O processo consiste na acumulação de partículas sólidas (sedimentos) em meio aquoso ou aéreo, ocorrendo quando a força do agente transportador natural (curso d'água, vento) é sobrepujada pela força da gravidade ou quando a supersaturação das águas ou ar permite a deposição de partículas sólidas. [...] A intensificação do processo por atividades antrópicas decorre, em geral, diretamente do aumento da erosão pluvial, por práticas agrícolas inadequadas e infraestrutura precária de urbanização [...]. A intensificação da deposição pode acarretar assoreamento de corpos d'água." (p. 218).</p>

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

O termo “siltação” é definido por Evans (2004), que inicialmente restringe a compreensão do termo como sedimentação de silte e partículas de granulometria fina, mas cuja utilização geral também se refere ao preenchimento de canais e reservatórios por sedimentos finos, dialogando com a definição de Fornasari Filho/IPT (1992).

A contribuição das atividades antrópicas nas taxas de sedimentação é abordada por Evans (2004), que defende a utilização do termo “sedimentação acelerada” (“*accelerated sedimentation*”) para designar esse processo. Na visão do autor, a sedimentação acelerada seria o resultado direto da erosão acelerada (ver item 4.2.1.1) à montante do local de sedimentação, promovida principalmente por atividades antrópicas e mudanças no uso da terra, como desmatamento, intensificação de atividades agrícolas, mineração ou movimentações de terra. O autor destaca, ainda, que o termo “siltação” pode ser encontrado, também, com essa acepção. Panizza (2005) também destaca o papel das atividades antrópicas no incremento da quantidade de material transportado e o consequente assoreamento dos canais fluviais, destacando a contribuição das obras hidráulicas nesse processo, como barramentos e diques.

A definição de assoreamento, pode ser diferenciada do termo “sedimentação”, quando entendida conforme proposta de FF (2013), e observada também em IBGE (2004), enquanto amplas mudanças promovidas nas características do canal fluvial e do fluxo, como resultado do processo de sedimentação, e com efeitos na magnitude e frequência das inundações; mas não como o processo geomorfológico em si. Essa é a acepção que mais se aproxima daquela adotada na presente tese, conforme exposto abaixo. Foram utilizadas, também, como base, as definições de Evans (2004) e Panizza (2005), e as contribuições de Coque (1984), Hart (1986), Cooke e Doornkamp (1990) e Elorza (2008).

DEFINIÇÃO RECOMENDADA DO CONCEITO

A deposição integra o conjunto de processos envolvendo a movimentação dos sedimentos, em associação com a erosão e o transporte desses materiais. Ela é resultado da disponibilização e transporte de material por meio da atuação dos processos erosivos e pelos principais agentes de transporte, como os canais fluviais. Na literatura, alguns autores a incluem como etapa final da erosão, no entanto, convém separá-la, diante dos mecanismos que atuam e das formas resultantes.

A deposição irá ocorrer quando a força do agente de transporte é inferior à força gravitacional, fazendo com que o material se deposite (SELBY, 1982; COQUE, 1984; HART, 1986; ELORZA, 2008; FORNASARI FILHO; FARIA, 2018). Ela pode ocorrer em pontos preferenciais de uma bacia hidrográfica, variando espacialmente e temporalmente, conforme o balanço entre as forças atuantes que promovem a erosão ou a deposição.

São exemplos de locais de deposição, as bases das vertentes, rupturas e descontinuidades no relevo, a planície fluvial e o canal fluvial. Este último, utilizado também como uma das principais vias de transporte dos sedimentos em uma bacia hidrográfica, pode

depositá-los no leito fluvial e em suas margens, ou na planície de inundação, promovendo os processos de acreção lateral e vertical (COQUE, 1984; HART, 1986; COOKE; DOORNKAMP, 1990).

As características hidrodinâmicas do canal fluvial irão influenciar na ocorrência e predominância das ações erosivas ou de acumulação de sedimentos em seu interior. A velocidade do fluxo e a rugosidade do canal, em função da presença de irregularidades e obstáculos em seu leito e paredes, irão promover um fluxo turbulento, com força suficiente para remoção dos sedimentos e materiais de diferentes granulometrias. Os materiais mais grosseiros, serão transportados predominantemente por rolamento ou saltação, enquanto os finos, como argilas e siltes, por suspensão (COQUE, 1984).

Assim, a energia necessária ao transporte dos sedimentos, provenientes das vertentes da bacia hidrográfica e da ação erosiva na planície e canal fluvial, depende da velocidade do fluxo e de seu volume, expresso por meio da vazão do canal. Esses dois parâmetros, além de interdependentes, irão sofrer influências de um conjunto de variáveis, como as características da seção transversal, a exemplo da profundidade e largura, o raio hidráulico (proporção entre a área e o perímetro molhado da seção transversal) e a declividade do canal. Quando o balanço entre as forças atuantes no canal resulta num excedente de energia, ocorre a erosão, por outro lado, quando em um dado ponto, resulta num déficit, ocorre a deposição (COQUE, 1984).

O equilíbrio entre os processos de erosão e deposição no canal fluvial se reflete em seu perfil longitudinal, expresso pela relação entre o comprimento do canal e a variação da altitude. O perfil longitudinal ideal, em formato côncavo ascendente expressa que a velocidade do fluxo consegue assegurar o transporte da totalidade da carga de sedimento procedente de montante, sem que ocorra remoção ou acumulação. Na prática, diferentes fatores irão influenciar e reverberar em ajustamentos da declividade do canal, de forma que o perfil real do canal pode ser decomposto em segmentos correspondentes a trechos com características distintas, cada qual com seu perfil longitudinal (COQUE, 1984; CUNHA, 2009).

Portanto, a deposição está associada à velocidade e turbulência do fluxo, resultantes da declividade e rugosidade do canal fluvial, mas outras características e parâmetros são também importantes na compreensão desse processo, como a forma do canal fluvial, que influencia a distribuição das velocidades em seu interior, favorecendo a erosão ou a deposição em alguns pontos. A carga de sedimentos transportada pelo canal fluvial é igualmente influenciada por tais variáveis, mas outros parâmetros externos ao sistema fluvial podem desestabilizar o balanço entre a vazão e a carga de sedimentos, tais como, mudanças no uso da terra promovidas na bacia hidrográfica e as atividades antrópicas (COOKE; DOORNKAMP, 1990).

O processo geomorfológico que promove o assoreamento é a deposição dos materiais, em especial sedimentos de granulometria mais fina, já que a ação erosiva exercida durante o transporte entre as partículas e dessas em relação ao fundo e às laterais do canal fluvial foram suficientes para promover a redução das granulometrias.

O assoreamento é o resultado da deposição excessiva de tais materiais em canais fluviais, corpos d'água, reservatórios artificiais, planície fluvial e estuários. Esse resultado é expresso nas mudanças promovidas nas características e propriedades destes ambientes. No canal fluvial, por exemplo, podem se destacar as seguintes mudanças: (i) na seção transversal do canal, como a profundidade, a largura e o raio hidráulico; (ii) na forma do canal, promovendo ajustamentos em sua posição, migração lateral e em parâmetros como a amplitude e o comprimento de onda dos meandros; (iii) nas características do fluxo, como a velocidade e a turbulência; e (iv) no perfil longitudinal do canal.

Tais mudanças não ocorrem isoladamente, mas em conjunto, gerando ajustamentos nas demais características do sistema fluvial. Por exemplo, a redução da declividade do canal fluvial, irá afetar a velocidade do fluxo, influenciando outras características importantes, como a vazão e a altura do nível d'água. Este último, sofre um incremento, tornando o sistema mais suscetível às inundações. O acúmulo dos sedimentos e as mudanças ocorridas nas características do corpo receptor do material em excesso, integram, portanto, o conceito de "assoreamento".

A deposição excessiva pode ser resultado da dinâmica natural do sistema fluvial ou de alguma mudança, como no uso da terra. Esse aspecto é particularmente importante, já que o assoreamento não necessariamente representa degradação ambiental, podendo ser uma resposta natural e típica dos sistemas fluviais.

Outra ressalva deve ser feita em relação às escalas espacial e temporal utilizadas na análise e explicação do assoreamento. As características do fluxo e do sistema fluvial são dependentes do tempo e do espaço, ou seja, passam por constantes mudanças de diversas ordens temporais e espaciais (COQUE, 1984; COOKE; DOORNKAMP, 1990). Nesse sentido, a deposição excessiva em um determinado local pode não ser resultado necessariamente de alguma atividade antrópica realizada à montante na bacia hidrográfica, mas integrar a dinâmica natural do sistema fluvial em uma escala temporal mais abrangente. A questão da escala temporal e espacial é particularmente importante em relação a esse processo geomorfológico, sobretudo na realização de extrapolações e generalizações (SCHUMM, 1991, 1994). Na perícia ambiental esse aspecto adquire ainda maior importância, diante da tipologia das questões colocadas ao perito e das características do exame pericial.

Dentre as mudanças no uso da terra, que podem resultar no incremento da carga de sedimentos no canal fluvial e na deposição excessiva, destacam-se a remoção da cobertura vegetal, a promoção de áreas de pastagem e agricultura intensivas, a impermeabilização do solo e a urbanização. Tais atividades resultam na redução das taxas de infiltração e na concentração dos fluxos, favorecendo as ações erosivas. A urbanização, em especial em seu estágio pré-intervenção, responde pelo aumento da velocidade dos fluxos e pela redução do tempo de permanência desses na bacia hidrográfica, acelerando sua chegada aos canais fluviais receptores.

Diante das mudanças promovidas nas características dos sistemas fluviais pela deposição excessiva, o assoreamento pode ter como principais consequências o aumento da suscetibilidade às inundações e a redução do tempo de vida de reservatórios artificiais, diante

do acúmulo de sedimentos à montante dessas estruturas, que atuam como estruturas de retenção.

COMO O CONCEITO É APROPRIADO NOS PROCESSOS JUDICIAIS

Foram selecionados 170 trechos contendo o termo “assoreamento” a partir da análise das ações judiciais. Diferentemente dos termos anteriores, no qual a utilização da terminologia se restringiu mais aos documentos técnicos, foram extraídos trechos contendo o termo “assoreamento” de todas as peças judiciais analisadas, técnicas e não técnicas.

Foi verificado o predomínio do uso do termo nos documentos técnicos (56), em especial nos pareceres técnicos (44%) e em menor número, nos laudos periciais (12%). Esse número deve ser relativizado, já que um processo judicial convencional apresenta um único laudo pericial, ao passo que pode contar com dezenas de pareceres técnicos.

Já em relação aos documentos não técnicos, as petições iniciais e as sentenças e decisões apresentaram maior ocorrência, ambas representando 12%, seguidas dos despachos saneadores e quesitos (8%), das peças recursais, como as razões de apelação (6%) e das contestações (5%). Por fim, as alegações finais (memoriais) representaram 1%.

Foram encontradas poucas definições do termo “assoreamento” apresentadas por peritos e especialistas, em contraposição com os termos anteriores, relacionados à erosão. Pode-se interpretar tal fato como resultado de uma compreensão geral pré-estabelecida do conceito, pela maioria dos agentes envolvidos, sem existir a necessidade de conceituá-lo em documentos técnicos. A própria ocorrência em todos os tipos de peças judiciais não técnicas, demonstra que a utilização desse termo não está restrita apenas aos especialistas.

Os trechos abaixo exemplificam duas definições apresentadas em parecer técnico e laudo pericial extraídos das ações judiciais de Itapeverica da Serra e Mairiporã, respectivamente. A primeira integra processo judicial do grupo de análise de inundação, versando sobre a ocorrência de enchentes em área urbana, resultantes do subdimensionamento dos dispositivos de drenagem, construções em APP e assoreamento do canal fluvial. A segunda, já citada anteriormente, refere-se à ação judicial envolvendo a construção de pista de motocross e jipe, em Área de Proteção aos Mananciais, resultando na deflagração de processos erosivos e conseqüente assoreamento de reservatório utilizado para abastecimento público de parte da RMSP.

*“ii) não há nenhum vestígio no local de realização de tarefas de desassoreamento, visto que essa atividade exige a presença de máquinas de porte – caçamba basculante, posto que o desassoreamento caracteriza-se pela retirada de areia, tanto do talvegue como das margens, as quais vão se acumulando e, portanto, diminuindo a já mencionada ‘área molhada’. **O assoreamento é o fenômeno pelo qual, com acúmulo de material particulado, se diminui a vazão do curso d’água, alterando-se consideravelmente seu regime.**” (Processo Judicial nº 0000008-32.2012.8.26.0268, Comarca de Itapeverica da Serra, 3ª Vara Cível, Parecer técnico, f. 110, grifo nosso).*

“Consequências da degradação: [...] b) Assoreamento de Rios: que é a diminuição da profundidade dos leitos e da capacidade de transporte de material, tendo como resultado o aumento das cheias e impacto sobre a ictiofauna (fauna aquática); c) Assoreamento de Reservatórios e Açudes: tendo como resultado a perda de água para geração de energia, comprometimento da qualidade da água para usos diversos (abastecimento público, lazer e recreação, pesca, etc.), aumento das cheias; d) Entulhamento de Depressões e Várzeas: que é o acúmulo de material carreado, tendo como resultado a destruição dos ecossistemas de áreas úmidas, de áreas agrícolas, aumento das cheias, propagação de doenças, etc.” (Processo Judicial nº 0001867-24.1999.8.26.0338, Comarca de Mairiporã, 1ª Vara Cível, Parecer técnico, f. 739).

Em relação aos locais objeto do assoreamento, verificou-se o uso do termo mais associado aos cursos d’água e corpos d’água, em especial reservatórios artificiais de abastecimento público, mas também o assoreamento de vales, da planície fluvial e áreas topograficamente rebaixadas.

Foi possível observar dois contextos principais para emprego do termo, um primeiro associado à averiguação das causas e responsabilidades pela efetiva ocorrência do assoreamento de cursos e corpos d’água, bem como das medidas passíveis de serem adotadas para mitigação e prevenção desse dano, como o desassoreamento e a contenção de processos erosivos à montante. Nesse contexto, as atividades antrópicas figuram como causa do assoreamento, com destaque aos processos erosivos no fornecimento dos materiais, associados à retirada da vegetação, execução de cortes e aterros, subdimensionamento dos dispositivos de drenagem e urbanização.

O segundo contexto está associado à utilização do termo para referir-se a um risco, principalmente nas ações judiciais envolvendo a ocorrência de processos erosivos. Nesse contexto, o assoreamento não ocorreu efetivamente, mas é citado como um possível impacto, representando risco ambiental e à sociedade, quando atrelado com o aumento da incidência de inundações e enchentes.

Além da associação entre o assoreamento e seu papel na frequência e magnitude de inundações, são frequentemente destacados, ainda, os impactos na vida útil dos reservatórios, na eutrofização dos corpos d’água e dos danos à biota e fauna aquáticas.

Dentre as 170 ocorrências, a maior parte foi extraída das ações judiciais diretamente relacionadas com erosão e assoreamento, que integram esse grupo de análise, conforme pesquisa de jurisprudência. Porém, diversos trechos foram também extraídos das ações inseridas no grupo de inundações. Nestas, o termo “assoreamento” é utilizado para referir-se às principais causas das inundações e enchentes ou como fator principal no incremento da suscetibilidade à eventos de inundações, bem como na alteração da magnitude e frequência destas. O termo “desassoreamento” também é muito utilizado em tais processos, referindo-se às ações de mitigação e prevenção de inundações e enchentes, sobretudo em áreas urbanas.

Outro aspecto discutido no âmbito dos processos analisados refere-se às técnicas utilizadas pelos peritos e especialistas para constatação do assoreamento, como a verificação dos indícios de ocorrência do fenômeno e de suas causas. Um exemplo é a ação judicial de Bragança Paulista, cuja ré era acusada pela Municipalidade, em ação movida pelo Município, de causar assoreamento em corpo d'água existente no entorno de loteamento, em função da movimentação de terra em viela sanitária existente ao longo de todo o perímetro do loteamento. O réu questionava a existência em si do processo de assoreamento, indagação que foi um dos motivos pelo qual foi determinada a realização da perícia técnica. O juiz do caso também não estava convencido, de forma que um dos quesitos presentes no despacho saneador do caso, que designou a realização da perícia, era se havia ocorrido dano ambiental e se era possível apurar sua responsabilidade.

Os demais quesitos apresentados pelas partes visavam, principalmente, imputar a responsabilidade à outra parte: à ré, pela realização das obras, ou à municipalidade, pela não realização de ações de limpeza dos dispositivos de drenagem pública. Para tal, diversos quesitos se apoiaram na existência e distribuição de bancos de sedimentos no lago assoreado, indagando ao perito se os bancos de sedimento de fato existiam e se sua localização permitia determinar a responsabilidade do dano.

O perito, por meio da realização de trabalho de campo e constatação visual, não observou a ocorrência de bancos de sedimentos e argumentou que os indícios do assoreamento do lago não se limitavam apenas aos bancos de sedimentos, mas poderiam ser observados na redução das profundidades do corpo d'água como um todo e em parâmetros como a turbidez (trecho a seguir).

*“1) Onde se encontram os focos de assoreamento no interior do Lago do Orfeu?
R: Na presente vistoria não foi possível identificar os locais onde estão os principais focos do assoreamento dos sedimentos de maior granulometria, visto todo o lago estar com sua superfície ocupada pela água, não evidenciando pontos deste tipo de assoreamento, contudo **vale ressaltar que não existem necessariamente focos de assoreamento [...] o assoreamento causado pela decantação dos sedimentos diluídos nas águas pluviais, em função de ser um ambiente lêntico, estão dispersos na lago como um todo.**” (Processo Judicial nº 0010464-63.2012.8.26.0099, Comarca de Bragança Paulista, 4ª Vara Cível, Laudo pericial, f. 603, grifo nosso).*

Após a entrega do laudo pericial, a autora questionou as técnicas utilizadas pelo perito, por meio de parecer técnico divergente, destacando que este havia se baseado unicamente na observação, preterindo a utilização de técnicas simples, como a medição da profundidade.

*“Em resposta aos quesitos elaborados pela Prefeitura Municipal, página 13-14, o perito informa por várias vezes que não foi possível identificar os locais onde estão os principais focos do assoreamento, devido ao lago estar cheio. Ou seja, a vistoria ficou **limitada as impressões do perito**, sem que houvesse, ao menos, uma **simples verificação da altura do banco de areia na saída das tubulações de água pluvial por meio de estacas ou varejão.**” (Processo Judicial nº 0010464-63.2012.8.26.0099,*

Comarca de Bragança Paulista, 4ª Vara, Parecer técnico divergente, f. 736, grifo nosso).

A questão escalar também é bastante discutida nos contextos de utilização do termo “assoreamento”. Em especial a escala temporal, já que a maioria das ações aborda os impactos locais, com escala espacial restrita ao corpo d’água ou trecho do canal fluvial. A escala temporal adquire maior importância já que no contexto da investigação das responsabilidades pelo assoreamento, uma das principais questões acessadas é quando efetivamente o assoreamento se iniciou. Ao responder essa pergunta, é possível descartar ou não uma responsabilidade, como exemplificado no caso da ação judicial de Bragança Paulista, citada anteriormente. Mais uma vez, os trechos foram extraídos no contexto do diálogo entre o laudo pericial questionado e o parecer escrito pelo assistente técnico do autor da ação.

“O Lago do Orfeu vem sendo assoreado desde sempre, ou seja, independe de um período específico, mesmo sabendo que em alguns períodos ocorrem mais ou menos processos erosivos e conseqüente assoreamento [...]” (Processo Judicial nº 0010464-63.2012.8.26.0099, Comarca de Bragança Paulista, 4ª Vara Cível, Laudo pericial, f. 599, grifo nosso).

“Afirma o perito que o Lago em questão vem sendo assoreado ‘desde sempre’ (página 9). O uso do termo ‘desde sempre’ demonstra a falta de conhecimento do perito acerca da evolução do assoreamento e do processo de ocupação e de uso do solo do entorno, eis que ‘desde sempre’ é uma referência vaga e imprecisa para delimitar o dano ambiental na escala de tempo.” (Processo Judicial nº 0010464-63.2012.8.26.0099, Comarca de Bragança Paulista, 4ª Vara, Parecer técnico divergente, f. 735, grifo nosso).

Uma das principais discussões abordadas nos processos judiciais e que são repassadas ao perito judicial consiste na compreensão do assoreamento como dano ambiental em si. Em alguns casos, o assoreamento adquire esse status, sobretudo quando esse é investigado em ações judiciais envolvendo a responsabilização pela formação e evolução de processos erosivos, associados à movimentação de terra, por exemplo. Nesses casos é clara a utilização do termo “assoreamento” como dano ambiental, e sua associação com impactos adicionais e riscos à sociedade, como as enchentes. Por outro lado, em algumas ações judiciais foi observada tentativa de questioná-lo enquanto dano ambiental, sobretudo pela parte ré do processo, visando relativizar sua responsabilidade.

Diante das mudanças promovidas pelo assoreamento nas características do sistema fluvial, como na forma do canal fluvial, nas dimensões da seção transversal e no perfil longitudinal, além das mudanças nas características do fluxo, esse processo está frequentemente mais associado à ocorrência de dano ambiental, ainda que possa ser resultante também da dinâmica natural do sistema fluvial.

Os trechos a seguir foram extraídos da ação judicial de Bragança Paulista, citada anteriormente. O primeiro trecho foi retirado do laudo pericial, no qual o perito responde ao

questo colocado pelo juiz. Já o segundo, foi extraído de parecer técnico divergente, elaborado pelo assistente técnico do autor, em resposta às explanações do perito.

*“1 – **Constam-se danos de natureza ambiental** ao lago em questão, conforme narrada na inicial? Se positiva a resposta, favor discriminá-los sob a ótica do Perito. R: **Sim, constam-se danos de natureza ambiental, o assoreamento**, (obstrução, por sedimentos, areia ou detritos quaisquer, de um estuário, rio, baía, lago ou canal), ocorreu no Lago do Orfeu como pode ser observado pela estreita lâmina d’água no local dos fatos, bem como o aparecimento de bancos de sedimentos (fotos no processo). (Processo Judicial nº 0010464-63.2012.8.26.0099, Comarca de Bragança Paulista, 4ª Vara, Laudo pericial, f. 596, grifo nosso).*

*“No início do laudo (página 4), como recomendação técnica, o perito recomenda ‘proceder o desassoreamento do Lago do Orfeu para que o mesmo possa cumprir com suas funções ambientais’, sem descrever tecnicamente quais as funções ambientais do referido lago e **quais danos que o possível assoreamento causou no Lago do Orfeu.**” (Processo Judicial nº 0010464-63.2012.8.26.0099, Comarca de Bragança Paulista, 4ª Vara, Parecer técnico divergente, f. 735, grifo nosso).*

A compreensão do assoreamento como dano ambiental ou não, está relacionada ao próprio entendimento do termo na ação judicial e pelos agentes que nela atuam. Quando o assoreamento é entendido como as mudanças promovidas nas características morfológicas (forma) e nos mecanismos atuantes no curso d’água, corpo d’água, planície ou estuário, é possível enquadrá-lo no conceito de degradação ambiental, definido na legislação brasileira como qualquer alteração adversa do meio ambiente.

Cabe lembrar, no entanto, que o assoreamento enquanto resultado da deposição excessiva de sedimentos, pode ocorrer naturalmente em função da dinâmica do sistema fluvial, que promove ações erosivas em alguns pontos e de acumulação em outros. Essa dinâmica deve ser considerada, também, sob diferentes escalas espaciais e temporais, já que é dependente de ambas. Nesse sentido, o assoreamento não necessariamente representa degradação ambiental.

Evidentemente o discurso empregado depende do objetivo e do contexto no qual se insere. Nas petições iniciais, por exemplo, nas quais os autores das ações judiciais visam apresentar o mérito do processo, dentre os quais, a atribuição de responsabilidades por danos ambientais, o assoreamento integra a concepção de dano ambiental. Já nas contestações e em peças recursais, como as razões de apelação, o assoreamento pode ser descaracterizado como dano, pelo questionamento de sua própria existência e das ações que levaram a sua formação.

Nos documentos não técnicos das ações judiciais analisadas, portanto, como petições iniciais, contestações e recursos, a utilização do termo “assoreamento” está associada, principalmente, à comprovação ou refutação do nexos de causalidade entre o dano ambiental e a atuação da parte, assim como à adoção de medidas de mitigação e prevenção de novos danos.

Nesse sentido, fica a cargo das sentenças e decisões atestar o convencimento acerca do nexo de causalidade e da responsabilidade pelo dano ambiental, com base nos documentos integrantes da ação, em especial, o laudo pericial e pareceres técnicos. Entretanto, em alguns casos estes documentos não são suficientes para embasar a decisão do juiz ou desembargador, fazendo com que este precise optar por como proceder: solicitar complementação técnica do processo, por meio de (nova) perícia ambiental, ou solicitar pareceres técnicos aos órgãos governamentais, como o Instituto Geológico (IG) ou a Companhia de Saneamento Ambiental (CETESB), quando garantida a imparcialidade desses.

Os trechos reproduzidos abaixo, foram extraídos da ação judicial de Bragança Paulista, já citada. Diante da relevância do caso na presente análise, julgou-se conveniente citar a sentença de 1º grau e, na sequência, o Acórdão do recurso de apelação, em 2º grau. Eles demonstram que o nexo de causalidade do assoreamento não foi suficientemente comprovado, tornando difícil a tomada de decisão, em especial, pelo desembargador diante da grande quantidade de documentos e argumentos das partes. Nesse processo, o laudo pericial não foi capaz de elucidar a responsabilidade pelo assoreamento e, apesar de não ter sido considerado imprestável pelo desembargador, como as partes visaram atestar, não pôde ser considerado em sua totalidade na decisão proferida por este.

“Assim, impõe-se a parcial procedência da ação, devendo ser a requerida compelida a adequar seu sistema de contenção de sedimentos para que passe a reter sedimentos em suspensão e não apenas de maior massa e granulometria como ocorre atualmente, no prazo de 90 (noventa) dias, bem como deve ser condenada a custear 25% (vinte e cinco por cento) do valor gasto pelo Município para a realização das obras de desassoreamento do Lago do Orfeu.” (Processo Judicial nº 0010464-63.2012.8.26.0099, Comarca de Bragança Paulista, 4ª Vara, Sentença de 1º grau, f. 808).

*“Responsabilidade. Prova. **O assoreamento do Lago Orfeu é incontroverso; mas a prova pericial não permite concluir pela responsabilidade da ré pelo dano e recomposição do lago, sequer na proporção de 25% indicada pelo 'expert' e acolhida pelo juiz.**” (Processo Judicial nº 0010464-63.2012.8.26.0099, Comarca de Bragança Paulista, 4ª Vara, Acórdão do recurso de apelação, f. 921, grifo nosso).*

A complexidade associada ao assoreamento e, particularmente, em relação às suas causas, têm reverberado na dificuldade na investigação, redação de laudos periciais e solução das ações judiciais. Ainda que possa se tratar de um processo natural característico da dinâmica dos sistemas geomorfológicos, o assoreamento mais comumente representa um dano ambiental, diante das mudanças promovidas nas características físicas do corpo receptor, dos fluxos e dos impactos resultantes da relação complexa existente entre as variáveis do sistema fluvial. A análise das ações judiciais confirmou a necessidade da avaliação cuidadosa desse fenômeno, por meio de abordagens privilegiando o olhar sob diferentes escalas espaciais e temporais. Tal abordagem pode auxiliar a distinguir as causas e parcelas de responsabilidade, aumentando o rigor e a exatidão de pareceres e laudos periciais.

4.2.1.5. CONSIDERAÇÕES SOBRE A TERMINOLOGIA ASSOCIADA AOS PROCESSOS EROSIVOS E DE SEDIMENTAÇÃO

- Qual é a compreensão dos termos nas ações judiciais? Ela é compatível ou se distingue daquela da geomorfologia?

Os termos relacionados à erosão e ao assoreamento são utilizados em todas as peças judiciais nas ações analisadas, tanto nas técnicas, em pareceres técnicos e laudos periciais, quanto nas não técnicas, como petições iniciais, contestações e sentenças. Esse dado é importante pois distingue-se daqueles observados em relação aos movimentos de massa, por exemplo, conforme abordado posteriormente, cuja utilização, sobretudo de termos mais específicos, restringe-se aos documentos técnicos.

Dentre os termos avaliados nesse subcapítulo aqueles que apresentam maior confusão são os conceitos de “sulcos”, “ravinas” e “voçorocas”, sobretudo em relação ao seu funcionamento, dimensões, efeitos nos sistemas ambientais e enquadramento como dano ambiental.

Em relação ao termo “sulco” foi possível verificar que o emprego do termo em alguns documentos técnicos como sinônimo de “talvegue”, abordando-o a partir de sua relação direta com a evolução do sistema de drenagem, resultou em confusões conceituais e discussão acerca da incidência de APP de nascente e curso d’água.

A utilização do termo “voçoroca” seguiu essa mesma lógica, inserida em debates acerca de seu enquadramento como curso d’água e, conseqüentemente, a incidência de APP. Foi possível observar a utilização de termos como “grotas”, “buracos” e “valetas” na tentativa de descaracterizar essas formações, para defender intervenções antrópicas nas suas proximidades e na contenção de sua evolução.

Por outro lado, o termo “assoreamento” foi empregado com maior aderência entre os próprios contextos de utilização nas ações judiciais e em relação à definição proposta ao termo na literatura da geomorfologia e da geologia. Apesar da coerência conceitual, os casos analisados apresentaram intensas discussões acerca das técnicas utilizadas nos exames periciais para constatação da ocorrência e das responsabilidades pelo assoreamento. Em quase todos os casos as técnicas adotadas pelos especialistas foram questionadas pelas partes envolvidas na ação e seus respectivos assistentes técnicos, os laudos impugnados e as responsabilidades não averiguadas de forma precisa e fundamentada, limitando-se a inferências e estimativas.

Um ponto comum observado em relação aos termos refere-se a compreensão de que os processos erosivos e, em alguns casos, o próprio assoreamento não se enquadram como danos ambientais. Nessa perspectiva, apenas os prejuízos decorrentes do assoreamento seriam enquadrados como dano ambiental, como o comprometimento da qualidade e da disponibilidade de água para abastecimento público.

Essa visão demonstra o conhecimento limitado do funcionamento e efeitos desses processos do meio físico nos sistemas ambientais, bem como, limitações na compreensão das escalas espaciais e temporais associadas a operação de tais fenômenos.

- O termo envolve o foco principal, ou seja, o mérito da ação judicial? Ou é algo secundário?

No caso dos termos associados aos processos erosivos, como “erosão”, “sulcos”, “ravinas” e “voçorocas”, sua utilização nos casos analisados usualmente não se refere ao mérito do processo. Os termos envolvem questões secundárias, como a erosão que ocasionou assoreamento de curso ou corpo d’água, ou a incidência de Área de Preservação Permanente de curso d’água e nascente ao longo de voçorocas e nos pontos de afloramento do lençol freático.

Por outro lado, nos processos envolvendo o termo “assoreamento”, esse apresenta-se como foco principal, envolvendo entre os pontos contravertidos sua efetiva ocorrência, dimensão, as responsabilidades e as medidas de reparação e prevenção desse dano ambiental.

- Na ação judicial os termos são usados com ambiguidade? E na geomorfologia pensada em si mesma e em relação com as demais disciplinas das ciências da terra, o termo possui uma definição ambígua?

Os termos “sulcos”, “ravinas” e “voçorocas” foram aqueles que apresentaram maior ambiguidade em sua utilização, como discutido anteriormente. Essas ambiguidades foram utilizadas em alguns contextos com o objetivo de descaracterizar ou relativizar o dano ambiental. São exemplos: a utilização de termos como “valetas” e “grotas” para se referir às voçorocas, e a descaracterização de cursos d’água, abordando-os como feição erosiva, ao qual não se enquadraria o estatuto das Áreas de Preservação Permanente.

Nos casos analisados verificou-se, também, problemas em relação à caracterização dos processos erosivos em termos de sua extensão, profundidade e por meio de outros parâmetros, em contextos associados a severidade do processo. Foram frequentes, assim, o emprego de termos como “erosão agressiva”, “erosão de grandes proporções”, “forte erosão”, “processo erosivo adiantado” e “processos erosivos intensos”. Diante disso, foram frequentes os questionamentos das partes, por meio de seus assistentes técnicos, reduzindo a dimensão e consequências desses fenômenos.

Esse quadro verificado nas ações judiciais pode estar associado a ambiguidade na utilização e definição da terminologia nas ciências da terra, principalmente na literatura internacional, que apresenta uma distinção arbitrária entre os diferentes estágios dos processos erosivos nos sistemas de vertentes. Na literatura nacional, por outro lado, a distinção entre os três estágios adquire maior importância e encontra-se mais consolidada.

Como relatado anteriormente, a explicação para a maior importância atribuída aos termos “sulcos”, “ravinas” e “voçorocas” no Brasil, pode estar relacionada ao contexto morfoclimático do Meio Tropical Úmido e às taxas de operação superiores do intemperismo

e dos processos erosivos, quando comparado ao meio temperado, contexto no qual a maior parte da literatura internacional é produzida.

Em relação ao termo “solapamento”, foi possível observar sua utilização recorrente, sobretudo, nas ações judiciais associadas a intervenção em APP de curso d’água. Em contrapartida, os glossários e dicionários consultados e a literatura especializada raramente definem esse termo. Na literatura em língua portuguesa, dentre as obras consultadas, foram obtidas poucas definições ao termo, ao passo que na literatura de língua inglesa, sua definição está pulverizada, entre os diversos mecanismos e sistemas no qual esse processo atua. Esse é um caso no qual a linguagem coloquial adota e utiliza determinado termo conferindo-lhe significado técnico. A literatura especializada, porém, se preocupou pouco com a sua definição.

4.2.2. GRUPO II - MOVIMENTOS DE MASSA

Os termos examinados nesse segundo grupo de análise são: “movimento de massa”, “escorregamento”, “deslizamento”, “desmoronamento”, “desabamento”, “quedas de bloco”, “corridas de massa” e “recalque”.

A inclusão do termo “recalque” nesse grupo partiu do princípio de que esse processo tem a força da gravidade como principal agente, apesar do papel exercido pela água e por atividades antrópicas em sua deflagração. Tendo em vista que a inclusão desse processo entre os movimentos de massa é um ponto controverso na literatura especializada, como será discutido posteriormente, optou-se por apresentá-lo nesse item, porém separado das demais tipologias de movimentos de massa, de forma que o termo encerra o subcapítulo, em item próprio.

Os processos selecionados como representativos da categoria de movimento de massa, conforme pesquisa de jurisprudência descrita na metodologia, foram os seguintes (Tabela 21).

Tabela 21 - Processos selecionados como amostragem da terminologia de movimentos de massa, com base na pesquisa de jurisprudência

Número do Processo	Comarca
0002779-17.2010.8.26.0247	Ilhabela (Foro de Ilhabela / Vara Única)
0038582-27.2011.8.26.0053	São Paulo (Foro Central / 7ª Vara da Fazenda Pública)
0006455-36.2011.8.26.0053	São Paulo (Foro Central / 3ª Vara da Fazenda Pública)
0003303-95.2011.8.26.0435	Pedreira (Foro de Pedreira / 1ª Vara Cível)
0012872-53.2013.8.26.0176	Embu das Artes (Foro de Embu das Artes/ 3ª Vara Cível)

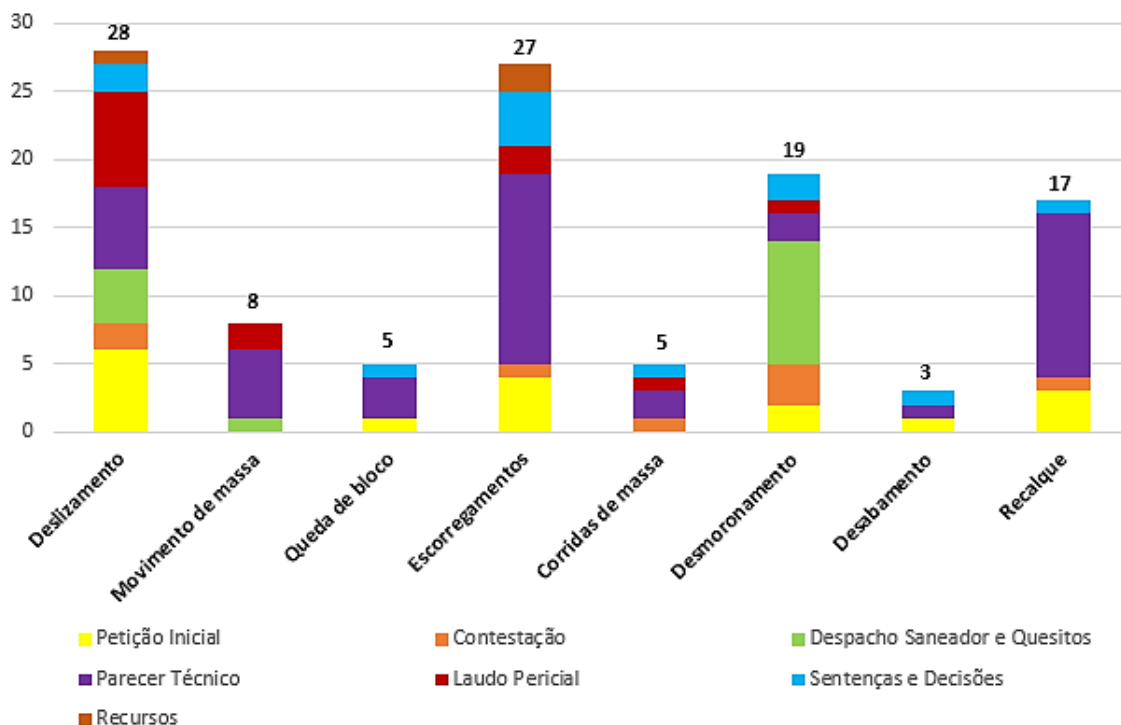
Ainda assim, durante a análise e sistematização dos demais processos judiciais, observou-se que os outros grupos temáticos, como erosão, assoreamento, inundação e, principalmente, risco geológico e geomorfológico, apresentaram também a ocorrência de termos relacionados com os movimentos de massa, como deslizamentos e escorregamentos.

Tal relação pode ser verificada principalmente nas seguintes situações: (i) em documentos enumerando exemplos de diferentes tipos de risco geológico, que geralmente citam os movimentos de massa, em conjunto com inundações e erosão; e (ii) algumas ações judiciais apresentarem os movimentos de massa como questão secundária investigada, não especificada como mérito do processo, mas igualmente avaliada durante o curso da ação.

Por exemplo, no caso do processo judicial da Comarca de Guarujá, o mérito do processo versava sobre a construção de muro em Área de Preservação Permanente de curso d'água e intervenções antrópicas no leito do canal diante de problemas recorrentes em condomínio residencial por ocasião de inundações e dinâmica das marés. Entretanto, durante o desenvolvimento do processo, observou-se a construção de residências em vertente de alta declividade com exposição de blocos rochosos e a presença de cicatrizes de escorregamentos em áreas de antigo empréstimo de material para implantação de estrada de acesso. Tais fatos ensejaram a participação do IG, mediante avaliação da área e elaboração de parecer técnico, e representaram a incorporação da terminologia associada aos processos de movimentos de massa na ação judicial.

Assim, incluindo essas eventuais ocorrências da terminologia referente aos movimentos de massa, foram observados nos processos judiciais analisados o maior emprego dos termos “deslizamento”, com 28 trechos selecionados, e “escorregamento”, com 27. Na sequência, foram extraídos 19 trechos contendo o termo “desmoronamento” e 17 trechos com o termo “recalque”. Os termos “movimento de massa”, “queda de blocos” e “corrida de massa”, apresentaram menor número, com 8, 5 e 5 trechos selecionados, respectivamente. Por fim, foram extraídos apenas 3 trechos contendo o termo “desabamento” (Figura 29).

Figura 29 - Proporção entre os termos selecionados no universo de análise dos movimentos de massa



Fonte: Elaborado pela autora

Tais proporções não podem ser consideradas por si só, em termos quantitativos, já que, por exemplo, o próprio mérito ou causa de pedir dos processos judiciais reflete no número de ocorrências. Assim, a menor recorrência do termo “corrida de massa” possui relação direta com o fato de não terem sido selecionados processos judiciais diretamente relacionados com tal fenômeno do meio físico. Ainda assim, algumas considerações podem ser feitas com base na distribuição observada.

Apesar da amplitude do termo “movimento de massa”, ele não foi observado com grande frequência nos processos judiciais analisados na tese, muito preterido em relação à terminologia mais frequente fora do meio acadêmico, como deslizamentos, escorregamentos e desmoronamentos, que aparecem em grande número nas ações judiciais analisadas, como demonstrado na figura anterior.

São frequentes os casos nos quais os termos deslizamento, escorregamento e desmoronamento são utilizados como sinônimo, aparecendo inclusive juntos na mesma peça judicial, como uma alternância de termos escolhida intencionalmente pelo autor do documento. Essa alternância foi constatada, inclusive, em pareceres técnicos e laudos periciais, ou seja, documentos elaborados por especialistas.

A citação a seguir é um exemplo do emprego dessa terminologia em conjunto, retirada de sentença em 1º grau de um dos processos judiciais analisados.

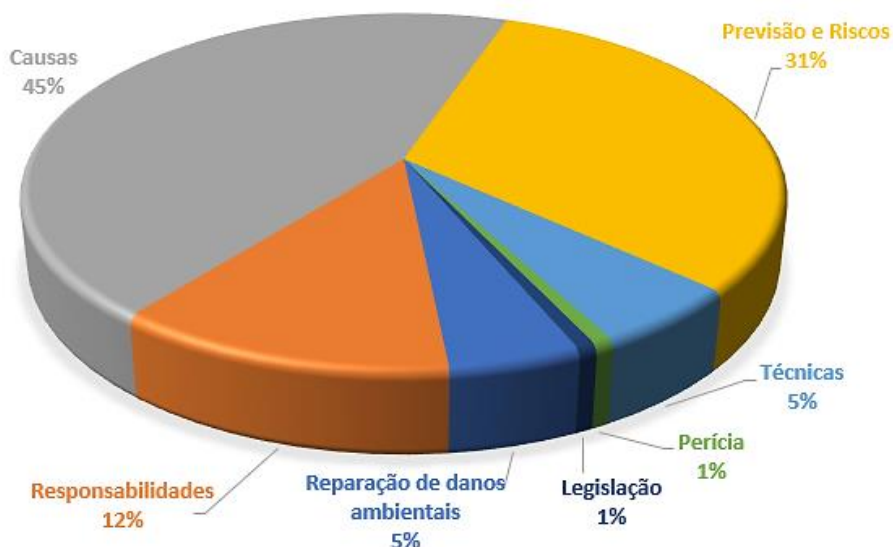
*“[...] mas aduz serem necessárias a realização de obras de contenção da encosta do morro, sítio do evento, para que novos **deslizamentos de terra** não ocorram,*

*indicando outras causas que favorecem o **desmoronamento**, dentre elas o escoamento de água [...]". (Processo Judicial nº 0003303-95.2011.8.26.0435, Comarca de Pedreira, 1ª Vara Cível, Sentença, f. 577, grifo nosso).*

O termo desabamento é uma exceção, com poucas ocorrências nos processos judiciais, em geral associado ao colapso de alguma estrutura ou edificação antrópica. Essa característica será analisada posteriormente, porém cabe destacar que a baixa ocorrência desse termo pode estar relacionada ao seu enquadramento na legislação brasileira como crime (ato de causar desabamento) previsto no Código de Processo Penal, e que, portanto, determina sua análise pela via da instância penal. Já que os processos judiciais analisados se referem aqueles julgados na instância civil, o recorte estudado pode ser uma explicação para a ausência desse termo.

Os trechos selecionados nesse segundo grupo de análise foram extraídos das ações judiciais em contextos relacionados à investigação das causas dos fenômenos, da determinação dos responsáveis, recomendação de ações de reparação de danos ambientais, previsão de riscos futuros, discussões sobre as técnicas utilizadas para medição da ocorrência e evolução desses processos do meio físico, e outras temáticas gerais envolvendo a realização de perícia e a legislação relacionada ao tema (Figura 30).

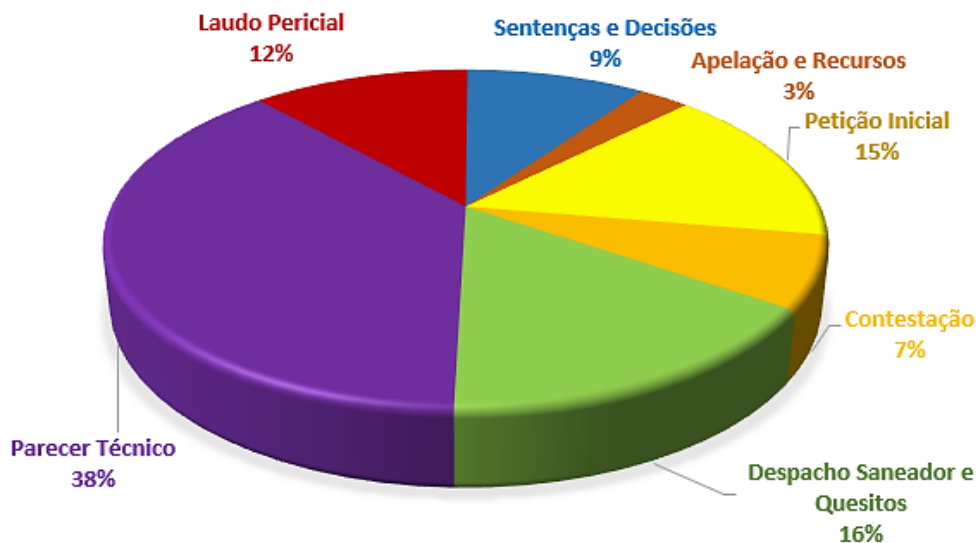
Figura 30 – Mérito (ou a causa de pedir) associada à utilização da terminologia de movimentos de massa



Fonte: Elaborado pela autora

Em relação às peças judiciais das quais os termos foram extraídos, a grande maioria (38%) foi selecionada de pareceres técnicos de órgãos governamentais, consultorias privadas ou dos assistentes técnicos de uma das partes envolvidas, como nos pareceres do CAEX, assistente técnico do Ministério Público, ou relatórios técnicos da CETESB, IG, IPT e SMA (Figura 31).

Figura 31 - Proporção entre os tipos de peças judiciais a partir das quais foram extraídos os trechos do universo de análise de movimentos de massa



Fonte: Elaborado pela autora

A reduzida ocorrência em laudos periciais (12%) está relacionada ao menor número de laudos periciais quando comparado à quantidade de pareceres técnicos que integram uma ação judicial. Como observou-se, em alguns casos, o grande volume de documentos técnicos produzidos por instituições públicas e privadas, que apresentam seu próprio corpo de especialistas, é muitas vezes suficiente para suprir as demandas por explicações técnicas das ações judiciais, dispensando a realização da perícia.

A grande ocorrência desses termos em documentos não-técnicos, como os quesitos e o despacho saneador (16%) e a petição inicial (15%), pode ser explicada pelo fato de as ações judiciais serem instauradas após a promoção de inquéritos civis realizados pelo Ministério Público, instruídos por pareceres técnicos de diversos órgãos públicos e, em alguns casos, de empresas particulares, dentre os quais o CAEX. Nesse sentido, a petição inicial é redigida apenas quando concluso o inquérito civil e decidida pela abertura da ação judicial. Assim os termos técnicos utilizados nos pareceres presentes no inquérito são apropriados e transpostos à petição inicial, muitas vezes com a reprodução integral de trechos de tais documentos técnicos, auxiliando na redação do mérito da ação judicial.

A contestação, as peças recursais, como a apelação, e sentenças e decisões, empregam esses termos com diferentes finalidades, geralmente também se valendo da reprodução de trechos dos pareceres técnicos que instruem o processo judicial.

A maior ocorrência de termos genéricos, como deslizamentos, desmoronamentos e mesmo escorregamentos, esses últimos compreendidos muitas vezes como sinônimos dos termos anteriores; demonstra o receio em se abordar a gênese dos movimentos de massa, sobretudo por parte de órgãos técnicos e especialistas, que teriam condições técnicas de fazê-lo. Tal receio se reflete nos demais agentes que atuam nas ações judiciais e que reproduzem essa terminologia.

4.2.2.1. MOVIMENTOS DE MASSA

CONCEITO SOB A VISÃO DA GEOMORFOLOGIA

As definições do termo encontradas em Glossários, Dicionários e Enciclopédias são convergentes, designando conjunto de processos envolvendo a movimentação de material, simultaneamente para baixo e para fora da vertente, pela ação da gravidade. Na literatura internacional, esse termo é bastante empregado, aparecendo em praticamente todas as referências consultadas. Já na literatura brasileira, sua ocorrência foi menor, sendo mais empregado a partir das referências mais atuais.

A Tabela 22, abaixo, apresenta os equivalentes desse termo na literatura internacional.

Tabela 22 - Termo "movimento de massa" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

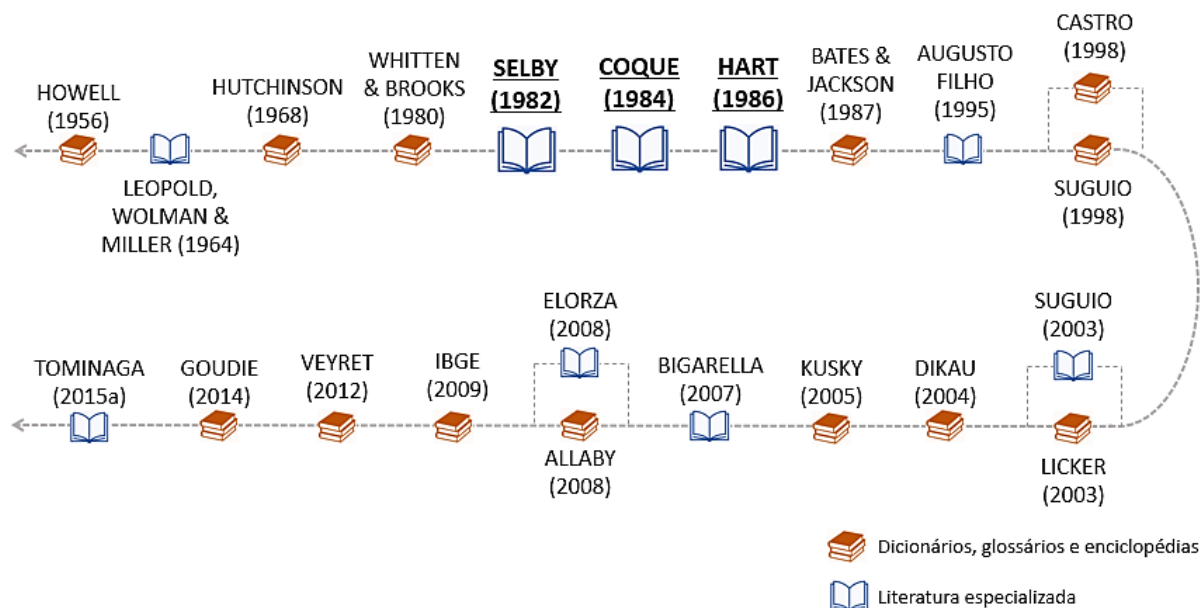
Inglês	<i>Mass movement, Mass wasting</i>
Francês	<i>Mouvement de masse, Mouvement de matière</i>
Espanhol	<i>Movimiento de masa, Transporte en masas</i>
Italiano	<i>Movimiento di massa, Disgregazione in massa, Movimenti di versante</i>
Alemão	<i>Massenabfall, Massenbewegungen</i>

Fonte: Rassam et al. (1987); Goudie (2004); Panizza (2005).

O histórico desse desenvolvimento conceitual está relacionado à consolidação das pesquisas nesse campo, que foram se aprimorando com a incorporação de novas técnicas que permitissem compreender os mecanismos atuantes nos diferentes tipos de movimentos de massa, sob diferentes condições climáticas e geomorfológicas. Assim, importantes sistematizações foram feitas, por exemplo, na década de 1950, 1980, 1990 e, inclusive, atualmente, representando ajustes na terminologia empregada (AUGUSTO FILHO, 1995; CRUDEN; VARNES, 1996; HUNGR; LEROUEIL; PICARELLI, 2014).

A bibliografia consultada para levantamento e sistematização das definições do termo “movimento de massa” é retratada na Figura 32. As referências selecionadas, diante de sua aderência ao entendimento do termo nessa pesquisa, encontram-se listadas na Tabela 23 abaixo.

Figura 32 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "movimento de massa"



Fonte: Elaborado pela autora
Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 23 - Definição do termo "movimento de massa" de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
LEOPOLD, WOLMAN & MILLER (1964)	<p><i>"Mass movement is a term which means the movement of materials on slopes under the influence of gravity without benefit of the contributing force of independent agencies, such as flowing water or wind. It includes movements ranging from free rockfalls to slow creep of material on very low gradients."</i> (p. 337).</p> <p>Tradução nossa: Movimento de massa é um termo que significa o movimento de materiais nas vertentes sob a influência da gravidade, sem a contribuição da força de agentes independentes, com a água corrente ou o vento. Inclui movimentos variando de quedas livres de rocha ao rastejo devagar de material em gradientes muito baixos.</p>
HUTCHINSON (1968)	<p><i>"Mass movement comprises all such gravity-induced movements except those in which the material is carried directly by transporting media such as ice, snow, water or air, when the process is termed mass transport. In nature, the two processes merge into each other and in intermediate cases the distinction becomes arbitrary."</i> (p. 688)</p> <p>Tradução nossa: Os movimentos de massa abrangem todos os movimentos induzidos pela gravidade, exceto aqueles nos quais o material é carregado diretamente pelo meio de transporte, como o gelo, neve, água ou ar, quando o processo é denominado transporte de massa. Na natureza, os dois processos se fundem um ao outro e em casos intermediários, a distinção se torna arbitrária.</p>
SELBY (1982)	<p><i>"Mass wasting is the downslope movement of soil or rock material under the influence of gravity without the direct aid of other media such as water, air, or ice. Water and ice, however, are frequently involved in mass wasting by reducing the</i></p>

Referência	Definição
	<p><i>strength of slope materials and by contributing to plastic and fluid behaviour of soils.” (p. 117).</i></p> <p>Tradução nossa: Movimento de massa é o movimento de material de solo e rocha vertente abaixo sob a influência da gravidade, sem o auxílio direto de outros meios, como água, ar ou gelo. Água e gelo, no entanto, estão frequentemente envolvidos nos movimentos de massa reduzindo a resistência dos materiais da vertente e contribuindo ao comportamento plástico e fluido do solo.</p>
COQUE (1984)	<p><i>“Se agrupan bajo el nombre de movimientos en masa todos los procesos de transporte que movilizan, en conjunto, un volumen más o menos grande de materiales. Se desarrollan según modalidades muy variadas, y la terminología utilizada para designarlos carece a menudo de precisión. En función de sus características más destacadas, se reparten en dos grandes familias: la de los deslizamientos y la de las solifluxiones.” (p. 119).</i></p>
HART (1986)	<p><i>“Mass movements are the result of shear stresses on slopes (caused by gravity, the weight of material and soil water) overcoming the inherent resistance of the materials (made up of the cohesive properties of slope particles and their internal friction). Mass movements themselves can be classified in a number of ways. A simple classification is into flows, slides and falls.” (p. 95).</i></p> <p>Tradução nossa: Os movimentos de massa são o resultado da tensão de cisalhamento nas vertentes (causada pela gravidade, o peso do material e o conteúdo de água no solo) superando a resistência inerente dos materiais (feita pelas propriedades coesivas das partículas e seu atrito interno). Os movimentos de massa em si podem ser classificados de várias maneiras. Uma classificação simples é em fluxos, escorregamentos e quedas.</p>
BATES & JACKSON (1987)	<p><i>“Mass wasting: A general term for the dislodgment and downslope transport of soil and rock material under the direct application of gravitational body stresses. In contrast to other erosion processes, the debris removed by mass wasting is not carried within, on, or under another medium. The mass properties of the material being transported depend on the interaction of the soil and rock particles and on the moisture content. Mass wasting includes slow displacements, such as creep and solifluction, and rapid movements such as rockfalls, rockslides, and debris flows.” (p. 405).</i></p> <p>Tradução nossa: Movimento de massa. Um termo geral para o deslocamento e transporte vertente abaixo de solo e material rochoso sobre a aplicação direta de tensões gravitacionais. Em contraste com outros processos erosivos, os detritos removidos pelos processos de movimento de massa não carreados dentro de, sobre ou por outros meios. As propriedades do material sendo transportado dependem da interação das partículas de solo e rocha e do conteúdo de umidade. Movimentos de massa incluem deslocamentos vagarosos, como rastejo e solifluxão, e movimentos rápidos, como quedas de rocha, escorregamentos de material rochoso e corridas de detrito. Cf. erosão de massa. Sin. Movimento de massa.</p>
AUGUSTO FILHO (1995)	<p><i>“Os processos de transporte de matéria sólida da dinâmica superficial do nosso planeta podem ser subdivididos em movimentos gravitacionais de massa, definidos como todos aqueles que são induzidos pela aceleração gravitacional, e em movimentos de transporte de massa, onde o material movimentado é transportado por um meio qualquer, como água, gelo ou ar.” (p. 80).</i></p>

Referência	Definição
CROZIER (2004a)	<p>“Mass movement involves the outward or downward movement of a mass of slope forming material, under the influence of gravity. Although water and ice may influence this process, these substances do not act as primary transportational agents.” (p. 605).</p> <p>Tradução nossa: Os movimentos de massa envolvem o processo para fora e para baixo de material formador da vertente, sob a influência da gravidade. Ainda que a água e o gelo possam influenciar esse processo, essas substâncias não agem como agentes de transporte principais.</p>
ELORZA (2008)	<p>“Los movimientos de masa [...] son procesos en los que se movilizan materiales por la acción de la gravedad y pueden ser peligroso o incluso desastrosos cuando afectan a la vida y propiedades del hombre. [...] Por otra parte, el término genérico para designar a los movimientos en masa, que a la postre constituye el título de las clasificaciones, es diferente, tal como indica Crozier (1986): <i>slope failure</i> (Ward, 1945), <i>mass wasting</i> (Yatsu, 1966), <i>mass movement</i> (Hutchinson, 1968), <i>landslides</i> (Varnes, 1958) y <i>slope movement</i> (Varnes, 1978).” (p. 231/233).</p>
IBGE (2009)	<p>“Movimentos de massa ou gravitacionais compreendem a remoção e o transporte, vertente abaixo, das formações superficiais e do material rochoso sob influência da gravidade. O deslizamento e o fluxo desses materiais devem-se à posição instável na vertente e às forças gravitacionais, mas o movimento de massa é intensificado pela ação da água. Também são considerados movimentos de massa o rastejamento lento de solo e fragmentos rochosos, assim como os movimentos rápidos de grandes deslizamentos sobre longas distâncias.” (p. 111).</p>
TOMINAGA (2015a)	<p>“Movimento de massa é o movimento do solo, rocha e/ou vegetação ao longo da vertente sob a ação direta da gravidade. A contribuição de outro meio, como a água ou gelo se dá pela redução da resistência dos materiais da vertente e/ou pela indução do comportamento plástico e fluido dos solos.” (p. 27).</p>

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

Existe uma sobreposição na literatura entre os termos “movimento de massa” e “deslizamento”, no caso da literatura em português, e os equivalentes “*mass movement*”, “*mass wasting*”, “*landslides*”, “*slope failure*” e “*slope movement*”, na literatura em inglês (ELORZA, 2008). Tal sobreposição está relacionada a estes termos apresentarem uma definição genérica, que abarca diferentes tipos de processos geomorfológicos, com causas, mecanismos, taxas e consequências distintas.

Em relação a “*mass movement*” e “*mass wasting*” cabe uma ressalva particular, já que os termos podem aparecer juntos e por vezes como sinônimos, ou em algumas referências um dos termos ser preterido em relação ao outro, adotando uma única definição, como nos casos de Kusky (2005) e Licker (2003), por exemplo, que apresentam apenas a definição de “*mass wasting*”. De qualquer forma, na maior parte da literatura consultada, esses dois termos são definidos como processos distintos. O primeiro se refere ao movimento do material em si, envolvendo o processo de destacamento deste em relação à sua posição inicial, uma vez atingido um limiar. Já o segundo processo refere-se ao transporte do conjunto de materiais deslocado.

Apesar de todos os autores concordarem que o termo engloba o grupo de processos cuja origem é a força exercida pela gravidade, independente da presença da água, existe uma certa discordância em relação a quais tipos de movimentos de massa são envolvidos pelo termo, em particular quanto ao rastejo e a subsidência. Alguns autores como Hutchinson (1968), Guidicini e Nieble (1984), Kusky (2005) consideram todos esses processos em conjunto. Já Augusto Filho (1995) e Fernandes e Amaral (2000) diferenciam os processos de subsidência e colapso dos demais, destacando a importância do transporte de materiais e menos do papel exercido pela gravidade. Essa é a compreensão que mais se aproxima daquela adotada nessa pesquisa.

De todos os modos, existem diversas convergências entre os autores, no que tange: (i) ao papel predominante da gravidade como agente físico na deflagração do movimento; e (ii) quanto às seguintes tipologias abarcadas pelo conjunto de processos dos movimentos de massa: escorregamentos, quedas, tombamentos, corridas de massa e rastejo. Adicionalmente, em função da bibliografia, os processos de subsidência podem ser incorporados (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; AUGUSTO FILHO, 1995; FERNANDES; AMARAL, 2000; VEYRET, 2012).

As definições de Selby (1982), Hart (1986), Augusto Filho (1995) e Tominaga (2015a) são aquelas que mais se aproximam da compreensão do conceito nessa pesquisa e foram utilizadas como base para sua redação, apresentada abaixo. Apesar de não elencadas acima por não apresentarem propriamente uma definição ao termo, foram também utilizadas as seguintes referências para definição do termo: Cooke e Doornkamp (1990), Cruden e Varnes (1996), Fernandes e Amaral (2000), Bierman e Montgomery (2014) e Hungr et al. (2014).

DEFINIÇÃO RECOMENDADA DO CONCEITO

Os movimentos de massa consistem no processo físico de movimentação de um conjunto de material, seja ele de solo, rocha, rocha alterada ou material inconsolidado, por ação da força da gravidade. Essa movimentação é resultado do balanço entre duas forças atuantes nos sistemas de vertente: a resistência dos materiais e a tensão de cisalhamento, cujo desequilíbrio em favor do segundo acarreta a mobilização e deslocamento do conjunto.

Diferentes fatores podem potencializar essa movimentação, em relação à sua magnitude (potencial de dano) e frequência (ocorrência no tempo), porém a movimentação é decorrência direta da atuação da gravidade. Nesse sentido, esse processo físico pode ser designado, também, como movimento gravitacional de massa.

A água é frequentemente um agente indireto na ocorrência desse processo, já que a tensão de cisalhamento é função do conteúdo de água presente no perfil do solo, em conjunto com a força desempenhada pela gravidade e o peso dos materiais. O aumento do conteúdo de água, em decorrência da elevação do nível d'água ou da pressão exercida pela água intersticial, promove a redução da resistência dos materiais ao cisalhamento. Outros fatores favorecem, também, a redução da resistência, tais como: mudanças nas características físico-químicas dos materiais, como a redução da coesão e do atrito interno do material; e o

aumento no número de descontinuidades, como diaclases e fraturas, em função da atuação do intemperismo (SELBY, 1982; HART, 1986; COOKE; DOORNKAMP, 1990).

Diante da importância da ação da água no incremento das tensões e redução da resistência, a precipitação pode ser considerada um dos principais agentes da deflagração dos movimentos de massa, sobretudo no contexto climático no qual se insere o Brasil. As atividades antrópicas podem atuar, também, como agente externo, diminuindo igualmente a resistência dos materiais ou atuando no incremento da tensão de cisalhamento. São também agentes: a ação erosiva da água e do vento, a variação de temperatura, a oscilação do nível d'água, a ação de animais, terremotos e outras vibrações, entre outros (AUGUSTO FILHO, 1995)

Dentre as causas dos movimentos de massa, promovidas pela ação conjunta de tais agentes, destacam-se: (i) a remoção de suporte basal ou lateral da vertente, pela ação fluvial e outros agentes naturais, ou por atividades antrópicas como escavações e cortes; (ii) a perda de material granular pela infiltração, movimentação e saída da água do perfil do solo; (iii) a redução dos parâmetros de resistência pela atuação do intemperismo; (iv) o aumento das tensões e a diminuição da resistência em função do aumento do nível d'água e da coluna d'água em descontinuidades e fraturas; (v) a aplicação de carga e em decorrência do excesso de peso, resultante de atividades antrópicas ou por causas naturais, como o acúmulo de gelo ou material inconsolidado em depósitos de tálus; e (iv) por vibrações naturais ou artificiais, como terremotos, explosões e passagem de veículos pesados (SELBY, 1982; COOKE; DOORNKAMP, 1990; AUGUSTO FILHO, 1995)

Trata-se de um termo amplo, genérico, que abrange um grupo de processos geomorfológicos que integram a dinâmica dos sistemas de vertente. Esses processos geomorfológicos, ou tipos de movimentos de massa, são divididos nas seguintes categorias principais: quedas, tombamentos, escorregamentos e corridas de massa (AUGUSTO FILHO, 1995; CRUDEN; VARNES, 1996; FERNANDES; AMARAL, 2000). Essa classificação, no entanto, pode diferir na literatura de acordo com o autor e a orientação metodológica adotada.

Essa classificação se baseia nos mecanismos atuantes no movimento e no material predominante envolvido, resultando em uma combinação entre os termos, de forma que o tipo de mecanismo e de material são geralmente apresentados em conjunto (p. ex. corrida de detritos). O mecanismo do movimento refere-se, basicamente, à cinemática envolvida no deslocamento do conjunto, ou seja, a forma com a qual o movimento se distribui no conjunto deslocado.

O material condiciona o tipo de movimento na medida da sua resistência às tensões que atuam no conjunto mobilizado (resistência ao cisalhamento). A importância atribuída aos materiais nas classificações de tais processos, demonstra a relevância do estudo destes como um dos tripés da geomorfologia, pois são as suas características e propriedades que permitem compreender a existência de instabilidades na paisagem e que irão colocar em marcha a ocorrência dos processos geomorfológicos (HART, 1986). Por isso, a inserção do tipo de material na terminologia utilizada para descrever o movimento de massa faz-se tão

importante, e é convenção na literatura do campo (CRUDEN; VARNES, 1996; HUNGR et al., 2014).

Dentre as propriedades dos materiais que promovem a resistência ao cisalhamento, destaca-se à coesão entre as partículas. Em materiais coesos, a presença de descontinuidades, como falhas e fraturas, reduz a resistência, já que permitem a infiltração da água e a atuação do intemperismo. A quantidade, disposição e orientação dessas descontinuidades é, também, um fator importante, pois determina a circulação da água. Uma rede de descontinuidades bem desenvolvida permite a circulação da água e a redução da pressão exercida pelo acúmulo desta em um determinado ponto. Em materiais pouco coesos, como as areias, a resistência ao cisalhamento é função do atrito entre as partículas e da força da junção entre elas, resultante de sua angularidade e da densidade da consolidação, fatores que controlam o ângulo de resistência ao cisalhamento (COOKE; DOORNKAMP, 1990).

A presença de falhas, fraturas e bandamentos no material rochoso e de descontinuidades no solo constitui, portanto, importante fator condicionante dos movimentos de massa. Estas, por sua vez, em termos de sua geometria e quantidade, são condicionadas pelas características litológicas. Elas permitem a atuação do intemperismo e a circulação da água, condicionam a distribuição das poro-pressões na vertente, influenciando diretamente na sua estabilidade, e criam descontinuidades hidráulicas. A compreensão das características e disposição de tais descontinuidades podem auxiliar na compreensão do tipo de movimento de massa e na prevenção de sua ocorrência, evitando áreas com tais características e orientando a intervenção antrópica em tais locais (FERNANDES; AMARAL, 2000).

Adicionalmente alguns materiais podem sofrer uma redução na resistência ao cisalhamento em determinadas condições, como diante da presença de água no perfil de solo. Alguns minerais de argila, por exemplo, quando molhados, podem ter sua resistência muito reduzida, como é o caso da montmorillonita. As atividades de cortes e escavações nas vertentes podem contribuir ainda mais, nesses casos, permitindo a entrada de água, o aumento da pressão intersticial e a conseqüente redução da resistência (COOKE; DOORNKAMP, 1990).

A morfologia (forma) do movimento de massa pode ser bom guia na compreensão de suas causas e mecanismos, fornecendo indícios e atuando como uma ferramenta chave no diagnóstico dos movimentos de massa. A forma das vertentes e suas características morfométricas também são fundamentais para identificar os fatores de propensão à sua instabilidade, tais como: (i) a declividade acentuada, que apresenta relação direta com a redução da declividade; (ii) a altitude e amplitude das vertentes; e (iii) sua forma, favorecendo a concentração ou dispersão dos fluxos (COOKE; DOORNKAMP, 1990; FERNANDES; AMARAL, 2000).

A presença de vegetação e os usos da terra são, também, fatores condicionantes, já que influenciam nas taxas de infiltração ou concentração dos fluxos, e incrementando a resistência à tensão de cisalhamento (FERNANDES; AMARAL, 2000).

Cabe destacar, ainda, o papel da precipitação na deflagração dos movimentos de massa. A atuação desse agente é particularmente importante no contexto morfoclimático no qual se insere o Brasil. A precipitação contribui ao aumento do nível d'água e ao preenchimento de fraturas e descontinuidades nas rochas e no solo, aumentando a poropressão e reduzindo a coesão e o atrito entre as partículas, características importantes da resistência dos materiais ao cisalhamento. Ela pode atuar como fator preparatório ou imediato na ocorrência do movimento de massa, dependendo de sua quantidade, intensidade e distribuição no tempo. Esses fatores irão influenciar, também, na tipologia do movimento de massa, como no caso das corridas de massa, que ocorrem apenas após precipitação muito abundante (AUGUSTO FILHO, 1995).

A classificação das diferentes tipologias de movimentos de massa é de grande importância na compreensão das causas desses processos, envolvendo os fatores de predisposição ou condicionantes e os fatores de desencadeamento de tais processos; bem como na análise de risco, permitindo prever sua ocorrência, em termos de sua localização e frequência, e estimar os danos associados à esta.

São fenômenos que podem ser considerados naturais, resultantes da maior força exercida pela gravidade em relação à resistência dos materiais. As atividades antrópicas, entretanto, podem incrementar sua ocorrência e seu potencial de dano, por meio, por exemplo: (i) da remoção da cobertura vegetal e exposição do solo, reduzindo a resistência ao cisalhamento exercida pelas raízes e a remoção da água do perfil do solo pela evapotranspiração; (ii) da realização de cortes e escavações nas vertentes, promovendo a perda de suporte basal; (iii) da implantação de dispositivos de drenagem mal direcionados e dimensionados, promovendo a concentração dos fluxos nas vertentes; (iv) aplicação de carga excessiva ou produção de vibrações temporárias, como explosões e tráfego de veículos pesados; e (v) ocupação de áreas suscetíveis, como vertentes potencialmente instáveis e margens de cursos d'água (HART, 1986; COOKE; DOORNKAMP, 1990; FERNANDES; AMARAL, 2000).

A escala temporal é particularmente importante na compreensão das causas desses processos geomorfológicos, sobretudo quando envolvendo a contribuição das atividades antrópicas. A deflagração do movimento de massa pode se dar anos após a realização de uma escavação ou corte na vertente, resultante da redução paulatina da resistência ao cisalhamento, até o momento do colapso.

A escala temporal é importante, também, em relação ao estado de atividade do movimento de massa, já que eles podem encontrar-se em condições de inatividade apenas quando observados sob uma perspectiva temporal mais reduzida, podendo reativar-se no futuro próximo. Nesses casos, as variáveis morfológicas e morfométricas (relativas à forma) são particularmente importantes, pois permitem distinguir locais objeto de movimentos passados já estabilizados e locais potencialmente instáveis. Também a vegetação e a rede de drenagem podem ser importantes indicadores (COOKE; DOORNKAMP, 1990).

Os movimentos de massa são agentes importantes no processo de denudação e evolução do relevo, ou seja, na esculturação da paisagem (HUTCHINSON, 1968; SELBY, 1982;

CRUDEN; VARNES, 1996). Assim, apesar de serem frequentemente abordados como um campo próprio da geomorfologia, os movimentos de massa também integram o conjunto da erosão, cujos processos são responsáveis pela esculturação do relevo, ainda que, nesse caso, o agente principal seja a força da gravidade, em contraposição com os processos erosivos pluviais.

Sua compreensão enquanto campo independente da geomorfologia, ou como parte integrante do conjunto dos processos erosivos, depende do nível de abrangência adotado, se concebido do ponto de vista de toda a geomorfologia, do conjunto de processos que integram o sistema de vertente ou do ponto de vista dos processos geomorfológicos sob influência direta da gravidade. Este último costuma ser adotado com fins práticos, no âmbito da aplicação.

COMO O CONCEITO É APROPRIADO NOS PROCESSOS JUDICIAIS

Nas ações judiciais analisadas, o termo “movimento de massa” foi pouco empregado, em apenas 8 trechos, 7 dos quais em documentos técnicos, entre pareceres (5 trechos) e laudos periciais (2 trechos). Por fim, foi selecionado 1 trecho a partir dos quesitos.

A incipiente utilização desse termo contrasta com a recorrência de outros conceitos, como deslizamentos e escorregamentos, subtipos do conceito mais abrangente de movimentos de massa, segundo as definições da literatura da consultada. É significativo, também, sua utilização restrita aos pareceres técnicos, demonstrando tratar-se de terminologia específica e restrita à literatura e aos especialistas do campo das ciências da terra.

Nos trechos selecionados, verificou-se a utilização do termo enquanto sinônimo de “escorregamento”, como observado abaixo, nos trechos retirados de ação judicial da Comarca de São Paulo e do Guarujá.

*“[...] somada às águas pluviais conduzidas por um sistema de drenagem ineficiente, que não impedia a ocorrência de processos erosivos nas interfaces dos dispositivos hidráulicos, determinou a **formação de escorregamentos** com superfície de ruptura pouco profunda em setores do talude. Após a ocorrência desses **movimentos de massa**, com o relaxamento da tensão natural do solo do maciço da encosta, os problemas construtivos dos dispositivos hidráulicos foram potencializados. [...] As árvores, com suas raízes pivotantes, auxiliavam na estabilidade da encosta, assim como ocorre em setores não atingidos por eventos de **movimento de massas**.”* (Processo Judicial nº 0006455-36.2011.8.26.0053, Comarca de São Paulo, 3ª Vara da Fazenda Pública, Parecer técnico, f. 742, grifo nosso).

*“Há risco geológico-geotécnico alto nesta área de empréstimo devido a presença de **indícios de movimentação do terreno, tais como as três cicatrizes de escorregamentos** observadas durante a vistoria.”* (Processo Judicial nº 0005044-16.2000.8.26.0223, Comarca de Guarujá, 2ª Vara Cível, Parecer técnico, f. 323, grifo nosso).

Já no caso do termo “deslocamento de terra” a expressão é empregada como termo genérico, sem especificação do tipo de processo, ou seja, da gênese e dos mecanismos associados a ele, ressaltando apenas as consequências associadas à sua ocorrência, no caso o surgimento de rachaduras nas edificações.

4.2.2.2. PRINCIPAIS TIPOS DE MOVIMENTOS DE MASSA

A. ESCORREGAMENTOS

CONCEITO SOB A VISÃO DA GEOMORFOLOGIA

O termo escorregamento apresenta vasta bibliografia dedicada à sua definição, classificação e análise dos mecanismos atuantes. Na literatura em inglês seu equivalente é o termo “*slide*”, já que o termo “*landslide*” apresenta definição mais genérica, equivalente aos termos “movimento de massa” ou “deslizamentos”, de acordo com diferentes autores (GOUDIE, 2014; HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008; TOMINAGA, 2009). Os equivalentes em francês, alemão, italiano e espanhol são apresentados na Tabela 24, abaixo.

Tabela 24 - Termo "escorregamento" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

Inglês	<i>Slide</i>
Francês	<i>Glissement</i>
Espanhol	<i>Deslizamiento</i>
Italiano	<i>Scivolamento di terreno</i>
Alemão	<i>Rutschen; Gleiten</i>

Fonte: Panizza (2005); Cruden (1993)

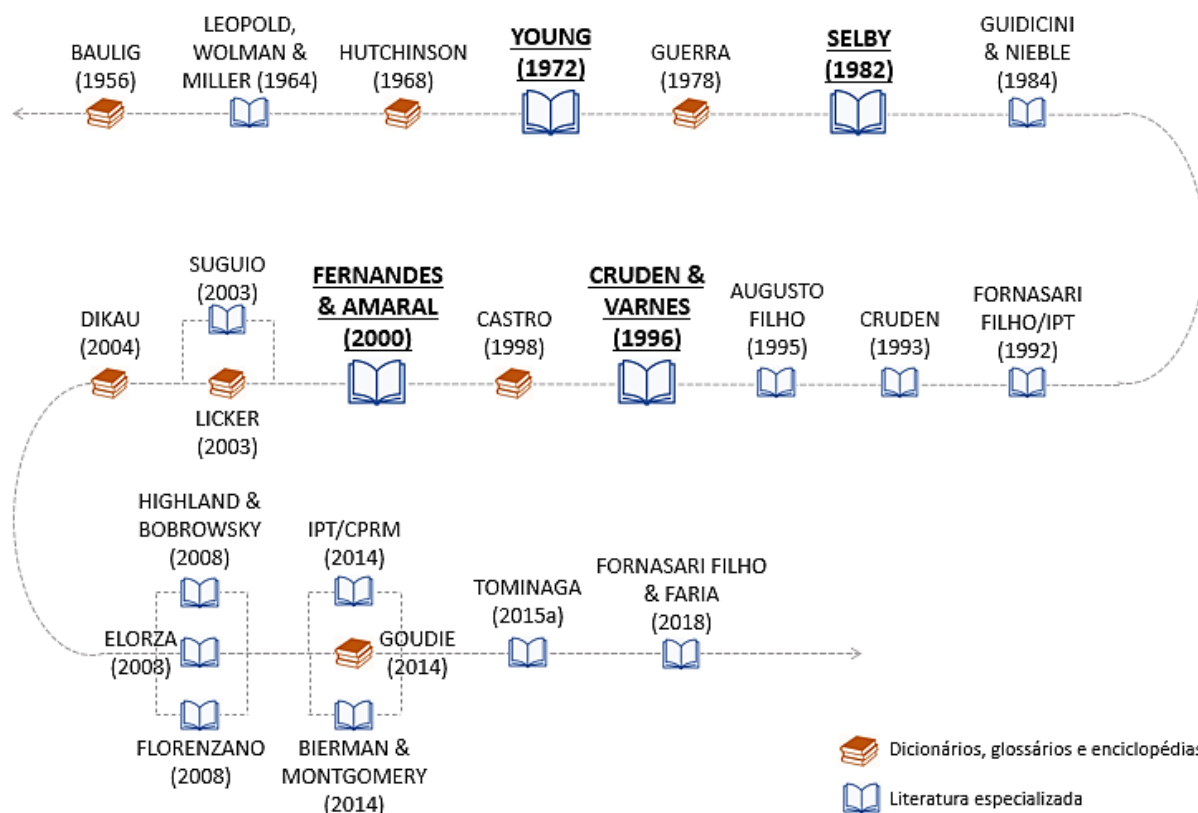
Na literatura, o termo é definido pela maioria dos autores como o deslocamento de uma massa de material, seja ele rochoso, de solo ou material inconsolidado, em direção para baixo e para fora da vertente ao longo de planos de ruptura bem definidos (HUNGR ET AL., 2013; TOMINAGA ET AL., 2009; HIGHLAND E BOBROWSKY, 2008, CROZIER, 2004).

É um dos termos que apresenta na literatura maior conjunto de subtipos, associados ao mecanismo atuante e as características de deslocamento do material, assim como ao tipo de material envolvido. Alguns autores incluem nessa categoria outros termos que não apresentam o sufixo “-*slide*”, como o termo “*slump*”, que se apresenta como terminologia alternativa ao “escorregamento rotacional” (“*rotational slide*”).

Alguns autores apontam para a abrangência do termo, sobretudo na nomenclatura popular, que emprega os termos deslizamento, queda de barreiras e desmoronamento como sinônimos (TOMINAGA ET AL., 2009; CASTRO, 1998). Guidicini e Nieble (1983), por exemplo, destacam que o termo comumente abrange todo e qualquer movimento coletivo de massa, independentemente de suas causas, mecanismos, morfologias associadas e velocidades.

A bibliografia consultada para levantamento e sistematização das definições do termo “escorregamentos” é retratada na Figura 33. As referências selecionadas, diante de sua aderência ao entendimento do termo nessa pesquisa, encontram-se listadas na Tabela 25.

Figura 33 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "escorregamento"



Fonte: Elaborado pela autora
Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 25 - Definição do termo "escorregamento" de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
LEOPOLD, WOLMAN & MILLER (1964)	<p><i>"Simply stated, however, a slide is a shear failure which will be set in motion when the stress along the potential surface of rupture exceeds the resistance to shear along the surface."</i> (p. 340).</p> <p>Tradução nossa: Numa afirmação simples, no entanto, um escorregamento é um colapso posto em movimento quando a tensão ao longo de uma superfície de ruptura potencial excede a resistência ao cisalhamento ao longo da superfície.</p>
HUTCHINSON (1968)	<p><i>"Landslides are relatively rapid movements involving failure. In further contrast to mantle and mass creep movements, here there is generally a continuous gradation between the stationary and the moving material, the movement in landslides takes place characteristically on one or more discrete surfaces which define sharply the moving mass."</i> (p. 690).</p> <p>Tradução nossa: Escorregamentos são movimentos relativamente rápidos envolvendo colapsos. Em contraste aos movimentos de rastejo do manto ou de massa, aqui há geralmente uma gradação contínua entre o material estacionário e o material em movimento, o movimento nos escorregamentos ocorre caracteristicamente em uma ou mais superfícies discretas, que definem nitidamente a massa em movimento.</p>

Referência	Definição
YOUNG (1972)	<p data-bbox="451 271 1449 461"><i>“The feature distinguishing landslides from other mass movements is that movement occurs mainly along a discrete failure surface. Initial movement is by slip, the material above the plane being internally undeformed. The slipped mass partially disintegrates, and subsequent movement may include an element of flow.” (p. 78).</i></p> <p data-bbox="451 479 1449 651">Tradução nossa: A característica que distingue os escorregamentos de outros movimentos de massa é que o movimento ocorre principalmente ao longo de superfícies de colapso discretas. O movimento inicial é pelo escorregamento, o material acima do plano estando internamente não deformado. A massa escorregada se desintegra parcialmente, e o movimento subsequente pode incluir um elemento de fluxo.</p>
AUGUSTO FILHO (1995)	<p data-bbox="451 674 1449 864">“Escorregamentos (slides): poucos planos de deslocamento (externos); velocidades médias (m/h) a altas (m/s); pequenos a grandes volumes de material; geometria e materiais variáveis: planares => solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza; circulares => solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas; em cunha = solos e rochas com dois planos de fraqueza.” (p. 82).</p>
CRUDEN & VARNES (1996)	<p data-bbox="451 887 1449 1077"><i>“A slide is a downslope movement of a soil or rock mass occurring dominantly on surfaces of rupture or on relatively thin zones of intense shear strain. Movement does not initially occur simultaneously over the whole of what eventually becomes the surface of rupture; the volume of displacing material enlarges from an area of local failure.” (p. 56)</i></p> <p data-bbox="451 1104 1449 1312">Tradução nossa: Um escorregamento é o movimento vertente abaixo de massa de solo ou rocha ocorrendo predominantemente em superfícies de ruptura ou em zonas relativamente finas de intensa tensão de cisalhamento. O movimento não ocorre, inicialmente, de maneira simultânea, por toda área do que eventualmente vem a se tornar a superfície da ruptura; o volume de material deslocado aumenta a partir de uma área de ruptura local.</p>
FERNANDES & AMARAL (2000)	<p data-bbox="451 1335 1449 1480">“Estes se caracterizam 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 geralmente longas, podendo apresentar uma relação comprimento-largura de cerca de 10:1.” (p. 136).</p>
IPT/CPRM (2014)	<p data-bbox="451 1503 1449 1816">“Deslizamento (landslide): movimento caracterizado por velocidade alta, que se desenvolve comumente em encostas com declividade e amplitude média a alta e segundo superfície de ruptura planar (translacional), circular (rotacional) ou em cunha (acompanhando planos de fragilidade estrutural dos maciços terrosos ou rochosos). É geralmente deflagrado por eventos de chuvas de alta intensidade ou com elevados índices pluviométricos acumulados, condicionados por fatores predisponentes intrínsecos aos terrenos. O processo é também denominado escorregamento”. (p. 5).</p>
BIERMAN & MONTGOMERY (2014)	<p data-bbox="451 1839 1449 2029"><i>“Slides involve downslope movement of cohesive blocks of soil or rock along a relatively thin and well-defined shear plane, a zone of intense shear strain (deformation). There is little internal shearing within the sliding block or within discrete blocks that move together in the slide. Resistance to movement drops after initial failure, as material weakens the detached slide block.” (p. 154).</i></p>

Referência	Definição
	Tradução nossa: Escorregamentos envolvem o movimento encosta abaixo de blocos coesos de solo ou rocha ao longo de plano de cisalhamento bem definido e relativamente fino, uma zona de intensa tensão de cisalhamento (deformação). Há pouco cisalhamento interno no interior do bloco em movimento ou entre blocos discretos que se movem juntos no escorregamento. A resistência ao movimento cai após a ruptura inicial, conforme o material enfraquece o bloco de escorregamento deslocado.

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

Dentre as definições apresentadas acima, a maioria destaca a movimentação da massa ao longo de superfícies de ruptura bem definidas, cujas características de forma definem os diferentes subtipos de escorregamento (YOUNG, 1972; CRUDEN; VARNES, 1996; FERNANDES; AMARAL, 2000; DIKAU, 2004; BIERMAN; MONTGOMERY, 2014; IPT; CPRM, 2014). Alguns autores destacam, ainda, a pouca deformação interna sofrida pelo material da massa deslizada, em contraposição a outros movimentos de massa, como as corridas (YOUNG, 1972; BIERMAN; MONTGOMERY, 2014).

Algumas características dos escorregamentos são destacadas pelos autores, como a velocidade do movimento, descrita como rápida a média (HUTCHINSON, 1968; AUGUSTO FILHO, 1995; IPT; CPRM, 2014); e a sua cinemática, caracterizada como um movimento para baixo e para fora da vertente (CRUDEN; VARNES, 1996; TOMINAGA, 2015a; FORNASARI FILHO; FARIA, 2018). A definição de IPT/CPRM (2014) apresenta, ainda, os principais agentes e fatores que contribuem à sua ocorrência, com destaque à elevada precipitação.

Castro (1998) e IPT/CPRM (2014) apresentam o termo “escorregamento” como sinônimo de “deslizamento”, ainda que compreendam o termo de modo distinto. Castro (1998) defende se tratar de termo genérico, abarcando todos os movimentos de massa, e não processo específico dentro desse conjunto. Já a definição de IPT/CPRM (2014) descreve as características dos escorregamentos em sintonia com os demais autores, ainda que sob a denominação de deslizamentos.

A problemática na nomenclatura e, em especial, na distinção entre esses termos, é destacada na definição de Fernandes e Amaral (2000), que ressaltam a importância de evitar a utilização de termos genéricos em contextos acadêmicos e técnicos, já que esses abarcam movimentos com diferentes mecanismos e características.

Dentre as definições apresentadas, aquela adotada nessa tese se baseia principalmente nas propostas de Young (1972), Cruden e Varnes (1996) e Fernandes e Amaral (2000). São incorporadas, ainda, outras referências, como Selby (1982) e Cooke e Doornkamp (1990), não elencadas no quadro anterior por não apresentarem propriamente uma definição ao termo, mas que representam importantes contribuições ao estudo desse processo geomorfológico.

DEFINIÇÃO RECOMENDADA DO CONCEITO

Os escorregamentos consistem na movimentação de material, seja ele rocha, rocha alterada ou solo, em direção à base e para fora da vertente, como resultado da atuação da gravidade. Possuem, em geral, superfícies de ruptura bem definidas e visíveis, que podem apresentar-se em diferentes números, tipos e morfologias, dando origem a classificações distintas de tipologias de escorregamento. É um movimento de massa geralmente rápido, ainda que sua velocidade irá variar com as características morfológicas e morfométricas da vertente, como a declividade, altura e forma, assim como as características do material envolvido.

Apesar da gravidade ser o principal agente, a água desempenha um papel fundamental em sua deflagração, pois atua na diminuição da resistência ao cisalhamento pelos materiais, ao reduzir sua coesão e seu atrito interno em situações de saturação, mas também exercendo pressões hidrostáticas e hidrodinâmicas em descontinuidades geológicas existentes nos materiais, como falhas e fraturas. A água contribui, também, ao incremento do peso específico dos materiais, resultando em sobrecarga no setor com instabilidade (YOUNG, 1972; SELBY, 1982).

Nesse sentido, a precipitação desempenha um papel importante na deflagração desses processos, por meio da infiltração da água da chuva no perfil do solo e da altura do nível freático, mas também proveniente de vazamentos de tubulações e problemas em dispositivos de drenagem, que podem desempenhar importante papel (YOUNG, 1972; SELBY, 1982; FORNASARI FILHO/IPT, 1992; HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008).

Além da ação da água, outros fatores são, também, importantes no desencadeamento desse processo: a perda de sustentação da base da vertente, como resultado da erosão ou por ações antrópicas, como cortes e escavações; e a ocorrência de vibrações, por explosões ou abalos sísmicos (SELBY, 1982; CROZIER, 2004b; ELORZA, 2008).

A principal classificação existente na literatura distingue entre os escorregamentos rotacionais e os translacionais (SELBY, 1982; CRUDEN; VARNES, 1996). Os primeiros se caracterizam pela movimentação do material por superfícies de ruptura bem definidas em formato côncavo para cima, semelhante ao formato de uma colher. Durante o movimento, o material rotaciona e pode se fragmentar em blocos, de forma que os topos destes ficam inclinados para trás em direção de montante, formando patamares ou até mesmo superfícies com a declividade no sentido contrário (Figura 34). Nesses locais, pode ocorrer o acúmulo de água, que pode promover a continuidade do movimento. Apesar dessa fragmentação do material, ocorre pouca deformação interna. No cume, próximo à escarpa principal, o movimento é quase vertical, cedendo em direção à base (YOUNG, 1972; SELBY, 1982; DIKAU, 2004; ELORZA, 2008).

Figura 34 – Bloco diagrama de escorregamento rotacional e translacional



Fonte: Retirado e adaptado de Bierman & Montgomery (2014)

Os escorregamentos rotacionais ocorrem preferencialmente em materiais homogêneos e solos espessos, contendo grande quantidade de falhas, fraturas e outras descontinuidades. Sua ocorrência é favorecida, também, em aterros antropogênicos (CRUDEN; VARNES, 1996; HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008; TOMINAGA, 2015a). Os escorregamentos rotacionais podem, ainda, evoluir regressiva e lateralmente, e de forma contínua, caso ocorra a presença de água no perfil do solo e conforme as características dos materiais, até que a vertente adquira menor declividade e a estabilidade seja restaurada (SELBY, 1982; CRUDEN; VARNES, 1996).

Sua velocidade pode variar de rápida a muito devagar, ao longo de dias, e podem ocorrer individualmente ou em conjunto, sobretudo quando articulados e promovendo a desestabilização da vertente em cadeia, podendo coalescer e formar um único complexo. Podem, ainda, ser frequentemente reativados, principalmente em função da perda de suporte basal pela erosão fluvial (SELBY, 1982; BIERMAN; MONTGOMERY, 2014).

Os escorregamentos translacionais, por sua vez, se caracterizam pelo deslocamento do material sobre um plano, ou seja, com superfície de ruptura não circular e praticamente sem rotação do material, seguindo preferencialmente fraturas e descontinuidades pré-existentes. Ocorrem normalmente na camada mais superficial, de 0,5 a 5,0 metros de profundidade, com pouca inclinação para trás, mas podem atingir maiores extensões caso a declividade da vertente seja mais acentuada (SELBY, 1982; COQUE, 1984; CRUDEN; VARNES, 1996; DIKAU, 2004; TOMINAGA, 2015a).

São os movimentos de massa mais comuns e a probabilidade de sua ocorrência é maior logo após episódios de chuva intensa e com duração suficiente para aumentar rapidamente o nível d'água, preencher fraturas e descontinuidades e resultar no aumento da pressão

hidrostática (SELBY, 1982). Podem ser rápidos ou mais lentos, dependendo das características do material e da umidade presente (BIERMAN; MONTGOMERY, 2014)

Na literatura brasileira há ainda a designação dos escorregamentos em cunha, caracterizados pela existência de dois planos de fraqueza que se interseccionam, resultando no deslocamento do material no formato de um prisma ao longo do eixo de intersecção. Ocorrem em relevos com forte controle estrutural, normalmente em maciços rochosos alterados ou em cortes por estradas (AUGUSTO FILHO, 1992, 1995; TOMINAGA, 2015a).

Os escorregamentos podem evoluir para outros movimentos de massa, como as corridas, diante da quantidade de água presente nos materiais ou de seu aumento ao longo do trajeto, ao percorrer o leito de um canal fluvial, por exemplo (SELBY, 1982; HUNGR; LEROUEIL; PICARELLI, 2014; TOMINAGA, 2015a). A diferenciação entre essas duas tipologias de movimento de massa pode ser realizada com base na quantidade de água envolvida e na deformação interna dos materiais deslocados, já que no caso das corridas o material se comporta como um fluido (SELBY, 1982).

Outro aspecto importante é que o conjunto de materiais deslocado pelos escorregamentos pode represar um curso d'água, dando origem a um novo risco geomorfológico, associado à inundação abrupta à jusante, caso tal barramento natural se rompa. Tal situação é muito destacada na literatura, por ser de comum ocorrência (DIKAU, 2004; HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008; HUNGR; LEROUEIL; PICARELLI, 2014).

COMO O CONCEITO É APROPRIADO NOS PROCESSOS JUDICIAIS

Foram selecionados 27 trechos das ações judiciais analisadas, contendo a utilização do termo escorregamento. Mais da metade desses trechos (59%) foram extraídos de documentos técnicos trazidos aos autos, entre pareceres e laudos, demonstrando o predomínio da utilização desse conceito no vocabulário de especialistas. A outra metade ficou dividida entre sua apropriação em sentenças, decisões e acórdãos (15%), em petições iniciais (15%), em peças recursais, como as Razões de Apelação (7%) e na contestação (4%). Não foram verificadas ocorrências nos despachos saneadores e quesitos.

É significativa a grande ocorrência desses termos nas sentenças, decisões e acórdãos, demonstrando a apropriação desse vocabulário pelos magistrados responsáveis pelo julgamento da ação. Nos quatro trechos selecionados de sentenças e acórdãos, o termo foi utilizado no contexto de retomada da argumentação trazida aos autos por pareceres técnicos, visando embasar a decisão proferida pelo juiz. Apesar de isso ser esperado, em alguns momentos, observou-se que a reprodução quase integral dos argumentos das partes ou de pareceres técnicos pelo juiz, podem levar, como no caso assinalado abaixo, à reprodução e perpetuação de uma compreensão equivocada ou pouco clara de algum conceito ao longo da ação judicial.

O exemplo a seguir apresenta trecho extraído da petição inicial de uma das ações analisadas, cujo autor era o Ministério Público. Na sequência é apresentado trecho extraído

de Acórdão de desembargador, em 2ª instância, na mesma ação judicial, reproduzindo integralmente o trecho existente na petição inicial.

*“O presente procedimento investigatório (PPIC nº 99/00) foi instaurado para apurar as condições de insegurança geológica de diversas áreas de ocupação subnormal existentes no território da Subprefeitura do Butantã, nesta capital, as quais apresentam **risco de escorregamentos em encostas, provocados por deslizamentos do solo ou depósitos artificiais de encosta, ou por rolamento e deslocamento de rochas.**” (Processo Judicial nº 0189436-03.2008.8.26.0000, Comarca de São Paulo, 11ª Vara da Fazenda Pública, Petição Inicial, f. 2, grifo nosso).*

*“Cuida-se de termo de ajustamento de conduta firmado [...] pelo qual o primeiro se comprometeu a apurar as condições de insegurança geológica de diversas áreas de ocupação subnormal existentes, que **apresentam risco de escorregamentos em encostas, provocados por deslizamentos do solo ou depósitos artificiais de encosta.**” (Processo Judicial nº 0189436-03.2008.8.26.0000, Comarca de São Paulo, 11ª Vara da Fazenda Pública, Acórdão de recurso de Apelação, f. 1.268, grifo nosso).*

Ainda assim, foram verificados em alguns casos a compreensão do termo “escorregamento”, “deslizamento” e “desabamento” como sinônimos, como observado no trecho a seguir, retirado de sentença em 1º grau da ação judicial da comarca de Ilhabela.

*“Os relatórios de fls. 43/81, elaborado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas aponta o Morro do Cantagalo como zona de médio e alto grau de **risco de escorregamentos, existindo cicatrizes antigas de desabamento.**” (Processo Judicial nº 0002779-17.2010.8.26.0247, Comarca de Ilhabela, Vara única, Sentença de 1º grau, f. 696, grifo nosso).*

Tal situação é recorrente e alertada na literatura acerca do tema, conforme destacado por Guidicini e Nieble (1984) e Fernandes e Amaral (2000), ainda que o termo desabamento seja mais restritivo em relação à sua compreensão jurídica pela legislação brasileira, que o considera como um tipo penal no Código de Processo Penal (causar desabamento), reduzindo sua ocorrência em documentos de ações judiciais na instância civil. O mesmo pôde ser observado nas Petições Iniciais e Contestações.

Por outro lado, verificou-se a utilização do termo “escorregamento” no contexto de enumeração de diferentes riscos, como um recurso de linguagem para citar os diferentes riscos esperados com a continuidade de uma ação degradadora, indicando a compreensão de tais termos como fenômenos distintos (trecho abaixo).

*“Anote-se que a situação de risco não se compadece de vidas humanas, assim, a primeira alternativa encontrada é: verificado o risco, seja ele derivado de **deslizamentos, desmoronamentos, escorregamentos** ou inundações, a retirada imediata das pessoas sob tal situação.” (Processo Judicial nº 0012872-53.2013.8.26.0176, Comarca de Embu das Artes, 3ª Vara Cível, Petição inicial, f. 7, grifo nosso).*

Os pareceres técnicos, como esperado, utilizaram o termo “escorregamento” discriminando efetivamente essa tipologia de movimento de massa, abordando principalmente suas causas, evidências de sua ocorrência na paisagem ou evidências de instabilidade nas vertentes e taludes que permitissem prever a sua ocorrência. Por outro lado, verificou-se o emprego generalizado apenas do termo “escorregamento”, sem distinção de subtipos, se translacionais ou rotacionais, com raras exceções. Na maioria dos trechos analisados, verificou-se o termo isoladamente ou em conjunto com algum qualificador, como “superficial”, “raso”, “induzido”, “superfície de ruptura pouco profunda”, etc.

Apenas dois trechos, ambos em pareceres técnicos do Instituto Geológico, apresentaram detalhamento maior, com a classificação do escorregamento em “planar raso em talude de corte” e “planar em solo e rocha”, adotando classificação comum na literatura brasileira (AUGUSTO FILHO, 1995; TOMINAGA, 2015a), conforme trecho extraído abaixo.

*“Observou-se também três cicatrizes de **escorregamentos planares em solo e rocha** (Figura 05 e Foto 05) e um ninho de blocos rochosos (Figura 05) situados à montante da moradia nº 556. [...] A cicatriz b.1) indicada na Foto 06 é a de maior extensão longitudinal, tratando-se de um **escorregamento planar em solo e rocha.**” (Processo Judicial nº 0005044-16.2000.8.26.0223, Comarca de Guarujá, 2ª Vara Cível, Parecer Técnico, fs. 3.205/3.206, grifo nosso).*

Apesar da utilização do termo “escorregamento” como conceito genérico para designar diferentes tipos de movimentos de massa, observada principalmente nas petições iniciais, contestações e sentenças, ou seja, documentos redigidos por não especialistas no campo das ciências da terra, recomendamos a utilização do termo “deslizamento” para designar tal conjunto de processos, quando não a própria utilização do termo “movimento de massa”, ainda que esse tenha se mostrado ainda mais restrito ao vocabulário técnico. A literatura nacional do campo tem avançado nessa compreensão, apresentando o termo “deslizamento” com um significado genérico correspondendo ao conceito de “movimento de massa”, ao passo que o termo “escorregamento” tem se mantido restrito ao processo geomorfológico com os mecanismos e características descritas acima.

B. DESLIZAMENTO

CONCEITO SOB A VISÃO DA GEOMORFOLOGIA

O conceito de deslizamento é empregado na literatura brasileira como um termo genérico para designar indiscriminadamente diferentes tipos de movimento de massa. Trata-se, nesse sentido, de um equivalente do conceito de movimento de massa, porém com maior utilização pelo público leigo e pela mídia e destituído das especificações quanto às causas, mecanismos atuantes e características físicas. Seu equivalente em inglês (Tabela 26), seria o termo “*landslide*”, que apresenta definição igualmente genérica.

Tabela 26 - Termo "deslizamento" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

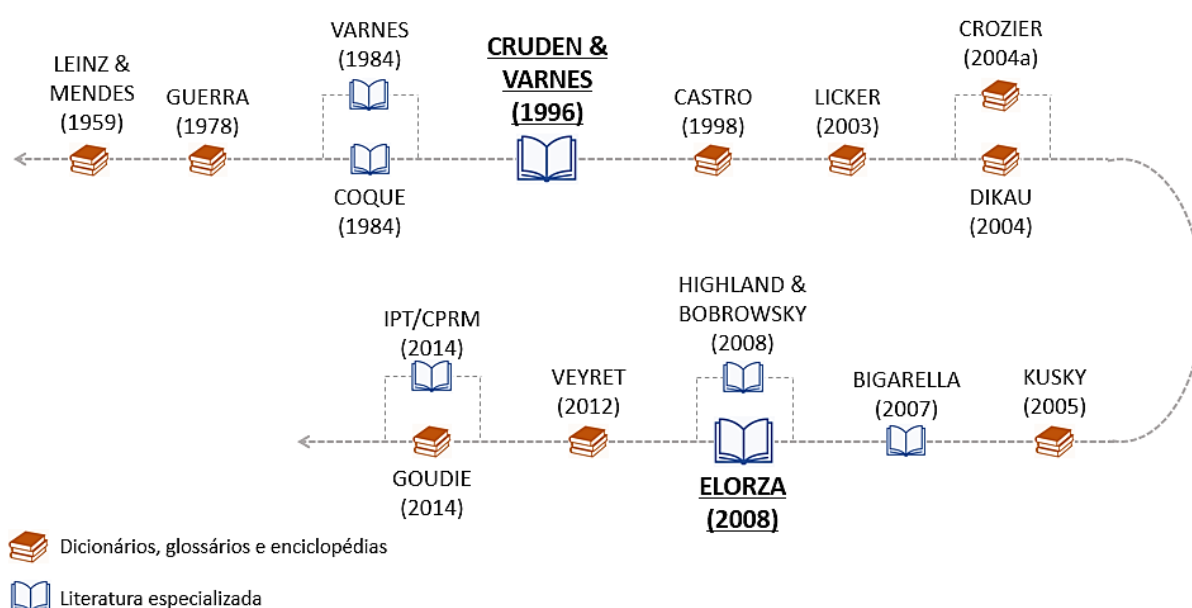
Inglês	<i>Landslide</i>
Francês	<i>Glissement, Glissement de terrain, Glissement de terre</i>

Espanhol	<i>Deslizamiento, deslizamiento de terreno</i>
Italiano	<i>Scivolamento di terreno, Frana</i>
Alemão	<i>Bergstürze, Erdrutsch</i>

Fonte: Rassin et al. (1987), Cruden (1993), Panizza (2005).

Algumas definições da literatura o compreendem, também, como sinônimo de escorregamento. A bibliografia consultada no levantamento e sistematização das definições ao termo “deslizamento” é retratada na Figura 35. As referências selecionadas, diante de sua aderência ao entendimento do termo nessa pesquisa, encontram-se listadas na Tabela 27.

Figura 35 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "deslizamento"



Fonte: Elaborado pela autora

Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 27 - Definição do termo "deslizamento" de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
COQUE (1984)	“Los deslizamientos consisten en un descenso masivo y relativamente rápido de materiales a lo largo de una vertiente. Su velocidad y su amplitud los convierten a menudo en fenómenos espectaculares, a veces catastróficos [...] Como en todos los movimientos en masa, el desplazamiento de materia se efectúa a lo largo de una superficie de deslizamiento que facilita la actuación de la gravedad. [...] Como es lógico, estos amplios deslizamientos de terreno se producen principalmente en las vertientes fuertemente inclinadas de las altas montañas. Al igual que los desprendimientos, resultan activados por la zapa de las arroyadas torrenciales y por los sismos.” (p. 119/120).
VARNES (1984)	“As used here, the term ‘ landslide ’ comprises almost all varieties of mass movements on slopes, including some, such as rock-falls, topples, and debris flows, that involve little or no true sliding.” (p. 10).

Referência	Definição
	<p>Tradução nossa: Como usado aqui, o termo deslizamento abrange quase todas as variedades de movimentos de massa nas vertentes, incluindo alguns como quedas de rocha, tombamentos e corridas de detritos, que envolvem nenhum ou pouco verdadeiro escorregamento.</p>
<p>CRUDEN & VARNES (1996)</p>	<p><i>“The term landslide denotes ‘the movement of a mass of rock, debris or earth down a slope’ (CRUDEN, 1991, p. 27). The phenomena described as landslides are not limited either to the land or to sliding; the word as is now used in North America has much more extensive meaning than its component parts suggest (Cruden, 1991).” (p. 36).</i></p> <p>Tradução nossa: O termo deslizamento denota ‘o movimento de uma massa de rocha, detrito ou terra vertente abaixo’ (CRUDEN, 1991, p. 27). Os fenômenos descritos como deslizamento não são limitados tanto a terra, quanto ao escorregamento; a palavra como é agora usada na América do Norte tem significado muito mais extenso do que suas partes componentes sugerem (Cruden, 1991).</p>
<p>CROZIER (2004a)</p>	<p><i>“Landslides belong to a group of geomorphological processes referred to as mass movement. [...] Landslides are discrete mass movement features and are distinguishable from other forms of mass movement by the presence of distinct boundaries and rates of movement perceptibly higher than any movement experienced on the adjoining slopes. Thus this group of processes includes falls, topples, slides, lateral spreads, flow and complex movements as classified by Cruden and Varnes (1996).” (p. 605).</i></p> <p>Tradução nossa: Os deslizamentos pertencem ao grupo de processos geomorfológicos referidos como movimentos de massa. Os deslizamentos são feições de movimentos de massa discretas e são distinguíveis de outras formas de movimento de massa pela presença de limites distintos e taxas de movimento perceptivelmente mais altas do que qualquer movimento experimentado nas vertentes adjacentes. Assim esse grupo de processos inclui as quedas, tombamentos, escorregamentos, espalhamentos laterais, corridas e outros movimentos complexos conforme classificado por Cruden e Varnes (1996).</p>
<p>DIKAU (2004)</p>	<p><i>“The term landslide often is used as synonymous for mass movement phenomena. However, in a pure sense the term landslide is used as a generic term describing those downward movements of slope-forming material as a result of shear failure occurring along a well-defined shear plane.” (p. 644).</i></p> <p>Tradução nossa: Movimento de massa. Um movimento de massa é o movimento para baixo e para fora de materiais formadores das vertentes sob a influência da gravidade. O processo não requer um meio de transporte, como a água, ar ou gelo. O termo deslizamento é frequentemente usado como sinônimo ao fenômeno dos movimentos de massa. No entanto, no sentido puro, o termo deslizamento é usado como termo genérico descrevendo os movimentos de materiais vertente abaixo como resultado do colapso ocorrendo ao longo de plano de cisalhamento bem definido.</p>
<p>ELORZA (2008)</p>	<p><i>“Como la terminología es variada según distintos autores conviene precisar, en primer lugar, el término deslizamiento que Cruden (1991) define como ‘el movimiento de una masa de rocas, detritos o tierras (earth) hacia debajo de una ladera’. Habitualmente, se usa el término deslizamiento en sentido amplio, para designar casi todas las variedades de movimientos en masa producidos en las laderas, incluyendo algunos procesos como caídas, vuelcos o flujos, en los que no</i></p>

Referência	Definição
	<i>hay deslizamiento o éste es muy pequeño (Varnes, 1984). Generalmente se excluye el creep (Zaruba y Mencl, 1982).” (p. 234).</i>
IPT /CPRM (2014)	“Deslizamento (landslide): movimento caracterizado por velocidade alta, que se desenvolve comumente em encostas com declividade e amplitude média a alta e segundo superfície de ruptura planar (translacional), circular (rotacional) ou em cunha (acompanhando planos de fragilidade estrutural dos maciços terrosos ou rochosos). É geralmente deflagrado por eventos de chuvas de alta intensidade ou com elevados índices pluviométricos acumulados, condicionados por fatores predisponentes intrínsecos aos terrenos. O processo é também denominado escorregamento (Figura 4.1).” (p. 5).

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

A leitura das definições acima, permite observar a existência de duas orientações principais na compreensão do termo “deslizamento”: a primeira enquanto termo genérico, abrangendo as diferentes tipologias de movimentos de massa (VARNES, 1984; CRUDEN; VARNES, 1996; CROZIER, 2004a; ELORZA, 2008) e a segunda com acepção equivalente ao termo escorregamento (DIKAU, 2004; HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008; IPT; CPRM, 2014).

As definições de Elorza (2008) e Cruden e Varnes (1996) são bem ilustrativas dessa primeira concepção, destacando tratar-se de termo genérico, abrangendo todas as tipologias de movimentos de massa, independentemente dos mecanismos envolvidos, características dos materiais e velocidades de deslocamento. Esses autores destacam que apesar do termo em inglês “*landslide*” ser composto pela junção dos termos “terra” (*land*) e “escorregar” ou “deslizar” (*slide*), a utilização atual do termo não se restringe aos movimentos de massa envolvendo os mecanismos de escorregamento ou restritos ao continente, podendo também ocorrer em ambiente subaquático. Essa é a compreensão que mais se aproxima daquela adotada nessa pesquisa, apresentada no subcapítulo seguinte.

A segunda orientação identifica o termo “deslizamento” com uma compreensão semelhante ao termo “escorregamento”, destacando a movimentação da massa em superfícies de ruptura bem definidas, como resultado da atuação da gravidade e com velocidades médias a altas no deslocamento (DIKAU, 2004; HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008; VEYRET, 2012; IPT; CPRM, 2014). Tal compreensão é distinta daquela adotada nessa pesquisa, que recomenda a utilização do termo “escorregamento” para definição de tal fenômeno.

As definições de Elorza (2008) e Cruden e Varnes (1996) foram adotadas como referência e utilizadas na definição recomendada ao termo “deslizamento”, apresentada a seguir.

DEFINIÇÃO RECOMENDADA DO CONCEITO

O termo deslizamento é um termo genérico, que designa a movimentação para baixo e para fora da vertente de um conjunto de materiais, seja ele de solo, rocha, solo e rocha, ou material intemperizado, por ação da gravidade. Outros agentes contribuem, também, à sua

ocorrência, em especial a ação da água, que atua na redução da resistência dos materiais e aumento das tensões responsáveis pela movimentação. Porém, o agente principal é a gravidade.

As características dos materiais conferem maior ou menor predisposição à instabilidade e movimento da vertente, sobretudo o estado de intemperização, a existência e disposição de falhas, fraturas e descontinuidades nas rochas; a coesão, a estrutura e composição mineralógica do solo. Outros fatores de predisposição, nesse caso externos, referem-se às características da cobertura vegetal ou uso da terra e o contexto climático, favorecendo episódios de precipitação mais intensa e de maior duração (SELBY, 1982; AUGUSTO FILHO, 1995; CROZIER, 2004b).

A precipitação integral, também, o conjunto de fatores preparatórios ao movimento, promovendo o intemperismo e a saturação do solo; e o conjunto de fatores de deflagração, quando em intensidade e duração suficientes para elevar o nível d'água e a coluna d'água presente nas fraturas, aumentando as tensões, e por outro lado, reduzindo a resistência dos materiais, em função da ação da água (SELBY, 1982; AUGUSTO FILHO, 1995).

São, também, fatores de deflagração: a perda de sustentação basal da vertente, por erosão fluvial ou marinha; a execução de cortes e escavações mal dimensionados; os efeitos de vibrações, como abalos sísmicos, explosões ou a circulação de veículos pesados (SELBY, 1982; COOKE; DOORNKAMP, 1990; AUGUSTO FILHO, 1995; CROZIER, 2004b).

As atividades antrópicas integram o conjunto de fatores preparatórios e de deflagração, em decorrência da remoção da cobertura vegetal e da realização de atividades que promovam distúrbios nas vertentes, como mudanças em sua morfologia e remoção de material de sua base. As diferentes modalidades de intervenção antrópica são responsáveis, ainda, pela criação de novas morfologias (formas), em geral complexas, onde atuam variáveis naturais e antrópicas simultaneamente.

O caso do escorregamento rotacional ocorrido na Favela Nova República, em outubro de 1989, é ilustrativo dessa situação. O movimento mobilizou, predominantemente, material tecnogênico (incluindo entulho de construção civil e lixo) proveniente de aterro implantado ilegalmente durante cerca de cinco anos no local, resultante da urbanização do entorno. O aterro fora desenvolvido sob anfiteatro de nascentes com concavidade acentuada em planta e em perfil, caracterizando local preferencial de concentração dos fluxos, mas também de contato entre os remanescentes dos pacotes sedimentares do Terciário e o embasamento cristalino (RODRIGUES, 2010b).

Como comprovou-se posteriormente em estudo conduzido pelo IPT, a deflagração do movimento não ocorreu em função de evento de chuva intensa na data ou nos dias que antecederam o ocorrido, como é característico dos escorregamentos rotacionais, mas em função do rompimento de adutora de abastecimento público. Ao movimentar-se pelas descontinuidades de permeabilidade existentes entre os dois materiais (tecnogênicos e originais justapostos) a água reduziu sua coesão interna, detonando o movimento, que resultou no soterramento de habitações existentes na base da vertente. O caso demonstrou a importância das novas morfologias e dos materiais tecnogênicos resultantes de atividades

antrópicas, em especial urbanas, no desencadeamento de movimentos de massa de caráter complexo, envolvendo novos agentes e mecanismos (RODRIGUES, 2010b).

A compreensão das características dos movimentos de massa, em especial, dos materiais envolvidos, dos mecanismos operantes e da velocidade de deslocamento, permite sua classificação em uma das tipologias que integram esse conjunto de processos geomorfológicos. Adicionalmente, a compreensão do modo de deformação do material durante o evento, a geometria do conjunto deslocado e o conteúdo de água, auxiliam a distinguir entre os diferentes tipos (SELBY, 1982).

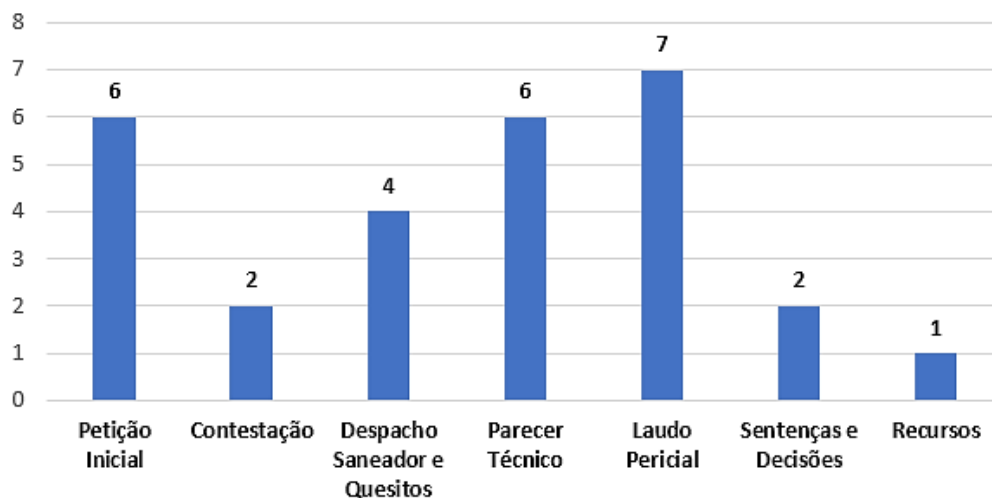
Por ser um termo genérico, a definição de “deslizamento” não se preocupa com a explicação da gênese do movimento, não fazendo distinção sobre o tipo de material envolvido, o mecanismo atuante na movimentação e suas características, bem como, sua velocidade de deslocamento. Recomenda-se, portanto, sua utilização restrita apenas a tais situações, nas quais não se sabe o tipo de material e mecanismos envolvidos, bem como a velocidade de sua ocorrência.

Tal utilização é especialmente importante no contexto das ações judiciais envolvendo o meio físico, já que na maioria das vezes, tais características serão objeto de posterior investigação no laudo pericial e em relatórios técnicos, e possivelmente ficarão restritas a tais documentos. Nesse sentido, recomenda-se a utilização do termo “deslizamento” nas demais peças judiciais, como nas petições iniciais, contestações, memoriais, peças recursais, sentenças e decisões.

COMO O CONCEITO É APROPRIADO NOS PROCESSOS JUDICIAIS

A análise dos processos judiciais demonstrou a utilização do termo “deslizamento” predominantemente em contextos genéricos de movimentos de massa, não especificando as causas, mecanismos e materiais envolvidos. Foram selecionados 28 trechos contendo a utilização do termo, presentes em todas as peças judiciais analisadas (Figura 36).

Figura 36 – Quantidade de trechos contendo o termo “deslizamento” extraídos por peça judicial analisada



Fonte: Elaborado pela autora

Sua utilização em todas as peças, como petições iniciais, contestações e sentenças, contrapõem-se aos termos anteriores e mais precisos, como “movimento de massa”, “escorregamento” e “queda de blocos”, mais citados em pareceres técnicos, no laudo pericial ou em citações desses documentos técnicos em outras peças judiciais. Dessa forma, é possível observar a utilização mais difundida desse termo em documentos de não especialistas.

No âmbito das petições iniciais, contestações, recursos de apelação e sentenças, observou-se a utilização do termo “deslizamento” em dois grandes contextos: o primeiro de enumeração de tipologias de risco geomorfológico, em ações judiciais associadas à questões mais genéricas de áreas de risco, sempre acompanhados de equivalentes como “desmoronamento”, “escorregamento” e “desabamento”; e o segundo, utilizando o termo conforme sua definição, ou seja, como movimento de massa genérico, em casos pontuais nos quais os objetos das ações judiciais eram as causas e responsabilidades pela ocorrência de um deslizamento.

Como já destacado em relação ao termo “escorregamento”, também aqui ocorreram situações de repetição de apropriações confusas ou equivocadas do termo, novamente em função do ritual seguido nas ações judiciais de repetição dos fatos e dos pedidos das ações em todas as peças, desde a petição inicial até a sentença.

Em algumas situações observou-se o emprego do termo seguido de uma qualificação do material, como “deslizamento de terra”. Entretanto, verificou-se que, no contexto dos trechos dos quais foram extraídos, tratava-se de um único termo, compreendido como indissociável e não com o objetivo de designar o material “terra” ou seu possível correspondente “solo”. Em outras palavras, o agente concebia o processo geomorfológico denominado “deslizamento de terra” e não como o processo de deslizamento, de material predominantemente composto por terra.

A utilização no âmbito dos laudos periciais e pareceres técnicos ocorreu em contextos parecidos, ao tratar de modo genérico o movimento de massa ocorrido, sem o objetivo de

identificar sua tipologia, materiais e mecanismos envolvidos. Por um lado, essa utilização genérica pode ser um recurso utilizado por esses profissionais para não qualificar a tipologia de movimento de massa, sem correr o risco de se comprometer em um contexto no qual a definição do tipo não é o objeto principal demandado pelo juiz e pelas partes para solução do caso.

Por outro, as questões avaliadas nos processos judiciais aparentemente não exigem dos especialistas (peritos e assistentes técnicos) o aprofundamento dos estudos técnicos quanto ao tipo de movimento de massa, materiais e mecanismos envolvidos, já que nos despachos saneadores, quesitos e demais peças judiciais, não são solicitadas essas análises e tampouco é debatida essa questão.

Entretanto, os processos judiciais envolvendo a ocorrência de movimentos de massa solicitam, em sua maioria, a explicação das causas, a identificação de responsabilidades e a prevenção de novas ocorrências. Para o alcance desses objetivos faz-se necessária a identificação da tipologia do movimento de massa, perpassando a caracterização dos materiais e mecanismos envolvidos, ainda que complexa. A literatura do campo, nesse sentido, destaca a importância dos esforços de taxonomia dos movimentos de massa com o objetivo de possibilitar a previsão e prevenção de novas ocorrências, permitindo prever a velocidade do processo e a extensão dos danos a partir de sua classificação (SELBY, 1982; CRUDEN; VARNES, 1996; ELORZA, 2008; HUNGR; LEROUEIL; PICARELLI, 2014). Do contrário, corre-se o risco de basear-se em conclusões genéricas.

C. DESMORONAMENTO E DESABAMENTO

Os termos “desmoronamento” e “desabamento” serão analisados em conjunto por apresentarem poucas definições na literatura brasileira, já que não foram encontradas equivalências de tais termos na língua inglesa e tampouco francesa, italiana e espanhola. Cabe a análise em conjunto, também, pelo fato desses dois termos integrarem o conjunto de crimes abrangidos pelo Código Penal (BRASIL, 1940), diferentemente dos demais analisados até o momento.

OS CONCEITOS SOB A VISÃO DA GEOMORFOLOGIA

Na bibliografia consultada, foram encontradas poucas definições para o termo “desmoronamento” e nenhuma para o termo “desabamento”. Foram sistematizadas as definições de Leinz e Mendes (1959), Guerra (1978), Castro (1998) e Veyret (2012).

Estes autores compreendem o termo “desmoronamento” como sinônimo de “deslizamento” ou “escorregamento”, este último em uma concepção genérica, especificando tratar-se de movimento abrupto, com grande velocidade. Apenas a definição de Castro (1998) associa o termo com a movimentação e os danos ocasionados às edificações e outras estruturas antrópicas. Nenhuma das definições, no entanto, aproximou-se da compreensão

adotada nessa pesquisa, de modo que estas não foram utilizadas para definição do termo apresentada a seguir.

DEFINIÇÃO RECOMENDADA DO CONCEITO

Os termos “desmoronamento” e “desabamento” possuem um sentido genérico associado à ocorrência de colapsos em intervenções antrópicas, como edificações, galpões industriais e estruturas lineares, envolvendo, em geral, material antropogênico.

Enquanto definição genérica, a utilização desses termos não envolve o detalhamento dos mecanismos operantes e das características dos materiais envolvidos, dificultando a compreensão de suas causas. Seu caráter generalista permite que tais termos englobem uma série de fenômenos distintos, dificultando a realização de perícias para determinar suas causas, responsabilidades e medidas de prevenção e mitigação dos danos. Não é, portanto, recomendada a utilização dessa terminologia no meio acadêmico e técnico, principalmente no âmbito de perícias ambientais.

A própria ausência desses dois termos na literatura, conforme verificado, está relacionada a sua baixa utilização no âmbito técnico, que prefere o emprego dos termos “deslizamento” e “movimento de massa” em contextos mais gerais, ou o detalhamento de sua tipologia.

Outro fator que motiva a substituição dos termos “desmoronamento” e “desabamento” por termos mais específicos, como “movimento de massa”, refere-se ao enquadramento de ambos como tipos penais no Código Penal (BRASIL, 1941), conforme o Artigo 256 (ato de causar desabamento ou desmoronamento).

Sua inclusão, além de suscitar a responsabilização penal, demonstra que se tratam de ações que afetam o patrimônio e podem resultar na lesão de pessoas, de forma que sua definição está atrelada às consequências direta à sociedade, como o colapso de uma edificação, por problemas em sua estrutura ou em função de uma movimentação de terra mal executada. Nesse sentido, esses termos podem ou não estar relacionados a ocorrência de um movimento de massa, porém designam as consequências deste e não as causas e mecanismos atuantes.

COMO OS CONCEITOS SÃO APROPRIADOS NOS PROCESSOS JUDICIAIS

Foram selecionados 19 trechos contendo o termo “desmoronamento”, 3 dos quais em documentos técnicos (pareceres e laudo pericial) e os demais em peças judiciais não técnicas: na petição inicial (2), na contestação (3), nos quesitos e despacho saneador (9), e em sentenças e decisões (2).

A baixa incidência desse termo em documentos técnicos pode estar relacionada à compreensão do termo como restrito aos danos em edificações e estruturas. Verificou-se, em algumas Petições Iniciais de ações judiciais envolvendo áreas de risco, a utilização do termo

com sua compreensão no Código Penal, destacando as possíveis implicações dos comportamentos omissivos do poder público em coibir e reduzir a ocupação dessas áreas.

Entretanto, na maioria dos trechos selecionados observou-se o uso do termo como sinônimo de “deslizamento”, ou seja, como termo genérico para movimentos de massa, utilizando-o inclusive em conjunto com o termo “deslizamento” ou “escorregamento”, como forma de enumerar diferentes riscos geomorfológicos ou como recurso de escrita para evitar a repetição do termo (exemplo abaixo).

*“As recomendações técnicas foram providenciadas pela requerida, mas aduz serem necessárias a realização de obras de contenção da encosta do morro, sítio do evento, **para que novos deslizamentos de terra não ocorram, indicando outras causas que favorecem o desmoronamento, dentre elas o escoamento de água da central de tratamento**”. (Processo Judicial nº 0003303-95.2011.8.26.0435, Comarca de Pedreira, 1ª Vara Cível, Sentença em 1º grau, f. 577, grifo nosso).*

Por fim, observou-se, também, a utilização do termo “desmoronamento” como sinônimo de “solapamento” de margem de curso d’água, como abordado anteriormente no subcapítulo referente a esse termo (item 4.2.1.3).

O termo desabamento foi selecionado em apenas três trechos nas ações judiciais analisadas, em parecer técnico, em petição inicial e em Sentença. Apenas na sentença verificou-se sua utilização como sinônimo de “deslizamento”, conforme trecho extraído a seguir. Nos outros trechos, o termo apareceu associado à ocorrência de área de risco e as possibilidades de danos às edificações e pessoas que habitam nesses locais.

*“Os relatórios de fls. 43/81, elaborado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas aponta o Morro do Cantagalo como **zona de médio e alto grau de risco de escorregamentos, existindo cicatrizes antigas de desabamento**.” (Processo Judicial nº 0003303-95.2011.8.26.0435, Comarca de São Sebastião, Vara Distrital de Ilhabela, Sentença em 1º grau, f. 696, grifo nosso).*

Nesse sentido, pode-se constatar que a utilização reduzida desses dois termos pode relacionar-se à uma compreensão restrita desses conceitos enquanto domínio do vocabulário referente ao Código de Processo Penal, que compreende a ocorrência de desabamento e desmoronamento como crimes e, portanto, sujeitos à análise judicial na instância penal.

D. QUEDAS DE BLOCOS

CONCEITO SOB A VISÃO DA GEOMORFOLOGIA

As quedas de bloco são expressas na terminologia em inglês pelo termo “fall”. Como ocorre em relação aos demais movimentos de massa, a nomenclatura dos subtipos ou categorias dentro do conjunto das quedas é composta pela caracterização dos materiais, seguida do tipo de movimento, como nos exemplos a seguir: “rockfall”, “debris fall”, etc. Na língua portuguesa, a ordem entre ambos é inversa, de forma que o movimento precede o tipo

de material. No francês o termo utilizado, de acordo com Cruden (1993) é “*éboulement*”, ao passo que Baulig (1956) designa o termo “*chutes de pierres*” (Tabela 28).

Tabela 28 - Termo "queda de blocos" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

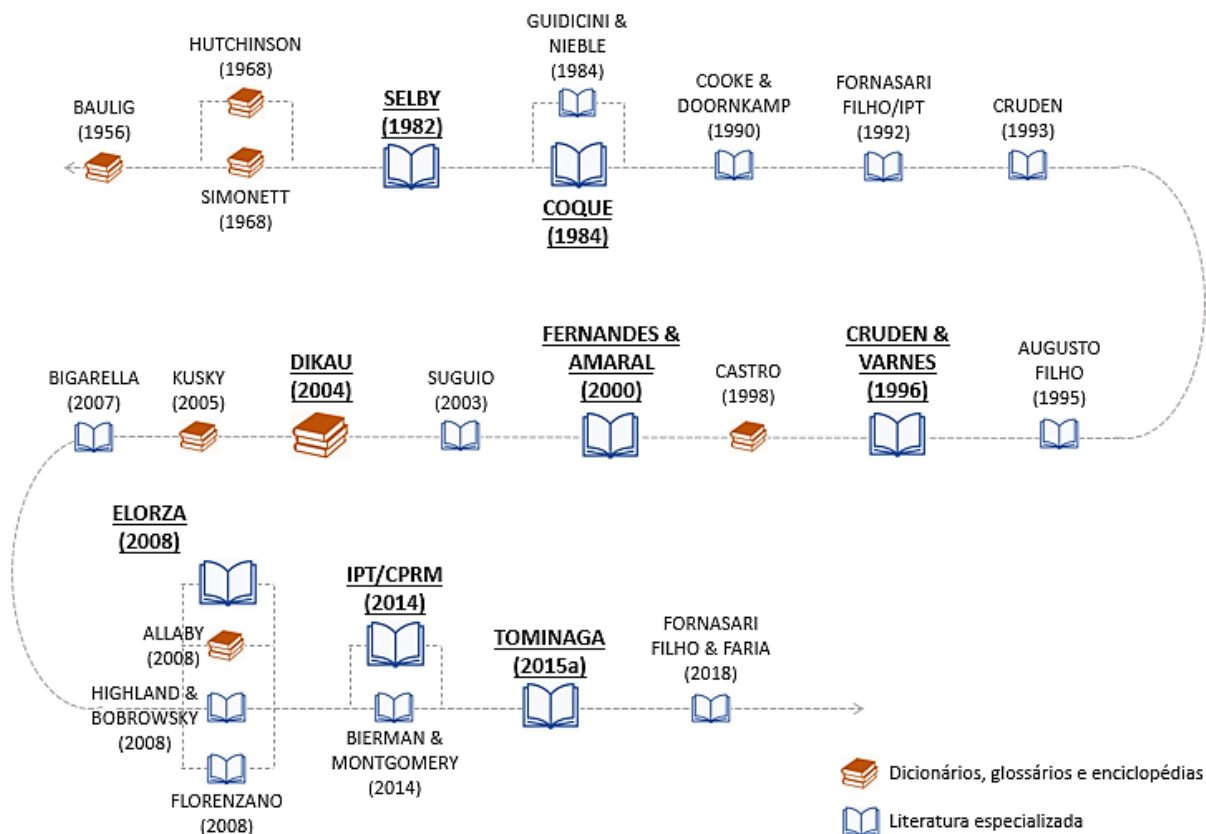
Inglês	<i>Fall</i>
Francês	<i>Éboulement, Chutes de pierres</i>
Espanhol	<i>Desprendimientos, Caídas de rocas</i>
Italiano	<i>Crollo</i>
Alemão	<i>Fallen, Steinschlag</i>

Fonte: Baulig (1956); Cruden (1993); Panizza (2005); Elorza (2008)

Na literatura internacional e brasileira existe uma compreensão comum das características e mecanismos atuantes em relação ao processo de queda de blocos, resultando em definições similares. Algumas apresentam maior detalhamento, distinguindo classes com base nos materiais mobilizados e nas características das discontinuidades estruturais das rochas.

A bibliografia consultada para levantamento e sistematização das definições do termo é retratada na Figura 37. As referências selecionadas, diante de sua aderência ao entendimento do termo nessa pesquisa, encontram-se listadas na Tabela 29.

Figura 37 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "quedas de blocos"



Fonte: Elaborado pela autora
Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 29 - Definição do termo "queda de blocos" de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
HUTCHINSON (1968)	<p><i>"Falls comprise the more or less free descent of masses of soil or rock of any size from steep slopes or cliffs. [...] on a slope steep enough to be subject to falls, no significant protective mantle of rock waste can accumulate and mass movement can proceed as fast as the weathering and disintegration of the parent mass permits."</i> (p. 693).</p> <p>Tradução nossa: As quedas compreendem o descenso mais ou menos livre de massas de solo ou rocha de qualquer tamanho de vertentes declivosas ou falésias. Em uma vertente com declividade suficiente para ser sujeita às quedas, nenhum manto protetivo significativo pode se acumular e o movimento de massa pode prosseguir tão rápido quanto o intemperismo e a desintegração do material parental permitirem.</p>
SELBY (1982)	<p><i>"Falls in soil or soft rocks usually involve only small quantities of material because steep slopes in weak materials are necessarily very short. These falls are usually the result of undercutting of the toe or face of a slope by a river or by wave action. They are facilitated also by weathering and the opening of fissures near a cliff top as a result of freeze-thaw, wetting and drying, earthquake shocks, or tension."</i> (p. 123).</p> <p>Tradução nossa: As quedas no solo ou em rochas brandas usualmente envolve apenas pequenas quantidades de material pois em vertentes com declividade acentuada materiais frágeis são necessariamente esparsos. Essas quedas são geralmente o resultado da remoção do sopé ou da face de uma vertente por um rio ou pela ação de ondas. Elas são facilitadas, também, pelo intemperismo e pela abertura de fissuras próximo do topo de uma escarpa como resultado de gelo-degelo, umidificação e ressecamento, choques de terremotos ou tensão.</p>
COQUE (1984)	<p><i>"La caída de piedras resulta de la disyunción de fragmentos o de bloques de pequeño tamaño de una pared rocosa. Tras una caída libre, descienden por la pendiente hasta estabilizarse en posición de equilibrio, al término de una trayectoria cuya longitud depende de la inclinación y de la rugosidad de la vertiente, así como de la masa y de la forma de los elementos movilizados. Estos elementos móviles continuarán su descenso cuando un impulso cualquiera permita a la gravedad reanudar su acción."</i> (p. 117).</p>
GUIDICINI & NIEBLE (1984)	<p>"Em penhascos verticais, ou taludes muito íngremes, blocos de rocha, deslocados do maciço por intemperismo, caem por ação da gravidade. Este é um dos mecanismos de formação de depósitos de tálus. Uma queda de blocos é assim definida por uma ação de queda livre a partir de uma elevação, com ausência de superfície de movimentação. A queda pode ser combinada com outros movimentos, quais saltos, rotação dos blocos, ações de impacto no substrato, disso resultando uma fragmentação e uma diminuição de dimensão com o progresso da movimentação." (p. 42).</p>
AUGUSTO FILHO (1992)	<p>"Quedas (Falls): Sem planos de deslocamento; movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado; velocidades muito altas (vários m/s); material rochoso; pequenos a médios volumes; geometria variável: lascas, placas, blocos, etc. Rolamento de matacão; tombamento." (p. 723).</p>
CRUDEN & VARNES (1996)	<p><i>"A fall starts with the detachment of soil or rock from a steep slope along a surface on which little or no shear displacement takes place. The material then descends</i></p>

Referência	Definição
	<p><i>mainly through the air by falling, bouncing, or rolling. Movement is very rapid to extremely rapid.” (p. 53).</i></p> <p>Tradução nossa: Uma queda começa com o desprendimento de solo ou rocha de vertente declivosa ao longo de superfície onde pouco ou nenhum deslocamento por cisalhamento ocorre. O material então desce principalmente através do ar em queda, saltando ou rolando. O movimento é muito rápido a extremamente rápido.</p>
FERNANDES & AMARAL (2000)	<p>“São movimentos rápidos de blocos e/ou lascas de rocha caindo pela ação da gravidade sem a presença de uma superfície de deslizamento, na forma de queda livre (Guidicini e Nieble, 1984). Ocorrem nas encostas íngremes para a formação de paredões rochosos e contribuem decisivamente para a formação dos depósitos de tálus. A ocorrência de quedas de blocos é favorecida pela presença de descontinuidades na rocha, tais como fraturas e bandamentos composicionais, assim como pelo avanço dos processos de intemperismo físico e químico.” (p. 147).</p>
DIKAU (2004)	<p><i>“A fall is a free movement of material from steep slopes. Different types of falls are described by material and failure processes. The term rockfall is often used as the general term without further reference to the material involved. [...] Falls occur in various sites such as coastal cliffs, steep riverbanks, edges of plateau, mountain faces or escarpments. They may also occur on artificial embankments (road outcrops). [...] Falls are influenced by slope aspect and angle, size and shape of jointed rocks, strike angle, status and deformation of rocks and vegetation cover. Debris and soil falls originate in material which has already been detached from the bedrock. In solid rock the separation process may take time and it arises from internal and external factors which are often combined. (p. 644/645).”</i></p> <p>Tradução nossa: Uma queda é o movimento livre de materiais de vertentes declivosas. Diferentes tipos de quedas são descritos por materiais e processos de colapso. O termo queda de rochas é frequentemente usado como termo geral sem maior referência ao material envolvido. [...] As quedas ocorrem em vários locais, como falésias, margens com declividade acentuada, cristas de platôs, faces de montanhas ou escarpas. Elas também podem ocorrer em aterros artificiais (no entorno de estradas). [...] As quedas são influenciadas pela orientação e ângulo da vertente, tamanho e forma de juntas, ângulo da direção, status e deformação das rochas e cobertura vegetal. Quedas de detrito e solo se originam em material que já foi desprendido do leito rochoso. Em rochas sólidas, o processo de separação pode levar tempo e surge de fatores externos e internos que são frequentemente combinados.</p>
IPT/CPRM (2014)	<p>“Queda de rocha (rock fall): movimento geralmente abrupto de blocos e matacões rochosos, que se desprendem de encostas íngremes, paredões rochosos ou falésias. Tem como principais fatores predisponentes as descontinuidades litológico-estruturais dos maciços rochosos e a ação do intemperismo físico-químico, podendo ser deflagrado por eventos chuvosos. O material movimentado pode quebrar com o impacto e rolar pela superfície da encosta, até encontrar obstáculo ou atingir terreno plano. A velocidade, trajetória e alcance podem variar muito, pois dependem de fatores diversos, como a declividade da encosta e a forma e dimensão do material mobilizado. Envolve principalmente quedas livres, rolamentos, tombamentos e deslocamentos de rochas”. (p. 6).</p>

Referência	Definição
BIERMAN & MONTGOMERY (2014)	<p><i>“Falls begin with the detachment of soil or rock. They involve the downward motion of rock or soil through the air by falling, bouncing, or rolling, with little to no initial interaction with other materials. Falls typically occur on slopes that are steeper than the internal friction angle of the slope-forming material. Thus, falls are the most common mass movements on slopes that range from 45 to 90 degrees [...]. Falls tend to be rapid (m/s). Rock and soil falls typically occur when material is dislodged from very steep faces, like cliffs or streambanks. [...] Soil falls typically occur in places where flowing water or progressive slope failure undercuts cohesive soil or sediment, such as at gully heads or along incised streambanks.” (p. 158).</i></p> <p>Tradução nossa: As quedas começam com o desprendimento de solo ou rocha. Elas envolvem o movimento para baixo de rocha e solo através do ar, por queda, saltos ou rolando, com pouca ou nenhuma interação inicial com outros materiais. As quedas ocorrem tipicamente em vertentes que são mais íngremes do que o ângulo de atrito interno dos materiais que formam a vertente. Assim, as quedas são o movimento de massa mais comum em vertentes que variam de 45° a 90°. As quedas tendem a ser rápidas (m/s). Quedas de rocha e solo ocorrem tipicamente quando o material é deslocado de faces muito inclinadas, como falésias e margens de cursos d’água. As quedas de solo ocorrem tipicamente em locais onde a água em circulação ou o colapso progressivo removem solo coesivo ou sedimento, como nas cabeceiras de voçorocas ou ao longo de margens erosivas de canais fluviais.</p>
TOMINAGA (2015a)	<p>“Define-se uma queda de blocos como uma ação de queda livre a partir de uma elevação, com ausência de superfície de movimentação. Nos penhascos ou taludes íngremes, blocos e/ou lascas dos maciços rochosos deslocados pelo intemperismo, caem pela ação da gravidade. [...] A queda pode estar associada a outros movimentos, como saltação, rolamento dos blocos e fragmentação no impacto com o substrato. As causas das quedas são diversas: variação térmica do maciço rochoso, perda de sustentação dos blocos por ação erosiva da água, alívio de tensões de origem tectônica, vibrações e outras.” (p. 32).</p>

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

Dentre as definições apresentadas, os autores ressaltam tratar-se de movimento sem a presença de superfícies de ruptura, em contraste com outros movimentos de massa, como os escorregamentos (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; AUGUSTO FILHO, 1995; CRUDEN; VARNES, 1996; FERNANDES; AMARAL, 2000; TOMINAGA, 2015a).

A maioria dos autores descreve alguns dos fatores condicionantes e deflagradores do movimento, com destaque: (i) à perda de sustentação basal, por remoção do material pela erosão fluvial, marinha ou atividades antrópicas; (ii) em decorrência da atuação do intemperismo, favorecido pela presença de fraturas e descontinuidades nos materiais, e promovendo simultaneamente sua ampliação; e (iii) em decorrência de variações térmicas no maciço rochoso (SELBY, 1982; COQUE, 1984; GUIDICINI; NIEBLE, 1984; COOKE; DOORNKAMP, 1990; FERNANDES; AMARAL, 2000; TOMINAGA, 2015a).

Todos os autores ressaltam a importância da declividade como condicionante da ocorrência do movimento, característico de vertentes com declividade acentuada e paredões quase verticais. A velocidade do movimento é descrita por alguns autores como rápida a muito rápida e as formas de movimentação da massa, podem se dar por queda livre, saltos e

rolamento (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; AUGUSTO FILHO, 1995; CRUDEN; VARNES, 1996; BIERMAN; MONTGOMERY, 2014).

A literatura brasileira geralmente inclui os tombamentos e rolamentos de matações dentre os diferentes tipos de quedas (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; AUGUSTO FILHO, 1995; IPT; CPRM, 2014). Na literatura internacional, principalmente inglesa e norte americana, os tombamentos podem integrar categoria distinta, dependendo da referência, denominada no termo inglês como *“topple”* e no francês como *“basculement”* (Tabela 30).

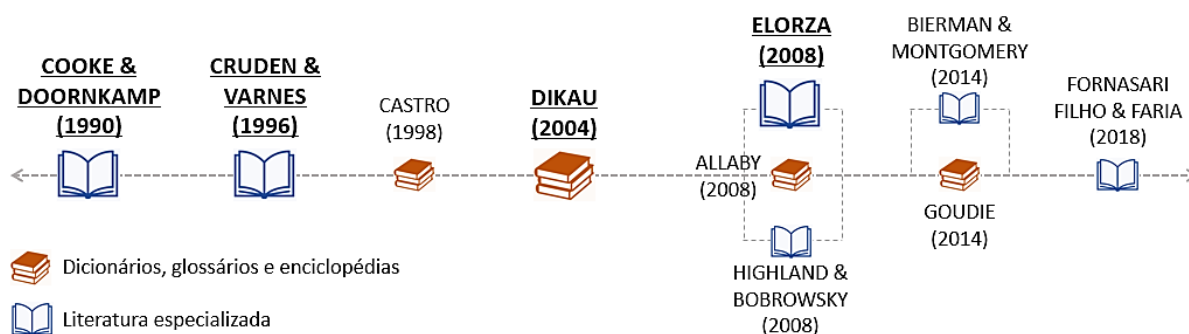
Tabela 30 - Termo "tombamento" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

Inglês	<i>Topple</i>
Francês	<i>Basculement</i>
Espanhol	<i>Vuelco</i>
Italiano	<i>Ribaltamento</i>
Alemão	<i>Kippen</i>

Fonte: Cruden (1993); Panizza (2005); Elorza (2008)

Diante da inclusão desse termo na categoria das quedas pela literatura brasileira, as definições para os tombamentos são apresentadas conjuntamente nesse subcapítulo. A Figura 38 apresenta a bibliografia consultada para levantamento e sistematização das definições do termo. As referências selecionadas, diante de sua aderência ao entendimento deste nessa pesquisa, encontram-se listadas na Tabela 31.

Figura 38 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "tombamento"



Fonte: Elaborado pela autora
Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 31 - Definição do termo "tombamento" de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
COOKE & DOORNKAMP (1990)	<i>"A forward toppling motion can occur in either rocks or soils usually as a result of wedging behind the falling mass. The toppled material may then move on as a flow or as a slide." (p. 111).</i>
	Tradução nossa: A movimentação para a frente de tombamento pode ocorrer tanto em rochas como solos, usualmente como resultado da tensão atrás da massa em queda. O material tombado pode então se mover como uma corrida ou como um escorregamento.

Referência	Definição
CRUDEN & VARNES (1996)	<p>“A topple [...] is the forward rotation out of the slope of a mass of soil or rock about a point or axis below the centre of gravity of the displaced mass. Toppling is sometimes driven by gravity exerted by material upslope of the displaced mass and sometimes by water or ice in cracks in the mass.” (p. 54).</p> <p>Tradução nossa: Um tombamento é a rotação para frente e para fora da vertente de uma massa de solo ou rocha, sobre um ponto ou eixo abaixo do centro de gravidade da massa deslocada. O tombamento é, às vezes, ocasionado pela gravidade exercida pelo material à montante da massa deslocada e, às vezes, pela água ou gelo em fraturas na massa.</p>
DIKAU (2004)	<p>“A topple consists of a forward rotation of a mass of rock, debris or soil about a pivot or hinge on a hillslope. The toppling may culminate in an abrupt falling or sliding, but the form of movement is tilting without collapse. [...] The primary driving force for topple failure is the detachment of a column so that the load is transferred to a narrow base of weaker rock. Slope height is an important controlling parameter as is the width of the supporting base. Topples in rocks usually require high cliffs, whereas topples in debris and soil fail on lower cliffs. The formation of tension cracks is caused by severe undercutting by fluvial agents, sea wave action or man-made scarps. Joint and bedding plane water pressures are a vital contribution to failure at the base of the column.” (p. 645).</p> <p>Tradução nossa: Um tombamento consiste em uma rotação para frente de uma massa de rocha, detritos ou solo sobre um pivot ou articulação em uma vertente. O tombamento pode culminar em uma queda abrupta ou escorregamento, mas a forma do movimento é a rotação sem o colapso. A principal força que dirige o colapso por tombamento é o desprendimento de uma coluna de forma que a carga seja transferida à uma base estreita de rocha mais frágil. A altura da vertente é um parâmetro de controle importante, assim como a largura da base de suporte. Os tombamentos em rochas usualmente requerem altas penhascos, enquanto tombamentos em detritos ou solos ocorrem em penhascos mais baixos. A formação de fissuras de tensão é causada por severa remoção basal por agentes fluviais, ação de ondas ou em escarpas antrópicas. A pressão da água em juntas e acamamentos é de contribuição vital ao colapso na base da coluna.</p>
ELORZA (2008)	<p>“Vuelcos (topples). Un vuelco consiste en una rotación hacia fuera de la ladera de una masa de roca o suelo, en torno a un punto o eje por debajo del centro de gravedad de la masa desplazada (Cruden y Varnes, 1996). Los vuelcos son roturas que se desarrollan por planos de discontinuidad de la roca.” (p. 237).</p>

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

As definições de tombamento apresentadas acima são convergentes, destacando as características básicas do movimento, relativas ao desprendimento de um bloco de rocha, solo ou material intemperizado, em direção para fora da vertente e para baixo, e a rotação em torno do próprio eixo (CRUDEN; VARNES, 1996; ELORZA, 2008).

Cooke e Doornkamp (1990) e Dikau (2004) destacam que o movimento pode evoluir para um colapso, em forma de queda, escorregamento ou corrida, porém a definição do termo envolve apenas a rotação, independente do futuro colapso do material. As principais causas associadas à deflagração dos tombamentos são abordadas alguns dos autores, que destacam a existência de fraturas e discontinuidades no material e a ação exercida pela água e pelo

gelo nesses locais (CRUDEN; VARNES, 1996; DIKAU, 2004; ELORZA, 2008; HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008).

Dentre as definições apresentadas aos termos “quedas de bloco” e “tombamentos”, as propostas de Selby (1982), Coque (1984), Cruden e Varnes (1996), Fernandes e Amaral (2000), Dikau (2004), IPT/CPRM (2014) e Tominaga (2015a) são aquelas que mais se aproximam da concepção adotada nessa pesquisa, e serviram de base para redação da definição apresentada no item seguinte.

DEFINIÇÃO RECOMENDADA DO CONCEITO

As quedas se caracterizam pelo desprendimento e deslocamento de material, comumente de rocha, rocha intemperizada ou solo, em vertentes de grande declividade, como resultado da ação da gravidade. Tal deslocamento pode ocorrer em queda livre, usualmente em vertentes com declividades muito acentuadas (acima de 45°) ou por saltos e posterior rolamento, normalmente em vertentes com declividade abaixo de 45° e como resultado de eventual perda de apoio do bloco (SELBY, 1982).

Em contato com a vertente ou com obstáculos, o material pode se fragmentar, até que o deslocamento cesse em área mais plana ou em algum obstáculo. De qualquer forma, independentemente de sua fragmentação, ocorre pouca deformação interna do material durante o processo de queda (DIKAU, 2004; IPT; CPRM, 2014; TOMINAGA, 2015a). Podem envolver um único bloco (matação), de dimensões variadas, um conjunto de blocos ou fragmentos de blocos.

O desprendimento é favorecido pela presença de fraturas, linhas de fraqueza e descontinuidades no material, que permitem a entrada e circulação da água, a atuação do intemperismo e reduzem sua resistência. A quantidade, dimensões e a orientação das fraturas são, portanto, importantes condicionantes ao movimento. Além da atuação do intemperismo nessas linhas preferenciais, a ação dos ciclos de ressecamento e encharcamento, e gelo e degelo também são fatores de preparatórios (SELBY, 1982; DIKAU, 2004; IPT; CPRM, 2014).

São, ainda, fatores de predisposição: a orientação e a declividade da vertente; a direção e mergulho das camadas rochosas; e a presença de cobertura vegetal. Esta é particularmente importante, pois sua existência favorece a interceptação da água da chuva e maior resistência associada à ação das raízes. A vegetação atua, também, no equilíbrio da temperatura, reduzindo oscilações térmicas, que podem contribuir ao movimento (DIKAU, 2004; TOMINAGA, 2015a).

Dentre os fatores de deflagração do movimento, destacam-se a perda de suporte pela remoção de material na base da vertente em função da ação fluvial, marinha ou resultado de intervenções antrópicas, como cortes; a ocorrência de vibrações, como terremotos ou explosões; e precipitação intensa (SELBY, 1982; COQUE, 1984; DIKAU, 2004; IPT; CPRM, 2014; TOMINAGA, 2015a).

As quedas podem ocorrer em todas as escalas espaciais, ou seja, envolvendo área maior ou com dimensão reduzida, e são geralmente bastante rápidas (AUGUSTO FILHO, 1995; BIERMAN; MONTGOMERY, 2014). Sua velocidade irá, no entanto, variar com base em diferentes fatores, dentre os quais destacam-se a declividade da vertente, sua rugosidade e as características do material (forma e dimensão), influenciando também na trajetória e alcance do material mobilizado (COQUE, 1984; IPT; CPRM, 2014).

Já os tombamentos, que na literatura brasileira, integram a categoria de quedas de blocos, se caracterizam pelo deslocamento de uma coluna de material rochoso ou de solo, a transferência de seu peso para uma base mais estreita, composta por material menos resistente, e sua posterior rotação em torno de um eixo, em direção para fora da vertente (Figura 39). Esta coluna pode, posteriormente, colapsar quando ocorrer a perda de sustentação ou tensão suficiente, porém o movimento não envolve necessariamente o colapso (CRUDEN; VARNES, 1996; DIKAU, 2004).

Figura 39 – Bloco diagrama de tombamentos e quedas



Fonte: Retirado e adaptado de Bierman e Montgomery (2014), Cruden e Varnes (1996) e Cooke e Doornkamp (1990)

Como nas quedas, também a presença de fraturas, linhas de fraqueza e discontinuidades condicionam a sua ocorrência, já que fornecem locais preferenciais para entrada e circulação de água, e atuação do intemperismo. Dentre as causas do movimento, destacam-se igualmente: os ciclos de ressecamento e encharcamento; a ação do intemperismo; e a remoção progressiva de material da base da vertente, causando descompressão suficiente para a formação de rachaduras e início do movimento. A pressão exercida pela água nessas rachaduras e, em especial, na base do conjunto deslocado pode levar ao seu posterior colapso (DIKAU, 2004).

Além da cinemática do movimento, os tombamentos distinguem-se, também, das quedas em relação à sua velocidade, que tende a ser mais devagar, ainda que esse processo possa evoluir para outro tipo de movimento de massa, como um escorregamento, e adquirir consequentemente maior velocidade (COOKE; DOORNKAMP, 1990; DIKAU, 2004).

COMO O CONCEITO É APROPRIADO NOS PROCESSOS JUDICIAIS

Foram selecionados cinco trechos contendo o termo “queda de blocos” ou termos semelhantes, como “rolamento e deslocamento de rochas” nas ações judiciais analisadas. O termo “tombamento” não foi observado.

Três ocorrências foram extraídas de pareceres técnicos e apenas uma em decisão do TJSP no âmbito de julgamento de recurso. Já o termo “rolamento e deslocamento de rochas” foi utilizado em petição inicial de ação judicial na Comarca de São Paulo, envolvendo a apuração de situações de risco de movimentos de massa em bairro da cidade de São Paulo, conforme trecho reproduzido abaixo.

*“O presente procedimento investigatório (PPIC nº 99/00) foi instaurado para apurar as condições de insegurança geológica de diversas áreas de ocupação subnormal existentes no território da Subprefeitura do Butantã, nesta capital, as quais apresentam risco de escorregamentos em encostas, provocados por deslizamentos do solo ou depósitos artificiais de encosta, ou por **rolamento e deslocamento de rochas.**” (Processo Judicial nº 0189436-03.2008.8.26.0000, Comarca de São Paulo, 11ª Vara da Fazenda Pública, f. 2, grifo nosso).*

Como já destacado anteriormente, a utilização desse termo na petição inicial pode ser um reflexo da extração do conceito de documento técnico e apropriação pelo autor da Ação, tendo em vista o grande número de pareceres técnicos produzidos, geralmente, em fase de inquérito civil e utilizados como base para redação da peça inicial.

A baixa ocorrência desse conceito está associada ao fato de que nenhum dos processos selecionados apresenta como mérito a ocorrência de queda de blocos e seus consequentes danos, ou a iminência de um evento de tal tipo, que apresente risco à população do entorno. Nas três situações em que o termo foi utilizado, ele acompanha outras tipologias de movimentos de massa, principalmente de escorregamento, envolvendo situações de constatação de risco geomorfológico.

E. CORRIDAS DE MASSA

CONCEITO SOB A VISÃO DA GEOMORFOLOGIA

Apesar de ocorrerem poucas citações do termo “corrida” nas ações judiciais analisadas, optou-se pela definição do termo, com base na literatura, tendo em vista se tratar de um processo geomorfológico de grande ocorrência no Brasil, assim como no Meio Tropical Úmido e em outros contextos morfoclimáticos, com ampla literatura a respeito. A Tabela 32 apresenta sistematização dos termos correspondentes nas diferentes línguas.

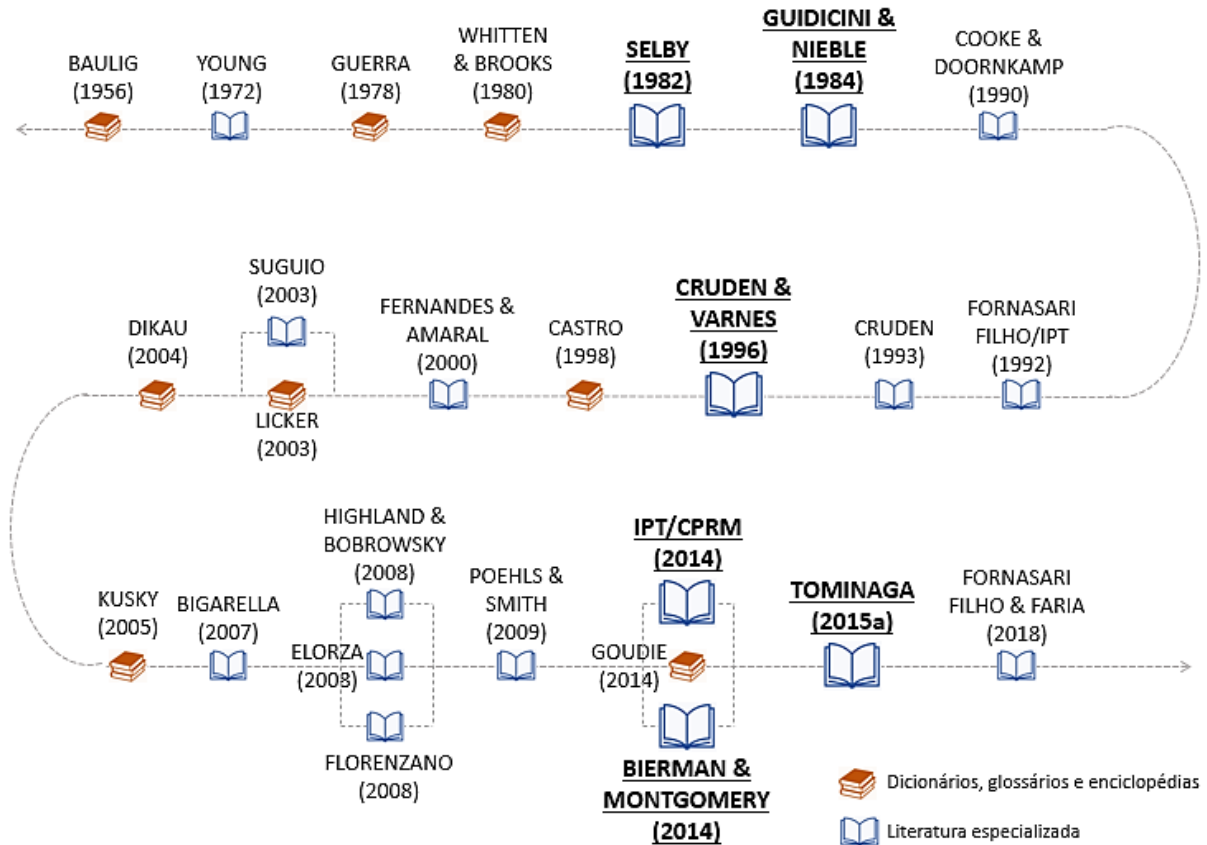
Tabela 32 - Termo "corrida" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

Inglês	<i>Flow</i>
Francês	<i>Écoulement, Coulée</i>
Espanhol	<i>Colada, Flujos</i>
Italiano	<i>Colata</i>

Fonte: Rasan et al. (1987), Cruden (1993), Panizza (2005), Elorza (2008), Hungr et al. (2013).

A bibliografia consultada para levantamento e sistematização das definições do termo é retratada na Figura 40. As referências selecionadas, diante de sua aderência ao entendimento do termo nessa pesquisa, encontram-se listadas na Tabela 33.

Figura 40 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "corrida"



Fonte: Elaborado pela autora

Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 33 - Definição do termo "corridas de massa" de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
SELBY (1982)	<p><i>Flows occur when coarse debris, fine-grained soil, or clay are liquefied. The terms ‘debris flow’, ‘earthflow’, and ‘mudflow’ are used to distinguish between these three classes of material. The tendency for flows to develop may be encouraged by a number of factors: remoulding of soils during landsliding; the presence of clays with high liquid limits in areas where rainfalls are high; the presence of soils with low liquid limits in area of low rainfalls – in such soils little water is required to make the soil behave as a liquid [...].” (p. 127/128).</i></p> <p>Tradução nossa: As corridas ocorrem quando detritos grosseiros, solo de granulometria fina ou argilas são liquefeitas. Os termos ‘corrida de detritos’, ‘corrida de terra’ e ‘corrida de lama’ são usados para distinguir entre as três classes de material. A tendência para desenvolvimento de fluxos pode ser encorajada por inúmeros</p>

	fatores: o remodelamento do solo durante os movimentos de massa; a presença de argilas com alto limite líquido em áreas onde a precipitação é alta; a presença de solos com baixos limites líquidos em áreas com baixa precipitação – em tais solos pouca água é necessária para fazer o solo se comportar como um líquido [...].
GUIDICINI e NIEBLE (1984)	“ Corridas são formas rápidas de escoamento, de caráter essencialmente hidrodinâmico, ocasionadas pela perda de atrito interno, em virtude da destruição da estrutura, em presença de excesso de água. Uma massa de solo, ou de solo e rocha, pode fluir como um líquido, se atingir um certo grau de fluidez. [...] por (a) simples adição de água (o caso das areias é típico), por (b) efeito de vibrações [...] durante terremotos ou durante a cravação de estacas nas proximidades e também por (c) processo de amolgamento no caso de argilas muito sensíveis, como, por exemplo, as argilas rápidas.” (p. 21).
COOKE & DOORNKAMP (1990)	<p><i>"However, all flows resemble the movement of viscous fluids (even those in dry materials), and usually show a sharp boundary (slip surface) between the moving mass and the ground across which it is moving."</i> (p. 111/112).</p> <p>Tradução nossa: No entanto, todas as corridas se assemelham ao movimento em um fluido viscoso (mesmo aquelas em materiais secos) e usualmente demonstram um limite pronunciado (superfície de escorregamento) entre a massa em movimento e a superfície ao longo da qual está se deslocando.</p>
CRUDEN & VARNES (1996)	<p><i>"A flow is a spatially continuous movement in which surfaces of shear are short-lived, closely spaced, and usually not preserved. The distribution of velocities in the displacing mass resembles that in a viscous liquid. The lower boundary of the displaced mass may be a surface along which appreciable differential movement has taken place or a thick zone of distributed shear. Thus there is a gradation from slides to flows depending on the water content, mobility, and evolution of the movement."</i> (p. 64/65).</p> <p>Tradução nossa: Uma corrida é um movimento espacialmente contínuo no qual as superfícies de cisalhamento têm vida curta, são pouco espaçadas e não são usualmente preservadas. A distribuição das velocidades na massa em movimento se assemelha a um fluido viscoso. O limite inferior da massa deslocada pode ser uma superfície ao longo da qual movimento diferencial apreciável ocorreu ou uma zona espessa de cisalhamento distribuído. Assim, há uma gradação de escorregamentos para corridas dependendo do conteúdo de água, mobilidade e evolução do movimento.</p>
FERNANDES & AMARAL (2000)	“ Corridas (Flows): As corridas (ou fluxos) são movimentos rápidos nos quais os materiais se comportam como fluidos altamente viscosos. A distinção entre corridas e escorregamentos nem sempre é fácil de ser feita no campo. [...] As corridas simples estão geralmente associadas à concentração excessiva dos fluxos d’água superficiais em algum ponto da encosta e deflagração de um processo contínuo de material terroso.” (p. 130/131).
DIKAU (2004)	<i>"A flow is a landslide in which the individual particles travel separately within a moving mass. They involve highly fractured rock, clastic debris in a fine matrix or small grain sizes. Flow in its physical sense is defined as the continuous, irreversible deformation of a material that occurs in response to applied stress. They are, therefore, characterized by internal differential movements that are distributed within the mass."</i> (p. 650).

	<p>Tradução nossa: Uma corrida é um deslizamento no qual as partículas individuais viajam separadamente em uma massa em movimento. Ela envolve rocha altamente fraturada, detritos clásticos em uma matriz fina ou com grãos de pequena dimensão. O fluxo em seu sentido físico é definido como a deformação contínua e irreversível de material que ocorre em resposta à aplicação de tensão. Elas são, assim, caracterizadas por movimentos internos diferenciais que são distribuídos na massa.</p>
<p>IPT/CPRM (2014)</p>	<p>“Corrida de massa (<i>debris flow</i>): movimento de massa complexo e com alta energia de transporte, caracterizado por fluxos concentrados de blocos rochosos e troncos vegetais imersos em matriz com alta concentração de sedimentos de diferentes granulometrias, provenientes da ocorrência de deslizamentos nas encostas e do retrabalhamento de depósitos antigos situados ao longo de cursos d’água. Pode ser deflagrado por eventos de chuvas de alta intensidade, gerados nas porções superiores das encostas em bacias de drenagem serranas e restritas. Os materiais mobilizados podem alcançar áreas planas e distantes situadas a jusante. Por sua alta energia de escoamento e elevada concentração de sólidos, bem como por seu amplo raio de alcance, configura o tipo de movimento gravitacional de massa com maior potencial de impacto destrutivo.” (p. 6).</p>
<p>BIERMAN & MONTGOMERY (2014)</p>	<p>“Flows move by differential shearing within the sliding material and have no well-defined internal shear planes. Mass flows resemble the flow of viscous fluids in which the maximum shearing occurs at the base and flow velocity decreases with increasing depth from the top of the flow. Most mass flows involve some amount of water, but large rockslides and falls sometimes transform into dry flows that run out long distances at the base of slopes. In such massive, high-energy flows, fluidity can be maintained by grain-to-grain collisions that promote efficient energy transfer. Flows may move slowly (cm/day) to quite rapidly (m/second) and may involve soil or rock.” (p. 156).</p> <p>Tradução nossa: As corridas se movem por cisalhamento diferencial no interior do material escorregado e não apresentam planos internos de cisalhamento bem definidos. As corridas de massa lembram o escoamento de fluidos viscosos no qual o cisalhamento máximo ocorre na base e a velocidade do fluxo diminui com o aumento da profundidade a partir do topo da corrida. A maioria das corridas envolve alguma quantidade de água, mas grandes escorregamentos de rocha ou quedas as vezes se transformam em corridas secas que percorrem longas distâncias na base das vertentes. Em tais corridas massivas e de alta energia, a fluidificação pode ser mantida por colisões grão a grão que promovem transferência de energia suficiente. As corridas podem se mover vagarosamente (cm/dia) até muito rapidamente (m/s) e podem envolver solo ou rocha.</p>
<p>TOMINAGA (2015a)</p>	<p>“Corridas são formas rápidas de escoamento de caráter essencialmente hidrodinâmico, ocasionadas pela perda de atrito interno das partículas de solo, em virtude da destruição de sua estrutura interna, na presença de excesso de água. Estes movimentos são gerados a partir de grande aporte de materiais, como solo, rocha e árvores que, ao atingirem as drenagens, formam uma massa de elevada densidade e viscosidade. A massa deslocada pode atingir grandes distâncias com extrema rapidez, mesmo em áreas pouco inclinadas, com consequências destrutivas muito maiores que os escorregamentos.” (p. 33).</p>

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

As definições apresentadas são convergentes na descrição das corridas enquanto um movimento de massa complexo, no qual o conjunto deslocado se comporta como um fluido viscoso, diante da presença de água em abundância em seu interior e da perda de atrito interno, destruindo a estrutura previamente existente. O movimento é caracterizado, também, por muita deformação interna durante seu deslocamento (SELBY, 1982; GUIDICINI; NIEBLE, 1984; HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008; BIERMAN; MONTGOMERY, 2014).

Dentre as causas citadas, os autores destacam a liquefação, em função da quantidade de água no material, deflagrada por eventos de precipitação intensa ou derretimento do gelo, ou resultante de alguma vibração ou incremento do peso (SELBY, 1982; GUIDICINI; NIEBLE, 1984; ELORZA, 2008). O deslocamento do material ao longo de um canal de drenagem é apontado, também, como uma das fontes de água e material em abundância, aumentando o volume e o potencial de dano do movimento (BIERMAN; MONTGOMERY, 2014; TOMINAGA, 2015a).

Alguns autores destacam que a ocorrência do movimento independe da declividade, caracterizada como um fator fundamental às demais tipologias de movimentos de massa, já que ele é observado também em vertentes mais suaves, com declividade entre 5° e 10°. Nesse caso, as características dos materiais, em especial em termos de seus limites líquidos, apresentam maior importância como condicionantes ao movimento. A morfologia das vertentes, no entanto, é um fator importante, predominando a ocorrência de corridas em seus setores côncavos, nos quais predomina a concentração dos fluxos (SELBY, 1982; GUIDICINI; NIEBLE, 1984; TOMINAGA, 2015a).

A velocidade do movimento é variada, alguns autores a descrevem como rápida e outros como mais lenta (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; BIERMAN; MONTGOMERY, 2014; IPT; CPRM, 2014). Porém o que se observa é que a velocidade varia de acordo com a quantidade de água no material e o conseqüente comportamento como fluido, variando também ao longo da própria massa em deslocamento, com alguns setores mais velozes e outros menos (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; BIERMAN; MONTGOMERY, 2014).

A relação com os escorregamentos é suscitada por alguns autores, destacando que as corridas podem se desenvolver a partir de escorregamentos e que apresentam maior potencial de dano quando comparadas a estes, já que podem percorrer maiores distâncias e mobilizar grandes volumes de material (IPT; CPRM, 2014; TOMINAGA, 2015a).

Outro aspecto que pode ser destacado a partir das definições refere-se ao deslocamento do material mobilizado nas corridas ao longo dos canais de drenagem, e se tal deslocamento é condição necessária para denominar esse movimento como tal. Como observado nas definições, as corridas podem se formar de tal forma, que facilita seu desenvolvimento, mas não atua como condição necessária, pois independem do deslocamento pela drenagem para sua ocorrência, (IPT; CPRM, 2014; TOMINAGA, 2015a). Esse aspecto é particularmente importante, pois é frequente a redução da definição de corrida a apenas esse fator.

Dentre as definições acima, as propostas de Selby (1982), Guidicini e Nieble (1984), Cruden e Varnes (1996), IPT/CPRM (2014), Bierman e Montgomery (2014) e Tominaga

(2015a) são aquelas que mais se aproximam da compreensão do termo adotada nessa tese e foram utilizadas para sua definição, em conjunto com a proposta de Hungr, Leroueil e Picarelli (2014), conforme apresentado no item a seguir.

DEFINIÇÃO RECOMENDADA DO CONCEITO

As corridas são movimentos de massa caracterizados pela movimentação espacialmente contínua do material, com velocidades e comportamento que se assemelham a movimentação de uma solução viscosa ou líquida.

A liquefação é a principal causa da formação das corridas, resultante da presença de água em excesso na vertente, ocasionando a perda do atrito interno e da coesão dos materiais, em virtude da destruição de sua estrutura; ou em decorrência de vibrações produzidas naturalmente, como em terremotos, ou artificialmente, como por explosões e estacamento em obras civis (SELBY, 1982; GUIDICINI; NIEBLE, 1984; ELORZA, 2008).

Nesse sentido, a disponibilidade de água é de fundamental importância, de forma que sua ocorrência está normalmente atrelada a episódios de precipitação intensa ou contínua, em quantidade suficiente para encharcamento do solo, que atua como fator de deflagração do movimento. Em seu trajeto, o conjunto deslocado pode adentrar um canal fluvial ou fluxo preferencial de água preexistente, adquirindo maior quantidade de água e material, por meio da erosão dos leitos e das margens do canal. Nesses casos, o volume e a velocidade do movimento são incrementados, bem como a magnitude deste processo e, conseqüentemente, os danos causados por ele (CRUDEN; VARNES, 1996; HUNGR; LEROUEIL; PICARELLI, 2014; TOMINAGA, 2015a).

Podem ser geradas, também, a partir de escorregamentos, tendo como distinção a maior quantidade de água, a perda de coesão do material, a alta taxa de deslocamento e a grande deformação interna da massa mobilizada durante a ocorrência do processo.

As características dos materiais envolvidos atuam como fator de predisposição à sua ocorrência, sobretudo em relação às suas propriedades, que lhe conferem maior ou menor resistência e condicionam sua deformação quando sob pressão. Dentre as características, destacam-se a porcentagem de minerais de argila presentes no solo, o limite de liquidez e o índice de plasticidade, propriedades que influenciam diretamente no atrito interno dos materiais e, portanto, em sua resistência (SELBY, 1982).

Nessa tipologia de movimento, as características dos materiais apresentam maior importância enquanto fatores de predisposição do que a declividade das vertentes, já que as corridas podem ocorrer em vertentes menos acentuadas. Ainda assim, a morfologia das vertentes contribui à sua ocorrência, preferencialmente nos setores côncavos, caracterizados pela concentração dos fluxos do escoamento superficial e de subsuperfície. A cobertura vegetal atua, também, na predisposição e deflagração do movimento, em função de seu papel na interceptação da chuva, na transpiração e no aumento da resistência dos materiais pela ação de raízes. Sua remoção pode atuar como um fator de deflagração (SELBY, 1982; GUIDICINI; NIEBLE, 1984).

Diante de suas características e dos mecanismos atuantes, as corridas podem ser divididas em três setores: a raiz, onde o movimento de inicia, normalmente associado à ocorrência de escorregamento; o corpo, ao longo do qual ocorre o deslocamento do material; e a base, onde ocorre a sua deposição (Figura 41). O trajeto se assemelha a um formato de língua. Quando a corrida percorre um canal fluvial ou fluxo preferencial de água, ela erode suas margens e fundo, obtendo maior quantidade de materiais e água, mas também deposita materiais de mais grosseiros ao longo das margens, formando diques (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; BIERMAN; MONTGOMERY, 2014).

Figura 41 – Bloco diagrama de corrida de massa



Fonte: Retirado e adaptado de Bierman e Montgomery (2014)

A deposição dos materiais irá ocorrer em áreas planas à jusante, formando leques, normalmente de alta declividade e com a granulometria invertida, ou seja, os blocos rochosos e materiais de maior dimensão são depositados mais próximos à superfície e à frente da área de deposição, ao passo que os materiais mais finos ficam sobrepostos por estes. Isso ocorre em função das características do fluxo em deslocamento, cuja densidade e viscosidade, em conjunto com as forças atuantes de dispersão e empuxo, permitem que os blocos, galhos e materiais mais grosseiros sejam transportados suspensos no fluxo.

É comum que a deposição do material ocorra em diversas frentes já que durante a movimentação podem se formar pequenas barragens naturais com os materiais depositados. Assim, as corridas de massa podem apresentar caráter cíclico, com a possibilidade de reativação e remobilização do material (CRUDEN; VARNES, 1996; HUNGR; LEROUEIL; PICARELLI, 2014).

O material transportado apresenta, usualmente, grande diversidade, envolvendo solo, blocos rochosos de dimensões variadas e troncos de árvores, coletados durante a movimentação do conjunto. Diante do grande conteúdo de água e sua possível movimentação em um canal fluvial, as corridas de massa estão normalmente associadas a processos de

inundação após a ocorrência do movimento (CRUDEN; VARNES, 1996; HUNGR; LEROUEIL; PICARELLI, 2014; IPT; CPRM, 2014; TOMINAGA, 2015a).

Assim como os demais movimentos de massa, as corridas também apresentam subtipos, variando conforme a classificação adotada. Na literatura, as classificações variam em função do material predominante e, sobretudo, da proporção entre a quantidade de água e o volume de material sólido, dando origem à diferentes termos, como: corrida de detritos e corrida de lama, na literatura brasileira (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; TOMINAGA, 2015a). Os diferentes tipos estão relacionados, também, às velocidades adquiridas pelo conjunto deslocado, que pode movimentar-se mais vagarosamente (m/ano) ou rapidamente (km/h ou m/s), resultando nesse último caso em maiores danos (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; CRUDEN; VARNES, 1996).

COMO O CONCEITO É APROPRIADO NOS PROCESSOS JUDICIAIS

No contexto dos processos judiciais, o termo “corrida de massa” foi empregado cinco vezes, duas das quais em pareceres técnicos, uma em laudo pericial, outra em contestação e outra em acórdão de decisão em 2ª instância referente a recurso de apelação.

O trecho extraído do laudo pericial referia-se à ação judicial de ocupação irregular em APP de curso d’água, sujeito a inundações recorrentes, integrante do grupo amostral de inundações. No laudo, o perito utilizou o termo em inglês, em conjunto com outros conceitos, visando caracterizar a gênese e morfodinâmica da Serra do Mar, uma vez que a área em litígio se encontra próxima ao contato entre as vertentes da Serra do Mar e a planície fluvial do rio Cubatão, conforme trecho abaixo. A explicação apresentada junto ao termo, ainda que breve, não é suficiente para caracterizar o fenômeno, suas causas e mecanismos, apesar de citar a precipitação intensa, e apresenta problemas de ordem conceitual, ao misturar diferentes termos.

*“A área de interesse está inserida em um contexto de transição do Ribeirão do Pouso Alto, onde o canal principal se transforma de uma drenagem encaixada para um tipo de drenagem onde se observam algumas ramificações do canal principal. Estas ramificações representam desvios causados por barramentos, geralmente naturais, causados por enchentes episódicas ou eventos de **debris flows (escorregamentos e deslizamentos associados a eventos de elevada precipitação)**, muito comuns na Serra do Mar, confirmados pela presença de matacões métricos na tomada d’água da ramificação entre o canal principal e secundário. Em eventos episódicos ou épocas chuvosas, o canal principal utiliza-se de canais secundários, às vezes intermitentes, e ativos apenas nessas situações.”*
(Processo Judicial nº 0005220-57.2006.8.26.0587, Comarca de São Sebastião, 2ª Vara Cível, f. 637, grifo nosso).

A baixa ocorrência do termo deve ser analisada com cautela, já que dos processos judiciais selecionados para análise, nenhum apresentava relação direta com esse tipo de processo geomorfológico. A pesquisa de jurisprudência, que orientou a seleção dos processos judiciais, conforme descrito na metodologia, teve como resultado poucos acórdãos utilizando

o termo, empregado em praticamente todos os casos como uma citação direta do artigo 65 do Código Florestal, que versa sobre a regularização fundiária em Área de Preservação Permanente em zonas urbanas, para fins de interesse social, desde que inexistir situação de risco. Esse dispositivo cita, então, a suscetibilidade à ocorrência de corridas de massa como uma das situações de risco descritas no *caput*.

Outro fator que contribui para a reduzida utilização do termo “corridas de massa” nas ações judiciais analisadas, refere-se à baixa ocorrência deste processo geomorfológico em áreas urbanizadas no Estado de São Paulo, resultando em poucas ações judiciais que envolvam diretamente essa tipologia de movimento de massa. As corridas de massa são frequentes no Meio Tropical Úmido e no território brasileiro, com diversos casos abordados pela literatura, em especial em Santa Catarina e no Rio de Janeiro, porém no Estado de São Paulo, até o momento, os casos envolvendo corridas de massa ocorreram em áreas rurais ou particulares, afetando pouco o ambiente urbano e resultando em poucas ações judiciais.

O recorte de análise da tese, focado nas ações judiciais examinadas pela 1ª Câmara Reservada ao Meio Ambiente, também pode ter restringido a análise de processos judiciais utilizando esse termo, uma vez que a atuação da respectiva câmara é recente, reduzindo o recorte temporal, e uma grande parte das ações judiciais envolvendo áreas de risco tramitam em outras câmaras da Seção de Direito Público, por exemplo, por envolverem ações de ressarcimento de danos materiais, morais ou direitos como auxílio-moradia.

4.2.2.2. RECALQUE

CONCEITO SOB A VISÃO DA GEOMORFOLOGIA

O termo “recalque” é bastante utilizado em estudos técnicos aplicados em engenharia civil, geologia de engenharia, geotecnia e geomorfologia. A pesquisa bibliográfica resultou em maior número de definições para esse termo em língua portuguesa, ao passo que a correspondência em língua inglesa apresentou maior dificuldade, já que a definição desse termo em inglês se confunde com outros conceitos como o de compactação e de assentamento, que designam processos geomorfológicos distintos (Tabela 34).

Tabela 34 - Termo "recalque" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

Inglês	<i>Settlement, Consolidation</i>
Francês	<i>Affaissement, Compactage</i>
Espanhol	<i>Asentamiento</i>
Italiano	<i>Compattazione</i>
Alemão	<i>Absenkung, Verdichtung</i>

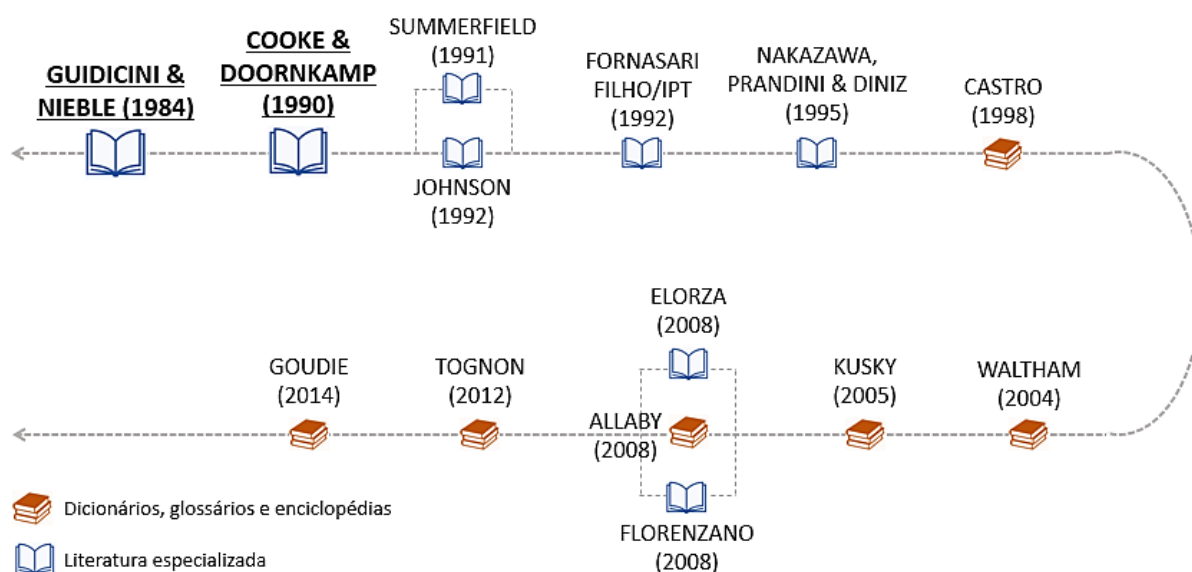
Fonte: Hutchinson (1968), Elorza (2008) e Tognon (2012).

Cabe especial destaque ao conceito de subsidência, já que se trata de conceito amplo envolvendo o rebaixamento da superfície, resultante de processos diversos, naturais e antropogênicos, como a dissolução de rochas carbonáticas, a extração em grandes quantidades de água subterrânea, petróleo e gás, e a aplicação de carga sobre solos

colapsáveis. Compreendido sob essa ótica, o termo subsidência abrangeria, também, o conceito de recalque, este último compreendido enquanto resultado ou efeito do primeiro sobre estruturas e edificações antrópicas (HUTCHINSON, 1968; GUIDICINI; NIEBLE, 1984). Por esse motivo, as definições dos dois termos são abordadas nesse subcapítulo, iniciando-se pelo termo “subsidência”, por tratar-se de conceito mais amplo.

A bibliografia consultada para levantamento e sistematização das definições do termo “subsidência” é retratada na Figura 42. As referências selecionadas, diante de sua aderência ao entendimento do termo nessa pesquisa, encontram-se listadas na Tabela 35.

Figura 42 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "subsidência"



Fonte: Elaborado pela autora
Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 35 - Definição dos termo “subsidência” de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
GUIDICINI & NIEBLE (1984)	“Ao se lidar com subsidências , está se tratando de movimentos para os quais não há frente livre e nos quais o deslocamento, vertical, se efetua com componente horizontal nula ou praticamente nula. [...] Subsidências são a expressão, em superfície, do efeito do adensamento ou aprofundamento de camadas, consequências da remoção de alguma fase sólida, líquida ou gasosa do substrato. Esta remoção pode ocorrer por processos naturais ou ser produtos da atividade humana. Afetam geralmente regiões relativamente extensas, apesar de isso não ser condição necessária, e se diferenciam dos desabamentos pela ausência de estruturas de colapso (abatimentos, furos, etc.). Entre as causas geradoras podem-se citar: ação erosiva de águas subterrâneas, exploração de depósitos petrolíferos e de gás, trabalhos de mineração, efeito da alteração de sedimentos turfosos em condições anaeróbias, efeito de fusão de massas de gelo enterradas, ação de vibrações sobre sedimentos inconsolidados.” (p. 45).

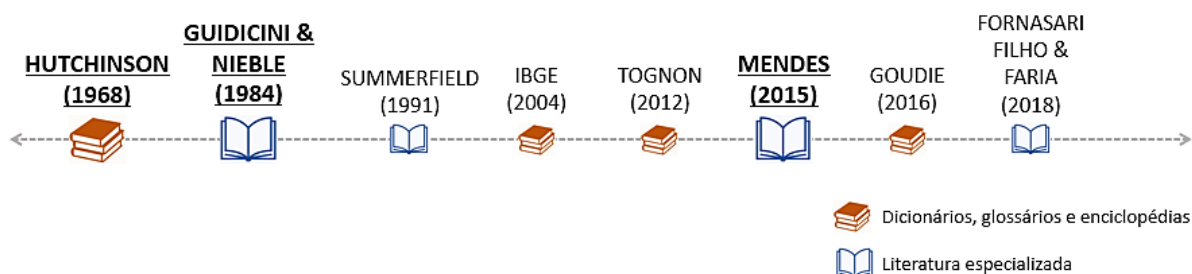
Referência	Definição
COOKE & DOORNKAMP (1990)	<p data-bbox="448 271 1442 801"><i>“In a sense, ground-surface subsidence may be considered as the limiting case of slope failure, in which movement is vertically downwards under the influence of gravity, and usually limited lateral movement is a consequence of it. The subsidence system may be described very simply. The ground surface is maintained at an equilibrium which represents a balance between various stresses that are applied to the materials of the earth’s crust and the resistance of those materials. The equilibrium can be disturbed so that the surface subsides, as a result of a relative increase in downward-directed stresses, a decrease in the strengths or support of crustal materials, or a combination of both. For subsidence to occur, the balance between local stresses must be disturbed. The nature of subsidence will reflect the nature of changes responsible for disruption, and the ways in which materials respond. The causes are many, and varied; the response likewise. As a result, subsidence may be local or regional; rapid or gradual; it may involve fracture or deformation; it may or may not be predictable, avoidable or reversible.” (p. 129).</i></p> <p data-bbox="448 831 1442 1317">Tradução nossa: De certo modo, a subsidência da superfície pode ser considerada como um caso limitado de colapso de vertente, no qual o movimento é verticalmente para baixo sob a influência da gravidade, e usualmente o movimento lateral limitado é uma consequência disso. O sistema de subsidência pode ser descrito de forma simples. A superfície do solo é mantida em equilíbrio que representa o balanço entre várias tensões que são aplicadas nos materiais da crosta terrestre e a resistência desses materiais. O equilíbrio pode ser perturbado de forma que a superfície venha a subsidir, como resultado do aumento relativo de forças direcionadas para baixo, um decréscimo na resistência e suporte dos materiais crustais ou uma combinação de ambos. Para a subsidência ocorrer, o balanço entre as tensões locais deve ser perturbado. A natureza da subsidência irá refletir a natureza das mudanças responsáveis pela disrupção, e as maneiras com as quais os materiais respondem. As causas são muitas, e variadas; as respostas igualmente. Como resultado, a subsidência pode ser local ou regional; rápida ou gradual; pode envolver fratura ou deformação; pode ser ou não previsível, evitável ou reversível.</p>
JOHNSON (1991)	<p data-bbox="448 1346 1442 1570"><i>“Subsidence (land surface sinking) is a phenomenon that occurs in many parts of the world. The subsidence results from the heavy withdrawal of ground water, geothermal fluids, oil, and gas; the extraction of coal, sulphur, and other solids through mining; the hydro-compaction of sediments; oxidation and shrinkage of organic deposits; the catastrophic development of sinkholes in karst terrain, and other phenomena.” (p. 7).</i></p> <p data-bbox="448 1592 1442 1794">Tradução nossa: A subsidência (afundamento da superfície) é um fenômeno que ocorre em muitas partes do mundo. A subsidência resulta da pesada remoção de água subterrânea, fluidos geotermiais, óleo e gás; a extração de carvão, enxofre e outros sólidos através da mineração; a hidrocompactação de sedimentos; a oxidação e encolhimento de depósitos orgânicos; o desenvolvimento catastrófico de dolinas em terrenos cársticos, e outros fenômenos.</p>
NAKAZAWA, PRANDINI & DINIZ (1995)	<p data-bbox="448 1823 1442 1973"><i>“Afundamentos da superfície de terrenos podem ocorrer a partir de diferentes mecanismos e condições do meio físico: em áreas cársticas, por adensamento de solos moles ou solos colapsíveis, colapsíveis em escavações subterrâneas, e extração de bens minerais líquidos, como água ou petróleo, entre outros.” (p. 101).</i></p>

Referência	Definição
FORNASARI FILHO et al./IPT (1992)	“O processo de subsidiência consiste na deformação ou deslocamento de direção essencialmente vertical ou descendente, geralmente verificada através de afundamentos de terrenos. Para efeito deste estudo, o termo subsidiência inclui o colapso, que corresponde a movimento brusco de terreno, e a subsidiência propriamente dita, que é mais lenta. [...] subsidiência decorrente de causas naturais, como: resultado da dissolução de rochas (carstificação) como calcários, dolomitos, gipsita, sal; acomodação de camadas do substrato pelo seu próprio peso ou por pequena movimentação segundo planos de falhas, entre outros. Subsidiências aceleradas pela ação humana ocorrem com bastante frequência, como no bombeamento de águas subterrâneas e recalques por peso de estruturas.” (p. 133)
WHALTAM (2004)	<p>“Ground subsidence occurs only in specific environments, where any of three distinctive processes can occur. Compaction of porous and deformable clay, peat or silt causes surface subsidence as the soils restructure with declining pore space, normally accompanied by abstraction or expulsion of interstitial ground water. Collapse or deformation of the ground into natural caves occurs mainly in limestone, gypsum and basalt, and comparable dissolution occurs on salt.” (p. 1.021).</p> <p>Tradução nossa: A subsidiência do solo ocorre apenas em ambientes específicos, nos quais qualquer de três processos distintos podem ocorrer. A compactação de argilas porosas e deformáveis, turfa ou silte causa subsidiência da superfície conforme os solos se reestruturam com a diminuição do espaço entre os poros, normalmente acompanhado pela supressão ou expulsão da água intersticial. Colapso ou deformação do solo em cavernas naturais ocorre principalmente em calcários, gesso e basaltos, e dissoluções comparáveis ocorrem em sais.</p>

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

A bibliografia consultada para levantamento e sistematização das definições do termo “recalque” é retratada na Figura 43. As referências selecionadas, diante de sua aderência ao entendimento do termo nessa pesquisa, encontram-se listadas na Tabela 36.

Figura 43 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "recalque"



Fonte: Elaborado pela autora
Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 36 - Definição do termo “recalque” de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
HUTCHINSON (1968)	<p><i>“Settlement. (a) Consolidation. In a saturated soil, the superimposed load is carried partly by the soil structure and partly by the fluid, usually water, which fills the pore spaces. As the pore water is relatively incompressible in comparison with the soil structure, any load increment is carried, initially, by the liquid phase of the soil-water system. The excess pore-water pressures, which are thus set up, initiate a drainage process which effects their gradual dissipation, at a rate controlled largely by the permeability of the loaded soil. This transfers an increasing proportion of the incremental stresses to the soil structure which compresses accordingly, producing a surface settlement. This process, which is termed consolidation, is of chief importance in soils, such as soft clay, with a highly compressible structure (Terzaghi & Peck, 1948). [...] It is also frequently caused by man-made structures and fills.” (p. 695).</i></p> <p>Tradução nossa: Assentamento. (a) Consolidação. Em um solo saturado, a carga superposta é suportada em parte pela estrutura do solo e em parte pelo fluido, usualmente água, que preenche os espaços dos poros. Conforme a água nos poros é relativamente não compressível em comparação com a estrutura do solo, qualquer incremento na carga é suportado, inicialmente, pela fase líquida do sistema solo-água. O excesso de pressões da água intersticial inicia um processo de drenagem que tem como efeito a gradual dissipação, em uma taxa controlada principalmente pela permeabilidade do solo sobrecarregado. Isso transfere uma proporção cada vez maior de tensões incrementais à estrutura do solo, que comprime de acordo, produzindo o assentamento da superfície. Esse processo, que é denominado consolidação, é de grande importância em solos, como argilas moles, com uma estrutura altamente compressível. É também frequentemente ocasionado por estruturas antrópicas e aterros.</p>
GUIDICINI & NIEBLE (1984)	<p>“Recalques são definidos como sendo movimentos verticais de uma estrutura provocados pelo próprio peso ou pela deformação do subsolo por outro agente. Recalques se diferenciam das subsidências propriamente ditas por envolverem, via de regra, áreas substancialmente menores e pelo fato de as áreas de subsidência não serem necessariamente portadoras de edificações capazes de deformações verticais.” (p. 46).</p>
SUMMERFIELD (1991)	<p>Settlement usually arises from the lowering of water tables and is most dramatically illustrated in areas where there has been oil drilling or large-scale abstraction of ground water for irrigation. Settlement can also occur naturally where the volume of poorly compacted materials is decreased by the addition of water (hydrocompaction) or by vibrations such as those generated by earthquakes.” (p. 174).</p> <p>Tradução nossa: O assentamento geralmente surge a partir do rebaixamento do nível d’água e é mais dramaticamente ilustrado em áreas onde ocorreu retirada de óleo ou de água subterrânea em larga escala para irrigação. O assentamento também pode ocorrer naturalmente onde o volume de materiais mal compactados é reduzido pela adição de água (hidrocompactação) ou por vibrações como aquelas geradas por terremotos.</p>
IBGE (2004)	<p>“Recalque: Movimento vertical de uma estrutura, provocado pelo próprio peso ou devido à deformação do subsolo por outro agente, tal como remoção do confinamento lateral, efeito de bombeamento de água e efeito do rebaixamento generalizado do lençol freático. (p. 276).</p>

Referência	Definição
TOGNON (2012)	“ Recalque. Abatimento do solo causado por alteração volumétrica através de processos de compressão ou contração. O recalque do solo causado por carga pode ser classificado em três categorias: recalque elástico ou imediato, por adensamento primário e por compressão secundária.” (p. 165).
MENDES (2015)	“Recalque é o termo usado em engenharia civil para designar o fenômeno que ocorre quando uma edificação sofre um rebaixamento devido ao adensamento do solo (diminuição dos seus vazios) sob sua fundação.” (p. 87). “O termo subsidência ou adensamento é utilizado na engenharia geotécnica para expressar ou representar a diminuição de volume dos solos sob ação de cargas aplicadas. A subsidência ou adensamento é o fenômeno pelo qual os recalques ocorrem com expulsão da água dos vazios (poros) dos solos saturados. Logo, a evolução do adensamento (ou recalque) com o tempo irá depender do tipo de solo.” (p. 93).

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

As definições do termo “subsidência” apresentam em comum, de modo geral, a caracterização desse processo geomorfológico como o rebaixamento vertical da superfície em função de processos naturais no subsolo, com destaque à dissolução cárstica, ou por causas antrópicas, ressaltando a extração excessiva de água subterrânea, petróleo e gás, e a aplicação de carga. Alguns autores destacam as variações na velocidade do processo, que pode ser gradual ou súbita, resultando nos colapsos; e as variações na escala espacial, com dimensões locais ou ocupando extensas áreas.

Em relação ao termo “recalque”, as definições de Guidicini e Nieble (1984) e IBGE (2004) são similares, atribuindo-o ao rebaixamento vertical das estruturas, como resposta ao processo de adensamento ou compactação, pela aplicação de peso ou pela ação de outros agentes, dentre os quais, as intervenções antrópicas.

A definição de Guidicini e Nieble (1984) ressalta, ainda, a diferença em relação ao termo “subsidência”. Na proposta dos autores, os recalques são restritos a áreas menores, em comparação com as subsidências, que podem se estender por áreas mais amplas. Adicionalmente, a ocorrência dos recalques está condicionada à existência de edificações e estruturas a serem deformadas, ao passo que a subsidência ocorre generalizadamente, em áreas com ou sem ocupação antrópica.

Mendes (2015) utiliza, também, o termo recalque diferencial, muito citado na literatura técnica especializada da engenharia de geologia, geotecnia e engenharia civil. De acordo com o autor, esse termo pode ser definido como a diferença entre os recalques de dois elementos de fundação de uma mesma estrutura ou edificação, demonstrando a diferença na magnitude das deformações.

As definições de Hutchinson (1968), Cooke e Doornkamp (1990), Guidicini e Nieble (1984) e Mendes (2015) são aquelas que mais se aproximam da compreensão do conceito na presente tese e foram utilizadas como base em sua definição, conforme apresentado no item a seguir.

DEFINIÇÃO RECOMENDADA DO CONCEITO

A subsidência consiste no movimento vertical descendente da superfície como resposta à ocorrência de processos diversos abaixo desta, naturais ou resultantes de atividades antrópicas. O rebaixamento da superfície é uma resposta ao incremento das forças atuantes nos materiais, à redução da resistência realizada por estes ou uma somatória de ambos. As forças atuantes consistem na força gravitacional, exercida pelo peso dos materiais sobrepostos, e a atuação da água intersticial, exercendo pressão entre os grãos dos sedimentos (COOKE; DOORNKAMP, 1990).

Nesse sentido, as características dos materiais atuam como principais fatores de predisposição à ocorrência do movimento, que pode ser lento ou gradual, dependendo de tais características. São importantes as seguintes propriedades: a compressibilidade do material, sua permeabilidade, seu comportamento elástico (permite que o material retorne ou não ao seu estado original após a compressão), o grau de saturação, a quantidade de minerais de argila e a porosidade do material. Essa última é especialmente importante, já que o rebaixamento ocorre reduzindo a proporção de vazios no solo e promovendo mudanças em suas propriedades (COOKE; DOORNKAMP, 1990).

Além das características dos materiais, são fatores igualmente importantes na predisposição e deflagração desse processo: a quantidade total de força aplicada, sua duração e frequência (COOKE; DOORNKAMP, 1990).

Dentre as causas naturais, destacam-se: (i) a dissolução de rochas carbonáticas; (ii) a erosão interna e o desenvolvimento do processo de *piping*; (iii) a ação do próprio peso exercido pelas camadas de sedimento; (iv) a atividade vulcânica e deformações tectônica; (v) o derretimento da camada de permafrost; e (vi) ocorrência de vibrações, produzidas por terremotos (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; COOKE; DOORNKAMP, 1990).

As atividades antrópicas podem gerar ou acelerar o processo de subsidência, por meio: (i) da extração de quantidades elevadas de água subterrânea, óleo e gás; (ii) a aplicação de grande carga por edificações e estruturas; (iii) vibrações, produzidas por explosões, por exemplo (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; COOKE; DOORNKAMP, 1990)

O movimento pode ser brusco, caracterizando os colapsos, ou gradativo, dependendo das causas, das características dos materiais e da atuação de outros fatores que podem contribuir no aumento da velocidade, como o vazamento de dutos da rede coletora de água. Alguns sinais de sua ocorrência podem ser observados, permitindo a adoção de medidas de contenção e mitigação, como o surgimento de rachaduras, vidros quebrados, portas emperradas, canos rompidos e pisos colapsados em edificações, e depressões, fissuras e áreas permanentemente alagadas em áreas rurais ou mais afastadas.

Os danos associados a este processo geomorfológico podem ser significativos às edificações e estruturas antrópicas, quando em áreas habitadas, promovendo rupturas nas redes de abastecimento e em redes de irrigação, fissuras e abatimentos em rodovias, mudanças nas condições da rede de drenagem superficial, condenando prédios e estruturas e aumentando a suscetibilidade a inundações.

O rebaixamento vertical de edificações e demais estruturas em resposta ao adensamento e compactação do solo é denominado de recalque (Figura 44). Esse efeito ocorre igualmente em decorrência da aplicação de peso sobre esses materiais ou pela ação de outros agentes, antropogênicos e naturais. Como descrito em relação ao conceito de subsidência, os recalques nas edificações e estruturas podem ser provocados pelo rebaixamento do solo em decorrência: (i) da extração de água subterrânea, óleo, carvão, sal, gás ou outros recursos minerais por atividades antrópicas; (ii) o rebaixamento generalizado do lençol freático; (iii) remoção do confinamento lateral por escavações nas proximidades; e (iv) pela ação do próprio peso aplicado (COOKE; DOORNKAMP, 1990; MENDES, 2015).

Figura 44 - Exemplo de recalque em edifícios na cidade de Santos - SP

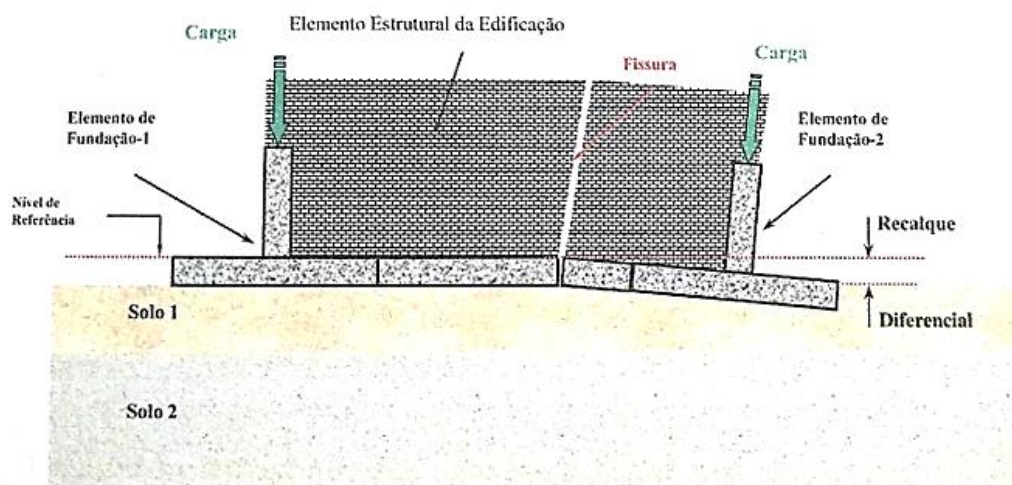


Fonte: Retirado de Mendes (2015)

As características dos materiais são fatores fundamentais na predisposição do solo ao recalque, tal qual citado em relação ao processo de subsidência, dentre os quais destaca-se a porosidade. A água atua como principal agente de deflagração, em conjunto com o peso aplicado, pois promove o rompimento das ligações entre as partículas do solo, que conferiam resistência aos materiais. A água pode ser proveniente da infiltração da precipitação no solo, mas também do rompimento e vazamento de dutos (COOKE; DOORNKAMP, 1990; MENDES, 2015).

Pode igualmente ocorrer de maneira brusca ou gradual, dependendo das características do solo e da quantidade de peso aplicado, assim como o tempo de estabilização da superfície afetada. Dentre os danos resultantes do recalque de edificações e estruturas, destaca-se a formação de rachaduras, superfícies inclinadas, vidros quebrados e, em última instância, edificações condenadas. A movimentação desigual em uma mesma edificação, rebaixada em um local e não em sua totalidade, é denominada recalque diferencial, cuja manifestação em superfície é geralmente através de rachaduras e trincas no limite entre a área rebaixada e a não movimentada (Figura 45)(COOKE; DOORNKAMP, 1990; MENDES, 2015).

Figura 45 - Esquema ilustrativo de recalque diferencial



Fonte: Retirado de Mendes (2015)

Nesse sentido, o termo “recalque” está inserido no conceito de subsidência, mais abrangente, enquanto resposta das edificações e infraestruturas à movimentação descendente da superfície, em função do processo de subsidência (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; COOKE; DOORNKAMP, 1990).

COMO O CONCEITO É APROPRIADO NOS PROCESSOS JUDICIAIS

Foram selecionados 17 trechos contendo o termo “recalque” a partir da leitura e sistematização das ações judiciais analisadas. Mais da metade dos trechos foi extraído de pareceres técnicos (71%), enquanto o restante se distribuiu entre documentos não técnicos, como petições iniciais (18%), contestação (6%) e sentenças e decisões (6%). Não foram extraídos trechos de laudos periciais.

A partir da leitura dos trechos selecionados, e confrontando com a definição proposta no subcapítulo anterior, é possível observar que o termo “recalque” é utilizado na maioria dos casos como sinônimo de “subsidência”, inclusive em pareceres técnicos, referindo-se ao rebaixamento da superfície. O termo “subsidência” não foi verificado nas ações judiciais.

Por outro lado, em alguns casos, observou-se a diferenciação entre o termo “recalque” usado para referir-se aos efeitos nas edificações, e termos como “abatimento do terreno”, “assentamento”, “adensamento” e “compactação”, para caracterizar a movimentação da superfície, inclusive em documentos não técnicos. O trecho abaixo, extraído de parecer técnico inserido na ação judicial da Comarca de São Paulo, referente a ocorrência de recalques em prédios educacionais e moradias, em decorrência de adensamento de aterro realizado sobre antiga lagoa, ilustra a utilização combinada dessa terminologia, em um sentido próximo ao adotado nessa pesquisa.

“Considerando-se as condições atuais de seu relevo, conclui-se que a operação de disposição de resíduos praticada no local, tendo como objetivo o aterramento de ‘lagoas’, foi realizada até o seu nivelamento com as condições topográficas da região. Desta forma, apesar de não haver riscos de deslizamentos significativos dos

*materiais depositados, por não se tratar de um aterro 'vertical' com camadas sobrepostas, pode contudo ocorrer ao longo do tempo **riscos de recalque devido ao assentamento (rebaixamento) decorrente do adensamento (compactação)** das massas de resíduos e de terra, podendo provocar o aparecimento de rachaduras em construções edificadas sobre este local e comprometer a segurança de seus ocupantes ou usuários." (Processo Judicial nº 0038582-27.2011.8.26.0053, Comarca de São Paulo, 7ª Vara da Fazenda Pública, Parecer técnico, f. 693, grifo nosso).*

4.2.2.3. CONSIDERAÇÕES SOBRE A TERMINOLOGIA ASSOCIADA AOS MOVIMENTOS DE MASSA

Para avaliação geral da apropriação dos termos associados aos movimentos de massa nos processos judiciais analisados, cabe retomar as questões iniciais apresentadas na metodologia da presente pesquisa:

- Qual é a compreensão dos termos nas ações judiciais? Ela é compatível ou se distingue daquela da geomorfologia?

A geomorfologia se baseia no tripé de investigação das morfologias (formas), dos materiais e processos geomorfológicos (morfodinâmica). Nesse sentido, os movimentos de massa e seus respectivos tipos são abordados na literatura geomorfológica sob essa ótica, distinguindo os diferentes materiais, os mecanismos atuantes e o papel da morfologia das vertentes, em termos de suas propriedades morfométricas e morfológicas; que condicionam, explicam e influenciam na magnitude, nas taxas e nos danos associados a estes processos geomorfológicos.

A previsão de processos geomorfológicos é um dos principais objetivos da geomorfologia aplicada e, para tal, é necessário que a compreensão das relações entre formas, materiais e processos seja abarcada em sua totalidade, principalmente no que tange aos movimentos de massa. Por isso o esforço de classificação e aprimoramento das propostas de taxonomia desses processos faz-se fundamental, visando dar mais elementos à compreensão das causas e sobretudo, à previsão de novas ocorrências no espaço, no tempo e em relação aos danos potenciais.

O que se observou a partir da análise dos processos judiciais selecionados foi uma utilização genérica dos termos envolvendo os movimentos de massa, inclusive nos pareceres técnicos e laudos periciais, com algumas exceções. Nesse sentido, predominaram os termos genéricos como “deslizamentos”, “desmoronamentos” e a compreensão genérica do termo “escorregamentos”, sobretudo nas peças judiciais não técnicas. Por outro lado, termos mais precisos, como “movimento de massa”, “queda de blocos”, “corridas de massa” e as categorias de “escorregamento”, como rotacional e translacional, ficaram mais restritos aos documentos técnicos, como pareceres e laudos periciais.

Foram poucos os casos observados nos quais ocorreu um esforço de classificação do movimento de massa, em termos de sua tipologia, materiais envolvidos e mecanismos. Esses esforços se concentraram, predominantemente, nos pareceres técnicos de institutos de

pesquisa e órgãos governamentais como o Instituto Geológico e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

Poucos foram, também, os laudos periciais que entraram nesse mérito. Esse ponto, no entanto, é relativo, diante do reduzido número de perícias desenvolvidas envolvendo movimentos de massa, já que na maior parte dos casos, os pareceres técnicos acostados nos Autos foram considerados suficientes pelo juiz para solução do caso, principalmente no âmbito dos inquéritos civis conduzidos previamente à instauração das ACPs.

Ainda assim, cabe destacar que a forma genérica com a qual os movimentos de massa são abordados nos casos, geralmente referidos como “deslizamentos”, “deslizamentos de terra” ou “escorregamentos” (nesse sentido, entendido como termo genérico, conforme verificado em algumas referências bibliográficas), sem caracterizações mais detalhadas de seus mecanismos, pode resultar em conclusões igualmente genéricas sobre suas causas, responsabilidades e formas de prevenção, temas que são normalmente os objetos de litígio dessas ações judiciais.

Além das falas genéricas acerca dos mecanismos em operação nos movimentos de massa, foram observados argumentos igualmente genéricos sobre as formas das vertentes e sua influência na ocorrência de tais movimentos. Por exemplo, ao tratar da declividade da vertente ou de um talude, comenta-se muito em termos qualitativos, por meio de expressões como “declividade acentuada” ou “alta declividade”. Porém em poucas ocasiões é apresentada quantificação dessa declividade, em ângulo ou em porcentagem.

Apesar disso, a questão morfométrica é bastante ressaltada. A declividade é a mais citada dentre as variáveis morfométricas, presente em todas as peças judiciais analisadas, apresentando uma relação direta entre esta característica e a suscetibilidade aos movimentos de massa. Já em relatórios técnicos, outros fatores são citados, como a morfologia das vertentes (curvatura, concavidades e convexidades) e o comportamento do escoamento superficial nesses contextos. Já em relação aos materiais, são ainda mais raras as menções a essa propriedade, utilizando eventualmente termos genéricos como “terra”, “terra/solo fofo” e “argiloso”. Tais citações são, evidentemente, mais restritas aos pareceres técnicos e ao laudo pericial.

- O termo envolve o foco principal, ou seja, o mérito da ação judicial? Ou é algo secundário?

Foram observados dois tipos principais de ações judiciais envolvendo a terminologia dos movimentos de massa: aqueles motivados por uma ocorrência, como um escorregamento, e portanto dedicados à averiguação das causas e responsabilidades; e aqueles associados à políticas públicas desenvolvidas em áreas de risco de movimentos de massa, objetivando responsabilizar o poder público diante de sua omissão na ocupação urbana dessas áreas, e promover ações de realocação da população e mitigação dos riscos, por exemplo, por meio de liminares.

No segundo grupo, portanto, a terminologia de movimentos de massa foi observada predominantemente em segundo plano, já que o mérito das ações judiciais residia na

discussão da efetividade de políticas públicas envolvendo áreas de risco, execução e atendimento a TACs e mapeamentos de área de risco.

- Na ação judicial os termos são usados com ambiguidade? E na geomorfologia, pensada em si mesma e em relação com as demais disciplinas das ciências da terra, o termo possui uma definição ambígua?

A partir da análise realizada, foi observado que existe uma compreensão geral dos diferentes termos envolvendo movimentos de massa como sinônimos, em especial “deslizamentos” e “escorregamentos”, principalmente por agentes não especialistas/não técnicos, como advogados e juizes.

Da parte dos técnicos e especialistas, a utilização genérica desses termos, em especial “deslizamento”, representa uma maneira de não comprometimento em relação à explicação das características e gênese dos movimentos de massa, como os materiais e mecanismos envolvidos.

Apesar disso, essa utilização genérica pode ser apropriada e transposta às peças judiciais não técnicas, por vezes apresentando-se como senso comum, com objetivos específicos. Por exemplo, a utilização qualitativa do termo “declividade”, seguida de termos como “acentuada”, “grande” e “muito inclinada”, e sua associação direta à ocorrência dos movimentos de massa, foi encontrada no cerne de argumentações visando eximir a responsabilidade de algum agente, imputando à declividade e à precipitação como causas únicas do escorregamento, por exemplo, mesmo diante de inquéritos civis e documentos técnicos discutindo outras influências como principais fatores de deflagração, dentre os quais, as atividades antrópicas.

Verificou-se, também, que esse senso-comum e tais ambiguidades relacionadas aos movimentos de massa favorecem uma confusão, muitas vezes intencional, acerca da temporalidade e sucessão dos fatos, como observado, por exemplo, nos casos envolvendo rompimento de dutos de abastecimento público e a ocorrência de movimentos de massa. Nesses casos, verificou-se um complexo embate sobre qual fato teria antecedido, o rompimento dos dutos como fato desencadeador ou como resultado do movimento.

A terminologia envolvendo os movimentos de massa, bem como sua investigação, classificação e a compreensão de suas causas, é de fato complexa. Porém, a importância da precisão na utilização dos termos e da caracterização dos materiais e mecanismos envolvidos, é algo muito enfatizado pela geomorfologia, assim como pelas demais disciplinas das ciências da terra, diante de suas implicações diretas na previsão, prevenção e mitigação de tais riscos.

É evidente que, no âmbito de uma ação judicial e de uma perícia, acessar tal complexidade pode ser algo difícil, diante dos recursos limitados de tempo e financeiros, sobretudo aos peritos e especialistas envolvidos. Porém, como observou-se, essa complexidade e ausência de cuidado no emprego desses termos, favorece a utilização das ambiguidades e do senso-comum como estratégia para defender determinados interesses.

4.2.3. GRUPO III – INUNDAÇÃO

Esse universo de análise abrange os termos “inundação”, “cheia”, “enchente”, “enxurrada” e “alagamento”, que designam processos geomorfológicos, bem como o conceito de “tempo de retorno”, variável relacionada à magnitude e frequência dos eventos geomorfológicos, como os de inundação.

O levantamento desses termos se deu a partir da sistematização das ações judiciais, conforme descrito na metodologia, em especial das nove ações diretamente relacionadas ao tema de inundação, determinadas por meio da pesquisa de jurisprudência (Tabela 37).

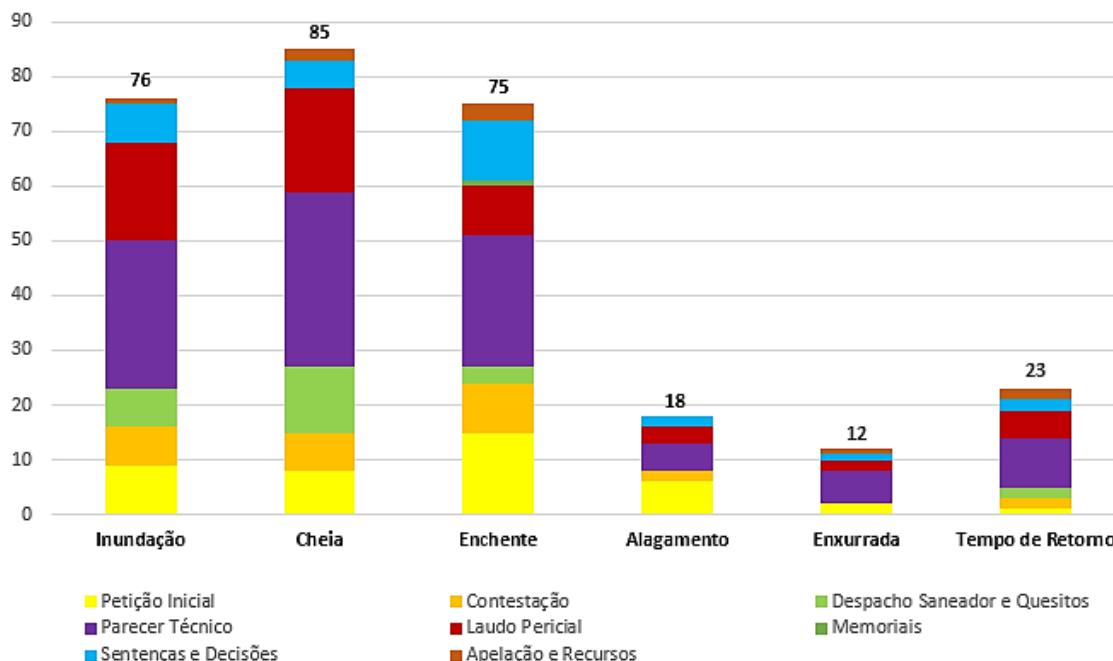
Tabela 37 - Ações judiciais selecionadas como amostragem da terminologia de inundação, com base na pesquisa de jurisprudência

Número do Processo	Comarca
0000524-68.2004.8.26.0418	Paraibuna (Foro de Paraibuna / Vara única)
0006463-21.2006.8.26.0495	Registro (Foro de Registro / 1ª Vara Cível)
0005220-57.2006.8.26.0587	São Sebastião (Foro de São Sebastião/ 2ª Vara Cível)
0010486-51.2010.8.26.0048	Atibaia (Foro de Atibaia / 2ª Vara Cível)
0005321.71.2011.8.26.0441	Peruíbe (Foro de Peruíbe / 2ª Vara Cível)
0049172-35.2011.8.26.0224	Guarulhos (Foro de Guarulhos / 2ª Vara da Fazenda Pública)
0000008-32.2012.8.26.0268	Itapeverica da Serra (Foro de Itapeverica da Serra/ 3ª Vara Cível)
0002896-38.2013.8.26.0300	Jardinópolis (Foro de Jardinópolis / 2ª Vara Cível)
0001023.66.2014.8.26.0300	Jardinópolis (Foro de Jardinópolis / 2ª Vara Cível)

Dada a característica complexa das ações judiciais envolvendo fenômenos do meio físico, que tangenciam as diferentes temáticas das ciências da terra, foram extraídos trechos também das ações judiciais dos outros universos de análise, como de erosão e assoreamento, complementando o levantamento de termos desse tema. Assim, foram selecionados, ao todo, 428 trechos contendo os termos citados acima e outros termos próprios ou relevantes para as ciências da terra.

Em relação a ocorrência dos termos “inundação”, “cheia”, “enchente”, “enxurrada”, “alagamento” e “tempo de retorno” nas ações judiciais selecionadas, constatou-se a priorização do termo “cheia”, por seu caráter mais genérico, sobretudo em documentos não técnicos das ações judiciais, como as petições iniciais, contestação e sentença. O termo “enxurrada” foi verificado apenas 12 vezes, ao passo que o termo “alagamento” ocorreu com maior frequência. Já o termo “tempo de retorno” foi utilizado 23 vezes, citado como tal ou por meio de outros termos e expressões designando a ideia de frequência e recorrência de fenômenos climatológicos e hidrológicos (Figura 46).

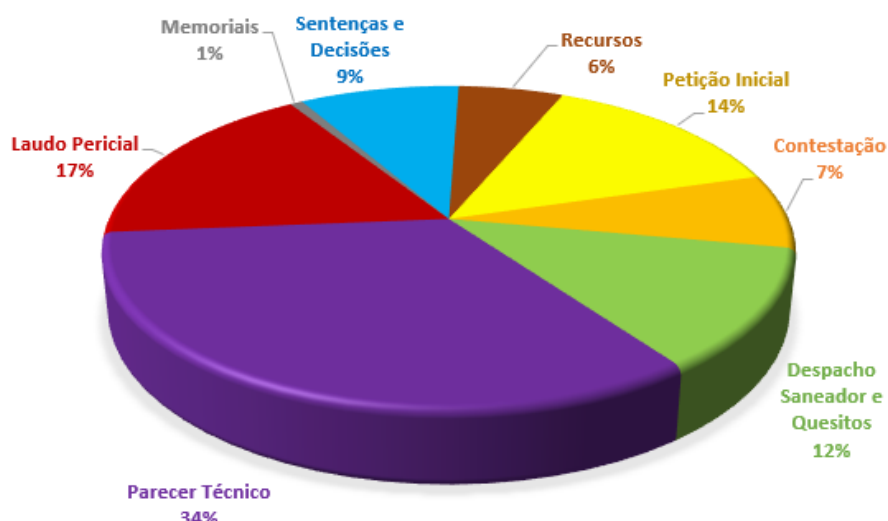
Figura 46 - Distribuição das ocorrências dos termos do universo de análise de inundação



Fonte: Elaborado pela autora

Em relação aos documentos ou peças judiciais das quais os termos foram extraídos, verificou-se o predomínio da utilização de tal terminologia em documentos técnicos, em especial dos termos “inundação” e “tempo de retorno”, com 51% dos termos extraídos, entre pareceres técnicos (34%) e laudos periciais (17%). Na sequência, as petições iniciais representaram 12% das ocorrências de tais termos, seguido dos quesitos apresentados pelas partes (autor e réu) ao perito e do Despacho Saneador, documento no qual o juiz estabelece o ponto contravertido da ação e designa a perícia (Figura 47).

Figura 47 - Proporção entre os tipos de peças judiciais a partir das quais foram extraídos os trechos do universo de análise de inundação



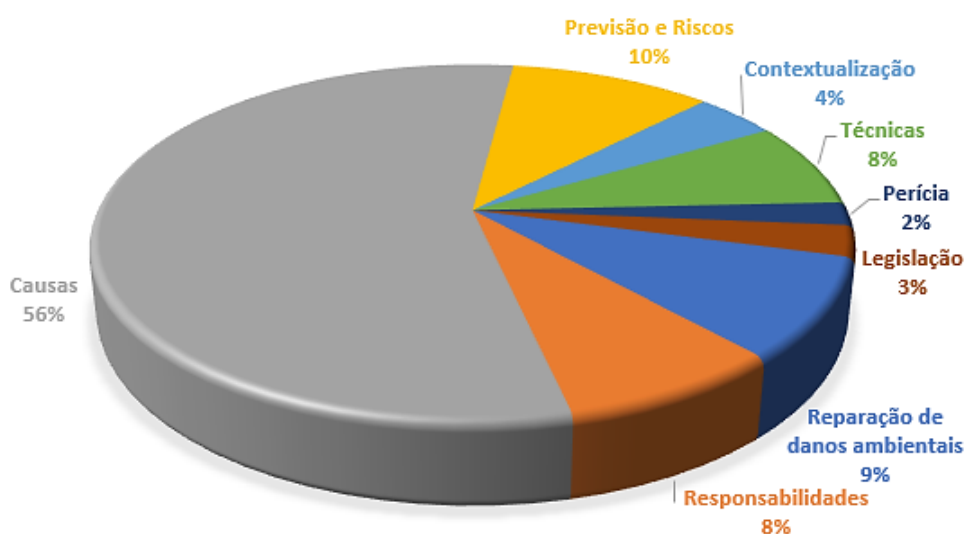
Fonte: Elaborado pela autora

Dentre os documentos não técnicos, as petições iniciais apresentam maior número de termos, possivelmente por serem instruídas por inquéritos civis, muitas vezes conduzidos

durante anos antes da instauração da Ação Civil Pública, de modo que diversos pareceres técnicos são produzidos e analisados pelo Ministério Público antes do início da ação judicial e apropriados para a redação da petição inicial desta.

A maior parte dos termos foi extraída de contextos associados à discussão das causas do evento de inundação ou dos danos ambientais ocasionados como resultado direto ou indireto desse. Os termos foram também extraídos de contextos de debates sobre os riscos de ocorrência de tais eventos e de adoção de medidas preventivas, assim como, de contextos associados à discussão das responsabilidades pelo dano ambiental, da qualificação profissional do perito, das técnicas utilizadas nos pareceres e laudos periciais e da qualidade da perícia realizada (Figura 48).

Figura 48 – Mérito (ou a causa de pedir) associada à utilização da terminologia de inundação



Fonte: Elaborado pela autora

4.2.3.1. CHEIA

CONCEITO SOB A VISÃO DA GEOMORFOLOGIA

O termo “*flood*”, em inglês, corresponde ao conceito de “cheia”, mas abarca, também, os processos de inundação, enchente e alagamento, como será discutido posteriormente. Na literatura de língua inglesa é comum, também, a utilização da expressão “*high waters*”. Já as línguas latinas, como o francês, o espanhol e o italiano, possuem termo próprio para designar esse processo geomorfológico e distingui-lo do conceito de inundação, ainda que na linguagem cotidiana esses termos sejam muitas vezes empregados como sinônimos (Tabela 38).

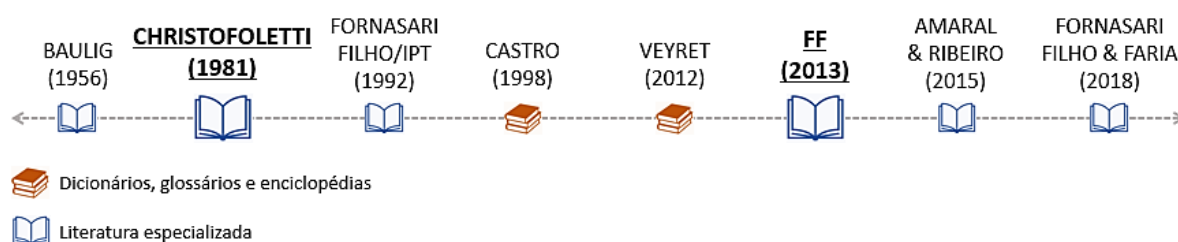
Tabela 38 - Termo "cheia" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

Inglês	<i>Flood</i>
Francês	<i>Crue</i>
Espanhol	<i>Crecida, Avenida</i>
Italiano	<i>Piena</i>
Alemão	<i>Hochwasser</i>

Fonte: Baulig (1956), Rasan et al. (1987), Elorza (2008), Parentti (informação pessoal), Höbling (informação pessoal).

As definições encontradas na literatura são mais esparsas, tendo em vista a definição desse termo basicamente na literatura em português, por apresentar significado distinto ao termo “inundação”. A bibliografia consultada para levantamento e sistematização das definições do termo é retratada na Figura 49. As referências selecionadas, diante de sua aderência ao entendimento do termo nessa pesquisa, encontram-se listadas na Tabela 39.

Figura 49 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "cheia"



Fonte: Elaborado pela autora
Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 39 - Definição do termo "cheia" de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
CHRISTOFOLETTI (1981)	“O estudo sobre as cheias abrange a análise das frequências relacionadas com os débitos mais elevados que anualmente ocorrem em determinada seção transversal. No presente trabalho, o designativo de cheia refere-se ao maior débito diário que ocorre em cada ano, independente do fato de causar ou não, inundação. Cada cheia, portanto, representa um evento anual.” (p. 56)
FF (2013)	“ Cheias : vazões de maior magnitude de um canal fluvial, podendo ou não implicar em transbordamento deste.” (p. 29).
AMARAL & RIBEIRO (2015)	“As enchentes ou cheias são definidas pela elevação do nível d’água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar.” (pág. 42)

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

É possível observar a partir das definições apresentadas acima, alguns pontos em comum, que ressaltam a cheia como um processo de acréscimo na vazão dos canais fluviais, sem que ocorra seu extravasamento, cuja periodicidade é anual, ou seja, tratando-se de processo frequente e não de evento excepcional. A velocidade do processo se dá de forma gradual (CHRISTOFOLETTI, 1981).

A maioria dos autores assinala a compreensão de que após o transbordamento do canal, tem-se a ocorrência do processo de inundação, não podendo denominá-lo como cheia. Nesse sentido, um evento de cheia pode implicar ou não na ocorrência de inundação, conforme definições de Christofolletti (1981) e FF (2013).

Apesar de citar a equivalência com o termo “enchente”, a definição de Amaral e Ribeiro (2015) se aproxima daquela dos demais autores, destacando o aumento da vazão até o ponto de transbordamento do canal, sem que o extravasamento ocorra, porém não aborda a periodicidade desse processo, ressaltada pelos demais.

As definições apresentadas foram retiradas da literatura de língua portuguesa. A literatura em língua inglesa não apresenta termo específico para designar esse processo, retratando o aumento do nível da água por meio de expressões relacionadas à vazão (“*high/increased discharge*” ou “*high waters*”). Ainda assim, verifica-se em tal literatura a importância atribuída à diferenciação entre os fluxos limitados ao interior do canal (*inner-bank*) e após o transbordamento do canal (conceitos como “*overbank flow*” e “*overbank stage*”) e do estudo dos efeitos promovidos por tais fluxos no sistema geomorfológico.

Ou seja, apesar da discussão conceitual entre os termos “inundação”, “cheia” e “enchente” ser importante na literatura de língua portuguesa das ciências da terra, na língua inglesa ela também é realizada, ainda que esparsamente, por meio de termos derivados, já que a utilização do termo “*flood*” como conceito genérico torna essas diferenciações pouco necessárias.

Dentre as definições apresentadas aquelas que mais se aproximam da compreensão do termo nessa pesquisa são as de Christofolletti (1981) e FF (2013), utilizadas como base à definição do termo, apresentada a seguir. Adicionalmente, foram utilizadas as contribuições de Christofolletti (1974), Coque (1984), Hart (1986) e Cooke e Doornkamp (1990), não inseridas na tabela acima por não apresentarem uma definição propriamente dita, mas que abordam as causas e mecanismos atuantes nesse processo geomorfológico.

DEFINIÇÃO RECOMENDADA DO CONCEITO

A cheia consiste na elevação do nível d’água do canal fluvial, diante do incremento na sua vazão, sem, porém, que este supere as margens plenas que delimitam o canal, ou seja, sem transbordá-lo. O processo pode ocorrer de forma gradual ou não, ocorrendo com frequência, anualmente.

A cheia é resultante do aumento da quantidade de água no canal fluvial, expressa pelo volume transportado por esse agente, por meio do parâmetro da vazão fluvial. Tal parâmetro é função da velocidade do escoamento multiplicado pela área da seção transversal, dada em volume por unidade de tempo, usualmente em m^3/s . O aumento da vazão em eventos de cheia está normalmente associado à ocorrência de precipitações intensas e com duração suficiente na bacia hidrográfica, resultando no aumento dos fluxos do escoamento superficial e subterrâneo, que confluem ao canal fluvial (CHRISTOFOLLETTI, 1974, 1981; COOKE; DOORNKAMP, 1990).

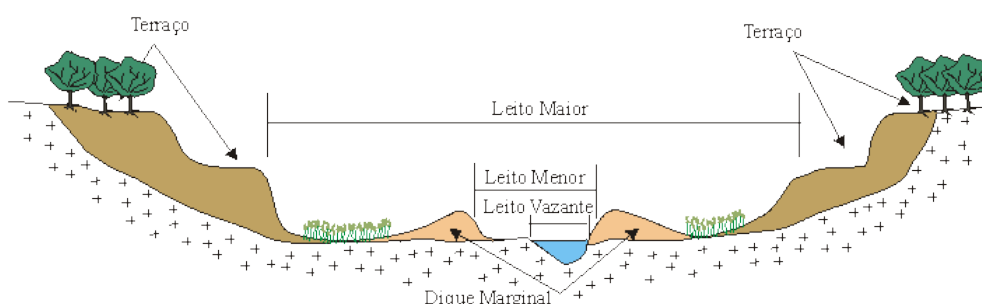
Uma vez que a velocidade do fluxo e a área da seção transversal influenciam na vazão, outros parâmetros relacionados à forma do canal fluvial são importantes na compreensão do regime fluvial (variação dos níveis das águas no decorrer do ano), tais como: a largura e a profundidade do canal, o raio hidráulico (proporção entre a área e o perímetro molhado do

canal), a rugosidade e a declividade do canal, seu perfil longitudinal e forma do canal, as características do fluxo e, finalmente, a carga transportada.

Com o aumento da vazão, durante os episódios de cheia, a seção transversal dos canais sofre ajustes, aumentando sua largura e profundidade, mas também a velocidade do fluxo e a carga transportada. Em particular, a carga apresenta acréscimo significativo, de forma que uma porção significativa da carga total de sedimentos transportada pelos cursos fluviais ocorre durante os eventos de cheia. Nesse sentido, é possível observar que existem relações de interdependência entre a vazão e as formas dos canais fluviais e os materiais transportados, mas também em relação aos processos atuantes.

A cheia é caracterizada pela elevação da vazão, sem que o nível d'água extravase o canal fluvial. Portanto, durante as cheias, apesar do incremento do fluxo, este limita-se ao leito menor do canal fluvial, que corresponde ao setor onde o fluxo possui frequência suficiente para não permitir o crescimento da vegetação, englobando o leito vazante, utilizado para escoamento das águas em níveis mais baixos. Esse setor é limitado pelas margens do canal fluvial, normalmente definidas por diques marginais, locais mais elevados e relativamente inclinados em direção à planície fluvial, em função da deposição de sedimentos durante episódios de inundação (Figura 50).

Figura 50 – Seção transversal esquemática e simplificada de um vale fluvial



Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter11.html>. Acesso em: 28/02/2018.

COMO O CONCEITO É APROPRIADO NOS PROCESSOS JUDICIAIS

O termo “cheia” ocorreu com grande frequência nos processos judiciais analisados, com 85 trechos selecionados, número superior a quantidade extraída em relação aos termos “inundação” e “enchente”.

Dentre essas ocorrências, novamente a maior parte se concentrou nos documentos técnicos, entre pareceres e laudos periciais, com 60% das citações. O despacho saneador e os quesitos apresentados pelas partes figuraram em segunda posição, com 14% dos trechos extraídos, seguidos da petição inicial e da contestação, com 9% e 8%, respectivamente. Por fim, foram extraídos trechos também das sentenças e decisões (5%) e da apelação e demais recursos (2%).

Nos pareceres técnicos a utilização do termo “cheia” se deu predominantemente para designar o processo de extravasamento do canal e ocupação da planície fluvial pelas águas

excedentes, substituindo o termo “inundação”, conforme definição apresentada no item anterior. Isso demonstrou que, apesar de se tratar de documentos técnicos, elaborados por especialistas nas áreas das ciências da terra e ciências ambientais, existe uma compreensão desses dois termos como sinônimos e uma preferência na utilização de termo mais genérico, no caso o termo “cheia”.

O trecho a seguir exemplifica essa compreensão, extraído de parecer técnico no âmbito de ação judicial em Registro, envolvendo a realização irregular de um dique às margens do rio Ribeira de Iguape.

*“Enquanto a capacidade de vazão decresce numericamente com a perda da declividade, a mesma cresce compensada pela maior seção transversal do leito, caracterizada pela pouca profundidade, mas de grande largura, o que é possível pela existência de imensas áreas junto às margens, que são as várzeas, também conhecidas como o leito maior, reservado pela natureza para a **acomodação das águas excedentes em períodos de cheias**, o que contribui para o abatimento dos **picos de cheia**. A várzea permite ainda a movimentação do seu leito, devido às peculiaridades da hidrodinâmica fluvial. A várzea é, portanto, fundamental para o equilíbrio de todo esse contexto na região dos cursos médio e baixo do Ribeira de Iguape.” (Processo Judicial nº 0006463-21.2006.8.26.0495, Comarca de Registro, 1ª Vara Cível, Parecer técnico, f. 287, grifo nosso).*

A ideia da periodicidade das cheias é destacada, também, nos trechos selecionados, por meio de expressões como “cheias mais frequentes”, “regime de cheias”, “época das cheias”, “cheias periódicas” e “cheias excepcionais”.

Foram poucos os casos nos quais peritos e especialistas buscaram definir o conceito de cheia. A ação judicial de Atibaia é ilustrativa desse esforço, pois a definição do conceito de cheia e a diferenciação com outros termos, como inundação, foram solicitadas já nos quesitos apresentados ao perito ambiental, conforme trechos extraídos a seguir. A ação judicial visa imputar as responsabilidades pela ocorrência das enchentes no município de Atibaia, na virada do ano de 2010 para 2011, e as contribuições da operação dos reservatórios do Sistema Cantareira no agravamento destas.

*“7.1. Esclareça o Sr. Perito, inicialmente **a diferença técnica entre cheia e inundação** nos termos convencionalmente usados na Ciência da Hidrologia, esta última no sentido de inundação de áreas urbanas e/ou residenciais.” (Processo Judicial nº 0010486-51.2010.8.26.0048, Comarca de Atibaia, 2ª Vara Cível, Quesitos do réu, f. 1.780, grifo nosso).*

*“**‘Cheias’ são fenômenos naturais de ocorrência repetitiva e esperada** numa bacia hidrográfica, que têm como causa a variabilidade temporal dos eventos de precipitação atmosféricas e conseqüente variabilidade dos caudais dos cursos d’água. **As cheias, em geral, ocupam o leito maior dos cursos d’água.** Por sua vez, as **‘inundações’** (em especial as das áreas urbanas) decorrem **não apenas dos eventos naturais de cheias, mas, sobretudo, da ocupação do leito maior dos rios, sistema de drenagem urbana, incremento significativo das áreas impermeabilizadas, aumento das fontes de erosões e de produção de sedimentos,***

entre outros.” (Processo Judicial nº 0010486-51.2010.8.26.0048, Comarca de Atibaia, 2ª Vara Cível, Laudo Pericial, f. 2866, grifo nosso).

“8.2. Esclareça o Sr. Perito se **transbordamento de rio é fenômeno além de natural e repetidamente esperado**, também ecologicamente desejado. Em outras palavras, diga o Sr. Perito **se rio existe, por sua própria natureza, para ser transbordado**, ou não. Em caso de resposta negativa, poderia esse Perito citar algum exemplo de rio que nunca transborda?” (Processo Judicial nº 0010486-51.2010.8.26.0048, Comarca de Atibaia, 2ª Vara Cível, Quesitos do réu, f. 1.781, grifo nosso).

“**Transbordamento de rio, no sentido de ocupação do seu leito maior, trata-se evidentemente de fenômeno natural repetitivo e esperado**. O mesmo não se podendo dizer a respeito de **inundações, as quais têm outras causas** conforme apontado na resposta ao quesito 7.1, retro.” (Processo Judicial nº 0010486-51.2010.8.26.0048, Comarca de Atibaia, 2ª Vara Cível, Laudo Pericial, f. 2.869, grifo nosso).

Nesse caso, a definição apresentada pelo perito ao termo “cheia”, envolvendo o transbordamento do canal fluvial e a ocupação da planície de inundação, equivale a definição proposta nessa pesquisa para o termo “inundação”, conforme apresentado no capítulo anterior. Por outro lado, a definição do perito ao termo “inundação”, se aproxima da compreensão nessa pesquisa do conceito de “alagamento”, como resultado também de deficiências na rede de drenagem urbana, cuja definição será apresentada posteriormente.

Os documentos não-técnicos das ações judiciais são evidentemente influenciados pelas compreensões existentes nos pareceres técnicos, apropriando-se de tais conceitos para construir suas argumentações. Tal fato é verificado especialmente nas Ações Civis Públicas que resultam de inquéritos civis, normalmente com grande número de pareceres técnicos de diversos órgãos e agentes, para formar a convicção do Ministério Público sobre a necessidade de instauração da ação judicial. Assim, verificou-se uma compreensão semelhante nos documentos não técnicos àquela atestada em relação aos pareceres técnicos, sobre a preferência na utilização do termo genérico “cheia” para designar o fenômeno da “inundação”. Expressões como “leito de cheia” demonstram essa compreensão, assim como a associação das cheias com a ocupação da várzea e do leito maior.

Como visto anteriormente, a questão da periodicidade também foi destacada, por meio das mesmas expressões: “regime de cheias”, “período de cheias” e “época das cheias”. Observou-se, também, um enfoque na magnitude desses eventos, por meio de expressões como “cheias violentas”, “cheias extremas”, “cheias excepcionais” e “cheias maiores”, conforme trecho, abaixo, extraído da Contestação de processo judicial da Comarca de Jardinópolis, versando sobre os danos associados à ocupação de APP de curso d’água para instalação de ranchos de veraneio e lazer.

“Provado ficará, quando da audiência de instrução, pela oitiva de engenheiros florestais, que a maior lesão ao meio ambiente, decorre não da ação benéfica quanto a presença do rancheiro nas áreas, mas quando do sobe e desce do rio Pardo, que devassa, todos os anos, cerca de cem metros da área marginal, ou seja,

com a cheia violenta [...] fulmina e mata toda a vegetação existente e, quando a água desce, a devastação é visível por todos, num processo anual que já dura mais de trinta anos.” (Processo Judicial nº 0001023.66.2014.8.26.0300, Comarca de Jardinópolis, 2ª Vara Cível, Contestação, f. 120, grifo nosso).

Nas decisões e sentenças, nos quesitos e peças recursais, ocorre a mesma compreensão, do termo “cheia” como sinônimo de “inundação” e o destaque à periodicidade do fenômeno. Isso está relacionado ao fato de que esses documentos muitas vezes repetem os argumentos e conceitos trazidos aos autos da ação judicial por pareceres técnicos, pelo laudo pericial e pela própria petição inicial e contestação, que motivam e apresentam os principais argumentos do processo judicial.

Vale a pena destacar, por fim, que nas decisões e sentenças nas quais o ponto de controvérsia refere-se diretamente ao conceito de “inundação”, “cheia” ou “enchente”, ocorre um maior esforço do juiz em especificar o conceito e estabelecer os seus limites, como observado no trecho abaixo, extraído de caso envolvendo a ocupação de APP de reservatório por edificação, e a sobreposição da área com decreto de desapropriação de faixa *non-aedificandi* decorrente da instalação do reservatório.

*“É bem sabido que existem restrições impostas às margens dos rios, para se **prevenir as cheias** e dar maior aproveitamento ao sistema elétrico. Foram construídos dois reservatórios na região, [...] exatamente para se conter o volume de água, característico do Rio Paraíba, **evitando-se enchentes** nas regiões do Vale daquele rio, [...]. Assim, a estipulação das cotas até onde não se pode invadir [...] foi estipulada entre 622 e 624. A primeira seria responsável por conseguir amortecer qualquer tipo de chuva. A outra, que é o objeto da ação [...] serve para sustentar as **vazões de pico**, em casos extremos. Assim, conclui-se ser imperativo que a cota de desapropriação fique disponível para o amortecimento da máxima vazão afluente.” (Processo Judicial nº 0000524-68.2004.8.26.0418, Comarca de Paraibuna, Vara Única, Sentença de 1º grau, f. 320/321, grifo nosso).*

4.2.3.2. INUNDAÇÃO

CONCEITO SOB A VISÃO DA GEOMORFOLOGIA

A terminologia em inglês utiliza o termo “*flood*” para designar, também, esse processo geomorfológico. Já as línguas francesa, espanhola e italiana, se assemelham a terminologia em português, com os termos “*inundation*”, “*inundación*” e “*inondazione*”, diferenciando-o do conceito de “cheia”. Essa terminologia, no entanto, varia com a fonte consultada, já que alguns autores apresentam outros termos como tradução, considerados como sinônimos dos conceitos de “cheia” e “enchente”, por exemplo.

Essa pluralidade de termos nas línguas latinas e a dificuldade de encontrar na literatura uma definição para cada conceito, é discutida posteriormente, nas considerações do subcapítulo (item 4.2.3.7). Por hora a Tabela 40, apresenta os termos encontrados na literatura ou obtidos por meio de comunicações pessoais.

Tabela 40 - Termo "inundação" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

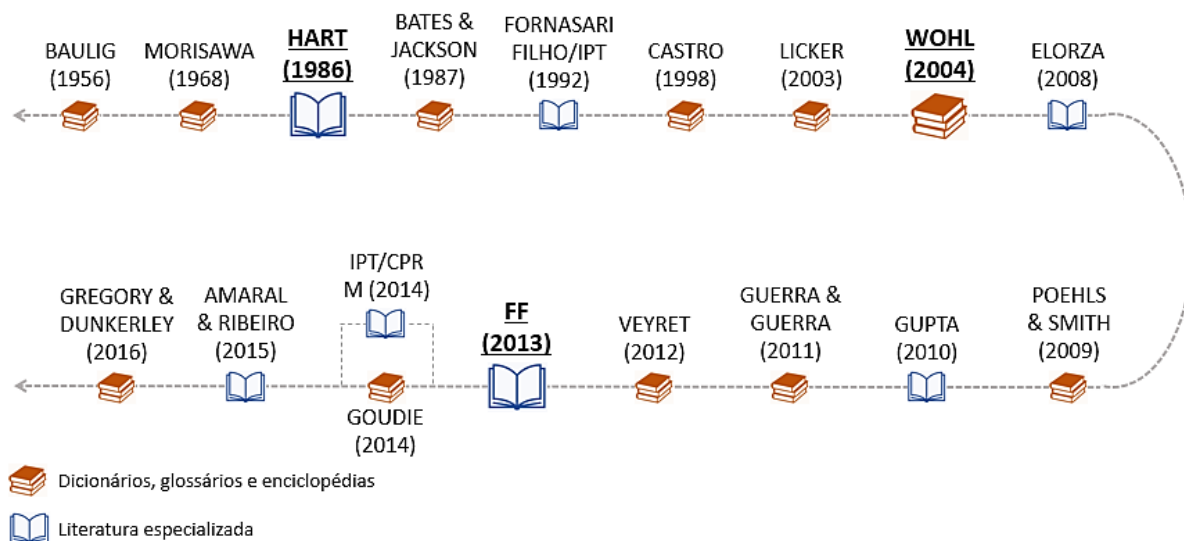
Inglês	<i>Flood</i>
Francês	<i>Crue, Inondation</i>
Espanhol	<i>Crecida, Inundación, Avenida</i>
Italiano	<i>Piena, Inondazione</i>
Alemão	<i>Überschwemmung, Überflutung, Flut</i>

Fonte: Suguio (1998), Rassin et al. (1987), Baulig (1956), García-Arnay (informação pessoal), Parentti (informação pessoal), Höbling (informação pessoal).

Existem diferentes definições e abordagens na literatura das ciências da terra para esse termo, que destacam aspectos distintos conforme a ênfase dada a um ou outro fator, tendo em vista a disciplina tratada. Existe, no entanto, uma compreensão comum, de que se trata de processo iminentemente natural de extravasamento das águas do canal fluvial, podendo ser intensificado por atividades antrópicas.

A bibliografia consultada para levantamento e sistematização das definições do termo é retratada na Figura 51. As referências selecionadas, diante de sua aderência ao entendimento do termo nessa pesquisa, encontram-se listadas na Tabela 41.

Figura 51 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "inundação"



Fonte: Elaborado pela autora
Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 41 - Definição do termo "inundação" de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
HART (1986)	<i>"A flood occurs when the capacity of a river channel is exceeded. [...] The flood brings increased discharge, high average velocities, high sediment discharges, large individual boulders, inundation of the flood plain, erosion of river channels and damage to farmland or property or both. [...] A number of physical characteristics of floods are important in considering the impact of flooding on man: the frequency of flooding, peak discharge, the total flood runoff discharge,</i>

Referência	Definição
	<p><i>the rate of discharge increase and decrease, the lag time, the area inundated, the velocity of flow, the duration of inundation, the depth of water, the sediment load of the flood, and the time of year when the flood occurs. A number of factors control these flood characteristics. Taking a world view, the two most common causes of flooding are high intensity rainfall and snowmelt, so that flooding is a seasonal occurrence in some climatic zones. Ground conditions are also important since infiltration capacity and antecedent soil moisture conditions will affect the conversion of precipitation to discharge.” (p. 148).</i></p> <p>Tradução nossa: Uma inundação ocorre quando a capacidade do canal fluvial é excedida. A inundação traz o aumento das vazões, altas velocidades médias, grande descarga de sedimentos, grandes blocos individuais, inundação da planície fluvial, erosão de canais fluviais e danos às fazendas e propriedades ou ambos. Várias características físicas das inundações são importantes na consideração do impacto das inundações sobre o Homem: a frequência de inundação, a vazão de pico, a descarga total de escoamento superficial, a taxa de aumento e decréscimo, o tempo de concentração, a área inundada, a velocidade do fluxo, a duração da inundação, o nível d’água, a carga de sedimentos e a época do ano na qual a inundação ocorreu. Inúmeros fatores controlam essas características das inundações. Olhando de modo global, as duas causas mais comuns das inundações são a precipitação de alta intensidade e o derretimento do gelo, de forma que as inundações possuem ocorrência sazonal em algumas zonas climáticas. As condições do subsolo são, também, importantes já que a capacidade de infiltração e a umidade antecedente do solo irão afetar a conversão da precipitação em vazão.</p>
FORNASARI FILHO et al./IPT (1992)	<p>“Este processo corresponde ao extravasamento das águas de um curso d’água para as áreas marginais, quando a vazão a ser escoada é superior à capacidade de descarga da calha. Está, normalmente, associado a enchente ou cheia (acréscimo na descarga por certo período de tempo) assoreamento de canal, barramentos ou remansos”. (p. 127).</p>
WOHL (2004)	<p>“A flood is a flow of water greater than the average flow along a river. A flood may be described in terms of its magnitude. On a given river, for example, any discharge exceeding 1,000m³/s might be designated a flood. A flood may also be described by its recurrence interval; a 100-yr flood occurs on average once every 100 years. Or a flood may be described as any flow that overtops the banks or levees along a channel and spreads across the floodplain.” (p. 378).</p> <p>Tradução nossa: Uma inundação é um fluxo de água superior ao fluxo médio em um curso d’água. Uma inundação pode ser descrita em termos de sua magnitude. Em um dado curso d’água, por exemplo, qualquer vazão excedendo 1.000m³/s pode ser designada como inundação. Uma inundação pode ser descrita também pelo seu intervalo de recorrência; uma inundação de 100 anos ocorre, em média, uma vez a cada 100 anos. Ou uma inundação pode ser descrita como qualquer fluxo que extravasa as margens ou bancos em um curso d’água e se espalha pela planície fluvial.”</p>
ELORZA (2008)	<p>“Se han propuesto numerosas definiciones de las inundaciones (Smith y Ward, 1998). La definición de Chow (1956) indica: ‘una inundación es un flujo relativamente alto que sobrepasa el canal natural por el que discurre la escorrentia’.” (p. 326).</p>
GUPTA (2010)	<p>“The word flood has a common usage, implying a situation where water in a river spills over its banks. It can be defined as a hydrologic condition where the river</p>

Referência	Definição
	<p><i>discharge exceeds the storage capacity of the channel and the excess water overflows and inundates part of the valley bottom.</i>" (p. 96).</p> <p>Tradução nossa: A palavra inundação tem um uso comum, implicando uma situação em que a água em um rio transborda suas margens. Pode ser definida como a condição hidrológica na qual a vazão de um rio excede a capacidade de armazenamento do canal e o excesso de água transborda e inunda parte do fundo de vale.</p>
FF (2013)	<p>"Inundação: Processo natural de transbordamento das águas dos canais fluviais para áreas de planícies e baixos terraços." (p. 31).</p>
IPT/CPRM (2014)	<p>"Inundação (flooding): atingimento e submersão da planície aluvial pelo transbordamento das águas do canal principal do rio (<i>river flooding</i>), devido à evolução do processo de enchente ou cheia (<i>flood</i>). Caracteriza-se pela elevação temporária do nível d'água relativo ao leito regular do canal em uma dada bacia de drenagem, comumente em razão do acréscimo de vazão d'água ocasionado por eventos chuvosos de longa duração e elevados índices pluviométricos acumulados. Os excessos d'água podem alcançar a planície aluvial atual (leito menor, várzea) e os terraços fluviais antigos (leito maior), topograficamente alçados em relação à cota da planície aluvial atual, bem como outros terrenos mais elevados, situados em flancos de encostas adjacentes." (p. 6).</p>

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

É possível verificar a partir das definições apresentadas acima, a compreensão convergente da maioria dos autores de que o termo "inundação" se refere ao processo de transbordamento da água dos canais fluviais, ocupando suas áreas marginais. O processo de extravasamento em si, de sobreposição das margens plenas, apresenta maior destaque nas definições, sendo citado em praticamente todas. Poucas definições incluem os agentes responsáveis por esse processo, como a precipitação, ou os efeitos nos sistemas físicos, como observado na definição de Hart (1986) e IPT/CPRM (2014).

Por outro lado, a maior parte dos autores ressalta a excepcionalidade do processo, seja pelo emprego de expressões como "inundação de áreas normalmente secas", seja por meio de outros conceitos, como o tempo de retorno ou intervalo de recorrência (MORISAWA, 1968; WOHL, 2004).

Os autores que integram a linha de pensamento da geomorfologia, como Morisawa (1968), Hart (1986) e Wohl (2004), abordam conceitos importantes na compreensão das inundações, como a magnitude dos fluxos, as respostas em suas características e dos canais fluviais, e no transporte de sedimentos. Esses autores relacionam o processo, também, com a área ocupada pelas águas após a inundação do canal, a planície fluvial.

Dentre as definições apresentadas aquelas que mais se aproximam da compreensão do termo nessa pesquisa são as de Hart (1986), Wohl (2004) e FF (2013), utilizadas para definição do termo, apresentada no item a seguir. As contribuições de Christofolletti (1974, 1981), Coque (1984) e Cooke e Doornkamp (1990), foram igualmente incorporadas, diante das explicações apresentadas por esses autores acerca dos mecanismos atuantes nesse

processo geomorfológico e suas interrelações com as formas dos canais fluviais e das planícies.

DEFINIÇÃO RECOMENDADA DO CONCEITO

A inundação   o processo fluvial natural de eleva o do nível d'água que comanda as a o es erosivas e deposicionais relacionadas ao trabalho fluvial nas planícies, abrangendo quatro fases básicas: transbordamento das águas do canal para planície, enchimento da planície de inunda o, esvaziamento e secamento destas áreas. Ou seja, a inunda o abrange todo o processo desde o transbordamento, forma o de setores inundados, dura o destes alagadiços e secamento destes volumes.

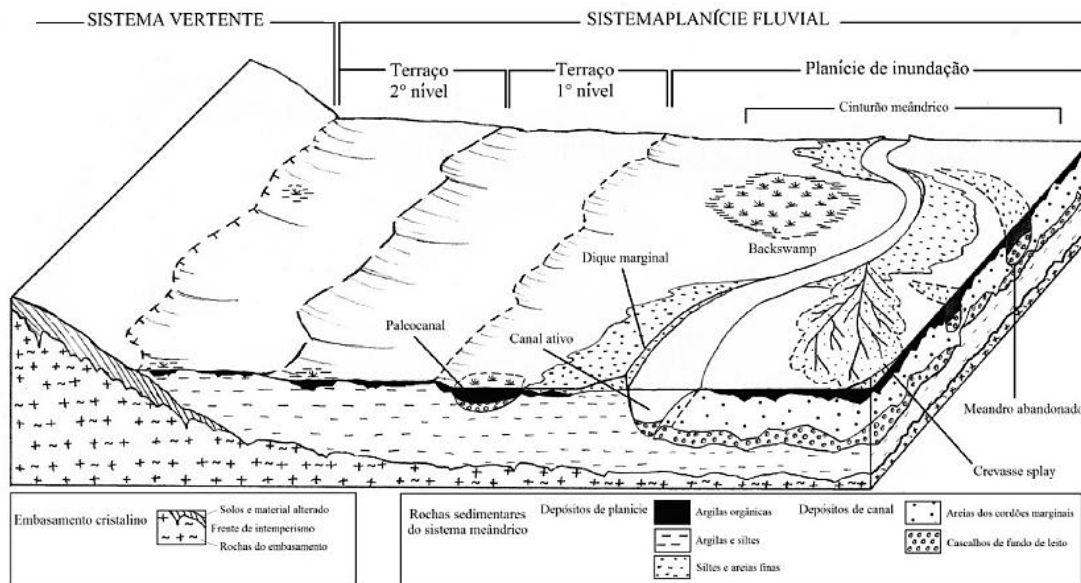
  um processo iminentemente natural, assim prescinde de qualquer interferência antrópica, direta ou indireta, para ocorrer. Os principais fenômenos que concorrem para ocasionar inunda o são as precipita o es pluviométricas intensas, as precipita o es nivais, o descongelamento de camadas de neve ou de glaciares e o rompimento de glaciares ou de barramentos naturais ou antrópicos. São importantes, ainda, fatores relativos às condi o es do solo e subsolo, como a umidade antecedente e a infiltra o, que contribuem ao escoamento superficial (HART, 1986; WOHL, 2004)

Os eventos de inunda o caracterizam-se pelo aumento da vazão do canal fluvial, excedendo a possibilidade de suporte dos fluxos dentro do leito menor destes. O aumento da vazão   acompanhado, também, por ajustes nas demais características do canal fluvial, como o aumento da velocidade do fluxo e da carga de sedimentos transportadas, incluindo o transporte de material de maior granulometria e até mesmo blocos. Isso ocorre em fun o do aumento da capacidade e competência do canal fluvial durante tais eventos, em decorrência do aumento do volume e velocidade do fluxo. A capacidade do canal refere-se   volume total de carga transportada por este, e a competência ao maior diâmetro entre os materiais transportados pelo canal (CHRISTOFOLETTI, 1974)

Adota-se como limite da área de inunda o, o leito maior dos rios, que em outras palavras,   a própria planície de inunda o, cuja área e volume variam conforme o sistema fluvial envolvido, mas que, em geral, coincidem com a base do sistema vertente ou a base dos terraços fluviais.

A abrangência da inunda o, no entanto, está relacionada   excepcionalidade do evento e às características do sistema fluvial, podendo abranger apenas a planície de inunda o, em sua totalidade ou em partes, ou toda a planície fluvial, que envolve o conjunto formado pela planície de inunda o e os terraços (CHRISTOFOLETTI, 1981)(Figura 52).

Figura 52 - Bloco diagrama esquemático do sistema fluvial



Fonte: Retirado de RODRIGUES, 2015, p. 329.

Na planície fluvial os processos geomorfológicos atuantes são condicionados principalmente pela ação da água (processos fluviais), ao passo que nas vertentes, os processos dominantes são condicionados predominantemente pela atuação da gravidade (processos de vertente), ainda que a ação da água seja também de fundamental importância na dinâmica das vertentes (SELBY, 1982).

Uma vez que ocorre o transbordamento para fora do canal fluvial e ocupando o leito maior, o fluxo sofre uma diminuição da velocidade, em função do aumento da rugosidade e, conseqüentemente, da resistência ao fluxo. Diante disso, ocorre uma primeira deposição do material de maior granulometria transportado pelo canal ao longo das margens, podendo resultar na formação de áreas mais elevadas e inclinadas em direção à planície fluvial, denominadas diques marginais, dependendo das características hidrodinâmicas do canal fluvial. Esse processo geomorfológico corresponde à acreção lateral (SCHMUDDE, 1968; CRISTOFOLETTI, 1974).

Já o material mais fino é depositado em áreas mais afastadas do canal fluvial, exigindo um evento de inundação de maior magnitude para que o fluxo atinja esses pontos. Com a redução da vazão e retorno do nível d'água, o material fino em suspensão geralmente retorna ao canal fluvial, exceto parte do fluxo aprisionada em setores mais rebaixados da planície fluvial, áreas deprimidas na qual tais materiais irão se depositar formando uma fina camada. Tais setores deprimidos da planície, denominadas *backswamps*, caracterizam-se por áreas com drenagem superficial e de subsuperfície mais deficiente, que diante do acúmulo dos fluxos, passam a maior do tempo inundadas e desenvolvem vegetação característica de tais áreas (SCHMUDDE, 1968; CRISTOFOLETTI, 1974). Esse processo, de deposição na planície fluvial, denominado acreção vertical, promove a elevação gradual da planície durante e após os eventos de inundação (CRISTOFOLETTI, 1974; COOKE; DOORNKAMP, 1990)

A abrangência do evento de inundação, depende, portanto, da excepcionalidade do evento produtor de aumento do nível d'água, relacionando-se à temporalidade que, em geral, nos estudos de inundação, é abordada em termos de magnitude-frequência dos eventos. A frequência é geralmente avaliada em termos do tempo de retorno ou intervalo de recorrência do evento (para definição, ver subcapítulo 4.2.3.6). Em relação aos eventos de inundação, o intervalo pode variar segundo as características da bacia hidrográfica, em função de fatores morfológicos e morfométricos, da presença e densidade da cobertura vegetal e de atividades antrópicas (MORISAWA, 1968; HART, 1986).

Dentre as características morfológicas e morfométricas das bacias hidrográficas, destacam-se, em função de sua contribuição aos eventos de inundação, as seguintes: (i) a alta densidade de drenagem, variável que expressa a extensão total de canais fluviais em relação à área total da bacia; (ii) a circularidade da bacia, ou seja, se a forma da bacia é mais ou menos próxima à um círculo, favorecendo as inundações; (iii) a ausência de lagos, enquanto locais de amortecimento e reserva dos excedentes hídricos; e (iv) mudanças no uso da terra, em especial, de supressão de vegetação para usos urbanos (HART, 1986).

Outras características da bacia e da rede hidrográfica que também influenciam direta e indiretamente são: a declividade média das vertentes, sua orientação, altitudes e amplitudes, a área da bacia hidrográfica e a densidade e extensão de canais fluviais. As características dos cursos d'água, tais como a largura, profundidade, gradiente e rugosidade, são igualmente importantes, pois influenciam diretamente na velocidade do fluxo e, portanto, em sua vazão (HART, 1986; COOKE; DOORNKAMP, 1990). O conjunto dessas características permite compreender o comportamento das inundações em diferentes bacias hidrográficas e, inclusive, em diferentes setores de uma mesma bacia (COOKE; DOORNKAMP, 1990).

A vegetação é um fator importante na ocorrência e frequência das inundações, ao favorecer a infiltração da água da chuva e a evapotranspiração pelas plantas, mas também atua na estabilização das margens do canal fluvial e na redução da velocidade do fluxo, dissipando sua energia durante os eventos de inundação (SCHMUDDE, 1968).

Em relação à precipitação, já apontada como a principal causa das inundações, as seguintes características são importantes na determinação da magnitude e frequência de tal evento: a quantidade, intensidade e duração; a área recoberta pelo evento de chuva; e a direção e taxa de movimentação da chuva (COOKE; DOORNKAMP, 1990).

Embora iminentemente natural, as inundações podem ter componentes antrópicas que alteram os regimes fluviais tanto por ações diretas de controle de vazão, quanto por ações indiretas que resultam na modificação de níveis d'água ou da periodicidade dos eventos (BAKER; KOHEL; PATTON, 1988; WOHL, 2004). As inundações podem, portanto, ter seus padrões e tendências espaço-temporais impactados por ações antrópicas, modificando a abrangência, a energia de fluxo, as características de carga sólida e as relações de magnitude-frequência.

Diante de seu potencial de dano à sociedade, caracterizando as enchentes, conforme definido no subcapítulo seguinte, algumas variáveis relacionadas ao comportamento, magnitude e frequência das inundações são de fundamental importância, tais como: (i) a

frequência, dada geralmente pelo tempo de retorno; (ii) a vazão de pico, correspondente ao valor máximo atingido durante o evento de inundação; (iii) o comportamento da vazão ao longo do evento; (iv) a velocidade do fluxo; (v) o nível d'água atingido; (vi) a carga de sedimentos; (vii) a duração da inundação; (viii) o tempo de concentração; e (ix) a área inundada (HART, 1986).

COMO O CONCEITO É APROPRIADO NOS PROCESSOS JUDICIAIS

Foram selecionados 76 trechos dos processos judiciais contendo o termo inundação, 59% dos quais citados em documentos técnicos, nos pareceres e laudos periciais, demonstrando o predomínio do uso desse termo por profissionais da área técnica e científica. O restante dos termos foi extraído das petições iniciais, representando 12% do total, contestações, quesitos e sentenças e decisões, cada qual com 9% do total, e finalmente nas apelações e demais recursos, com 1%.

Nos pareceres técnicos, o termo “inundação” foi bastante utilizado no sentido do resultado do processo de cheia, dando maior destaque enquanto área ocupada pelas águas após o extravasamento do canal, associado ao conceito de várzea, ou por meio de expressões como “área inundada”, e se aproximando da definição proposta em Guerra e Guerra (2011). Foi possível observar, portanto, a compreensão do termo como efeito ou resultado da atuação de um processo geomorfológico, no caso, o processo de cheia, e não como o processo geomorfológico em si.

Os trechos extraídos abaixo exemplificam essa percepção e demonstram como os conceitos utilizados em documentos técnicos, como os pareceres, são geralmente apropriados pelas partes, e demais atores não especialistas, e transpostos em documentos não técnicos, como as petições iniciais e contestações. No caso, trata-se da transcrição de parecer técnico apresentado no âmbito do inquérito civil, e na sequência, um dos quesitos propostos pelo Ministério Público ao perito do juiz já na ação judicial da Comarca de Registro.

*“A área protegida do dique situa-se na **várzea de inundação natural** do Rio Ribeira. O trecho da várzea que a contém está confinado entre as estradas de acesso [...]. O rio Ribeira apresenta neste trecho a montante da SP-139 uma sucessão de meandros que se situam dentro da faixa definida pelas duas estradas [...].” (Processo Judicial nº 0006463-21.2006.8.26.0495, Comarca de Registro, 1ª Vara Cível, Parecer Técnico, f. 135, grifo nosso).*

*“5 – A área do dique está inserida no leito maior, ou seja, na **área de várzea de inundação natural** do rio Ribeira?” (Processo Judicial nº 0006463-21.2006.8.26.0495, Comarca de Registro, 1ª Vara Cível, quesitos apresentados pelo autor, f. 279, grifo nosso).*

Ainda assim, nos documentos técnicos, como nos pareceres, os termos “inundação”, “enchentes” e “cheias” foram utilizados com significados distintos. Os dois primeiros seriam compreendidos como a evolução do terceiro, ou seja, das cheias, conforme trecho extraído abaixo.

*“Os valores de vazão máxima potencial aqui colocados mostram que é possível que somente a contribuição da área remanescente seja suficiente para provocar **cheia** no rio Atibaia, causando **inundações** como as verificadas no início deste ano de 2.011. Logo, **cheias** ocorreriam independentemente das vazões vertidas pelo Sistema Cantareira. Em 2.011 as **inundações** provavelmente foram causadas por ambas as contribuições: da área remanescente e dos vertimentos.” (Processo Judicial nº 0010486-51.2010.8.26.0048, Comarca de Atibaia, 2ª Vara Cível, Parecer Técnico, f. 1.299, grifo nosso).*

Foram poucos os trechos extraídos dos pareceres técnicos nos quais é atribuído mesmo significado aos termos “inundação” e “enchente”, bem como “inundação” e “alagamento”. Essas situações foram verificadas em trechos nos quais o texto versa sobre a questão do risco de danos ocasionados por enchentes, quando em ocupação de Áreas de Preservação Permanente de curso d’água.

Esses diferentes significados atribuídos aos conceitos contrastam com o verificado nas petições iniciais e contestações, bem como na maioria das sentenças, que apresentam uma compreensão dos termos como sinônimos. Essa compreensão é verificada sobretudo em estruturas textuais com o objetivo de enumerar agentes e categorias de risco geomorfológico, citando normalmente inundações e alagamentos em conjunto. Essa situação não é aqui compreendida como problemática por apresentar um equívoco na definição dos conceitos, mas sim como sintomática de que, nessas peças judiciais, a definição do conceito é pouco importante, não importando na solução da lide se o conceito correto é “inundação”, “enchente”, “cheia” ou “alagamento”.

Por outro lado, verificou-se que nos processos judiciais envolvendo danos ambientais e socioeconômicos diretos em decorrência de enchentes, os termos “inundação”, “enchente” e “alagamento” passam a ser tratados quase como sinônimos, compreendidos enquanto ação geradora de impacto e dano na sociedade e em seus bens e infraestruturas. Compreensão essa distinta daquela apresentada pela geomorfologia e proposta na presente tese, aproximando-se do conceito de “enchente”, conforme será abordado posteriormente.

O trecho a seguir apresenta exemplo da associação entre o termo “inundação” e os danos ambientais e urbanísticos ocasionados por um evento extremo, no âmbito de ação judicial na Comarca de Atibaia, envolvendo os eventos de inundação e enchentes entre 2010 e 2011. A ação, proposta pela Municipalidade em face da Sabesp, visava averiguar a responsabilidade da requerida nos danos infligidos à cidade como resultado de operações inadequadas nas barragens do Sistema Cantareira durante os eventos de inundação.

*“21. A demora em comunicar ao município sobre a abertura das comportas e, sobretudo, a ausência de informações precisas sobre a **extensão da inundação** que seria produzida com os volumes liberados foram fatores que agravaram os **danos (urbanísticos) causados pela inundação**, à medida que impediram o município de se preparar prévia e adequadamente para enfrentar todas as contingências do evento.” (Processo Judicial nº 0010486-51.2010.8.26.0048, Comarca de Atibaia, 2ª Vara Cível, Petição Inicial, f. 10, grifo nosso).*

Por fim, observou-se, ainda, a recorrência do termo “inundação” associado a outros conceitos fundamentais na geomorfologia, sobretudo nos pareceres técnicos, como a frequência das inundações (apenas uma vez como “inundações de grande período de retorno”), a planície fluvial, o leitor maior e a várzea, assim como, o tempo de permanência das águas após a ocorrência do evento de inundação.

4.2.3.3. ENCHENTE

CONCEITO SOB A VISÃO DA GEOMORFOLOGIA

O conceito de enchente apresenta diferentes definições na literatura das ciências da terra, com abordagens que o consideram como fenômeno natural e sinônimo de inundação, e abordagens que o compreendem como processo resultante da interface das inundações com às atividades antrópicas, quando esta resulta em danos e prejuízos à sociedade. A segunda é a que mais se aproxima da definição proposta nessa pesquisa e foi utilizada como base para sua redação.

Como descrito em relação aos termos anteriores, a terminologia de língua inglesa não apresenta um conceito específico para esse termo, utilizando novamente a palavra “*flood*”. O mesmo ocorre em relação às línguas espanhola, francesa e italiana, de acordo com a bibliografia consultada, que utilizam os termos “*inondation*”, “*crecida*”, “*avenida*” e “*inondazione*” como sinônimos (Tabela 42).

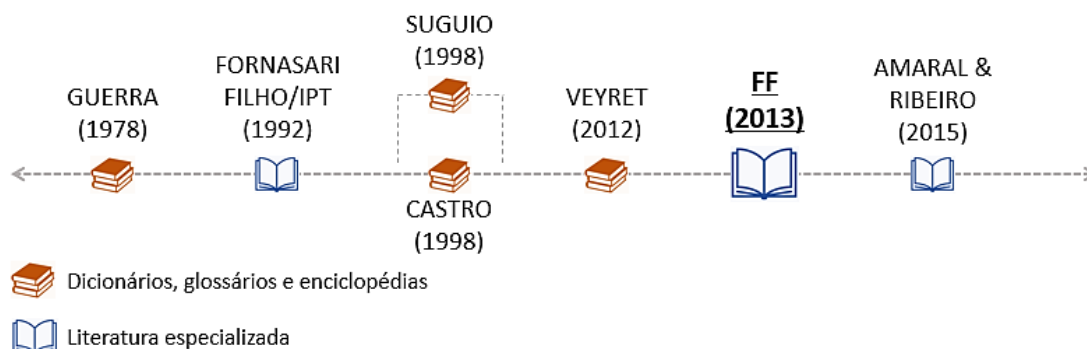
Tabela 42 - Termo "enchente" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

Inglês	<i>Flood</i>
Francês	<i>Crue, Inondation</i>
Espanhol	<i>Crecida, Avenida</i>
Italiano	<i>Inondazione</i>
Alemão	<i>Hochwasser</i>

Fonte: Baulig (1956), Rasan et al. (1987), Suguio (1998), Parentti (informação pessoal).

As definições encontradas na literatura são igualmente escassas, tendo em vista a limitação às referências em língua portuguesa, como observado em relação ao termo “cheia”. A bibliografia consultada para levantamento e sistematização das definições do termo é retratada na Figura 53. As referências selecionadas, diante de sua aderência ao entendimento do termo nessa pesquisa, encontram-se listadas na Tabela 43.

Figura 53 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "enchente"



Fonte: Elaborado pela autora
Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 43 - Definição do termo "enchente" de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
SUGUIO (1998)	“ Enchente . Situação em que a água transborda dos leitos fluviais e canais artificiais invadindo as terras baixas adjacentes. A enchente pode ser produzida por excesso de precipitação (chuva ou neve), sendo comumente anual ou ocorrendo pelo menos uma vez a cada dois ou três anos. Em bacias hidrográficas a planície de inundação (<i>floodplain</i>) desempenha importante papel regulador da enchente.” (p. 266).
FF (2013)	“ Enchente : O fato do transbordamento e consequente inundação de áreas e de seus efeitos nefastos para as sociedades, implicando em riscos. Estas podem ou não ocorrerem em planícies fluviais.” (p. 30).

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

A definição de Suguio (1998) coincide com a definição do conceito de “inundação” adotada nessa pesquisa, ou seja, como processo natural de elevação do nível d’água e transbordamento do canal ocupando a planície fluvial. Esse autor apresenta tais elementos na definição, incluindo os agentes responsáveis pelo incremento na vazão e a importância da planície fluvial.

Por fim, a definição apresentada em FF (2013) considera como chave para compreensão do termo, os efeitos e impactos do processo de inundação na sociedade, gerando risco, resultante da interação entre os fenômenos naturais e a sociedade. Essa definição se baseia na compreensão da geomorfologia antropogênica sobre o sistema fluvial e o processo de inundação em áreas urbanas e antropizadas (NIR, 1983; HART, 1986; GOUDIE, 1993; GOUDIE; VILES, 1997), e foi utilizada como base para a definição proposta nessa pesquisa, conforme descrito a seguir.

Foram utilizadas, também, as contribuições de Hart (1986) e Cooke e Doornkamp (1990), não incluídas na Tabela acima, em função de não apresentarem uma definição ao propriamente dita, mas que abordam as causas, os mecanismos e características das formas e materiais que influenciam na ocorrência desse processo.

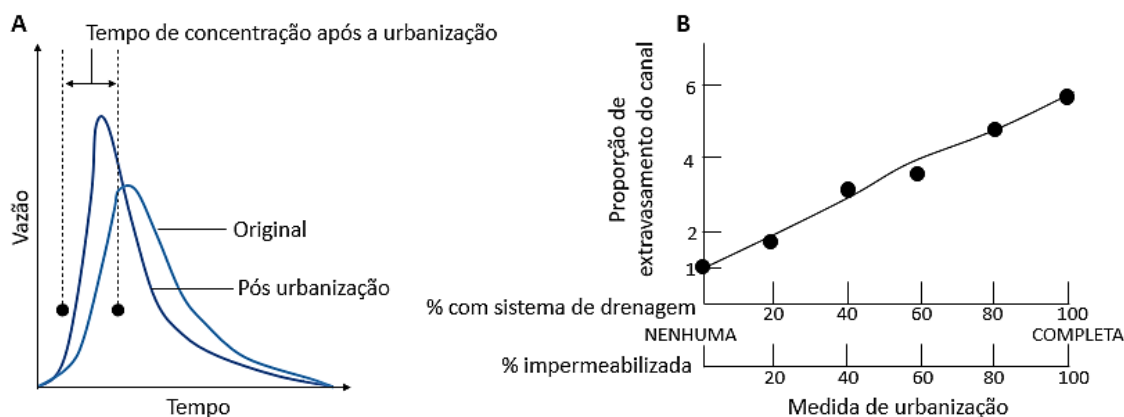
DEFINIÇÃO RECOMENDADA DO CONCEITO

As enchentes consistem nos eventos de inundação que apresentam perigo às pessoas e seus respectivos bens, e impactos ou danos às infraestruturas, ao uso da terra, ao exercício das atividades cotidianas da sociedade e os consequentes prejuízos materiais.

Por referir-se aos efeitos das inundações na sociedade, a ocorrência das enchentes está associada diretamente às atividades antrópicas, sobretudo à dinâmica de ocupação urbana da cidade, a impermeabilização do solo e a ocupação de áreas de várzea por usos urbanos.

A remoção da cobertura vegetal e impermeabilização do solo promove a redução das taxas de evapotranspiração pela vegetação e da infiltração, favorecendo o escoamento superficial concentrado. Somada aos dispositivos de drenagem urbanos, a impermeabilização promove a evacuação mais eficiente e veloz do escoamento superficial para os cursos d'água, incrementando os picos de vazão, acentuando a curva de ascensão e recessão da hidrógrafa (curva em gráfico que representa o comportamento dos valores de vazão medidos ao longo do tempo) e reduzindo o tempo de concentração da bacia hidrográfica (HART, 1986; COOKE; DOORNKAMP, 1990)(Figura 54).

Figura 54 – Comportamento do fluxo no canal fluvial antes e após a urbanização



Fonte: Retirado e adaptado de Hart (1986)

Legenda: (A) Hidrógrafas hipotéticas antes e após a urbanização; (B) aumento do número de fluxos ao ano iguais ou superiores à capacidade do canal fluvial expresso na proporção de extravasamentos do canal, por unidade de área da BH (milhas quadradas).

Adicionalmente, a urbanização, em especial durante os estágios iniciais, atua no aumento da quantidade de sedimentos transportados aos canais fluviais, favorecendo seu assoreamento e o aumento da magnitude e frequência das inundações. A urbanização e as mudanças no uso da terra promovem mudanças, também, na localização das inundações em uma bacia hidrográfica, de modo que locais anteriormente não atingidos por tais eventos podem passar a apresentá-los (COOKE; DOORNKAMP, 1990).

Esta definição é alinhada à base teórica da geomorfologia antropogênica (DOUGLAS, 1983; DOUGLAS; SPENCER, 1985; GOUDIE, 1995; RODRIGUES, 1999, 2010a; LUZ; RODRIGUES, 2015), e difere daquela preconizada por outras linhas de abordagem, como das engenharias,

mais preocupadas em modelar os fenômenos de inundação para explicação dos processos no âmbito de sua disciplina, do que compreendê-los em contexto mais amplo (BAKER, 1994).

COMO O CONCEITO É APROPRIADO NOS PROCESSOS JUDICIAIS

Foram selecionados 75 trechos a partir da análise dos processos judiciais. Diferentemente dos termos anteriores, a quantidade de trechos extraídos de documentos técnicos não representou mais de 50%, totalizando 44%. Os trechos retirados das petições iniciais perfizeram 20%, seguidos das sentenças e decisões, com 15%, e das contestações, com 12%. Foram extraídos, também, trechos dos despachos saneadores e quesitos (4%), da apelação e demais recursos (4%) e dos memoriais (1%). Tais números são importantes pois demonstram que a utilização do termo “enchente” não é restrita aos documentos técnicos, como observado em relação aos termos “inundação” e “cheia”.

Nos pareceres técnicos e laudos periciais observou-se a compreensão do termo “enchente” equivalente à definição proposta na pesquisa para o termo “inundação”, ou seja, do processo de transbordamento do canal pelo aumento do nível d’água e a consequente ocupação da planície. Também se verificou, nesses casos, a utilização de expressões como “picos de enchente”, “ondas de enchente” e “amortecimento de ondas de enchentes”, também observado em relação ao termo “cheia”.

Em outros documentos, observou-se uma equivalência com a definição do termo “cheia” na pesquisa, entendendo-o como a elevação do nível d’água, porém sem extravasamento do canal, em evento periódico. Nesses casos, verificou-se a proximidade dessa compreensão do conceito, com a definição apresentada por Amaral e Ribeiro (2015), da enchente como fenômeno espacialmente restrito ao leito menor.

Em apenas um parecer técnico verificou-se proposta de definição ao termo “enchente”, porém, com uma acepção totalmente distinta das apresentadas pela bibliografia consultada e, igualmente, da compreensão do termo presente nas demais ações judiciais analisadas, conforme trecho extraído a seguir.

“Pergunta 2: ‘Pela situação que se encontra o lugar investigado, há a possibilidade de ocorrerem enchentes no local?’

*Resposta 2: **Toda situação de enchente natural ocorre quando não há o escoamento da totalidade das águas pluviais, em intervalo curto de tempo (24 horas).** [...] um dos pontos críticos do lugar, ou seja, para toda a região de moradias localizadas nas ‘baixadas’ (pontos de menor cota), poderá vir a ser a intersecção entre esse córrego e a Estrada Martinho Jacob [...]” (Processo Judicial nº 0000008-32.2012.8.26.0268, Comarca de Itapeverica da Serra, 3ª Vara Cível, Parecer técnico, f. 107, grifo nosso).*

Como já descrito, as definições e a terminologia empregada em pareceres técnicos, especialmente durante a fase do inquérito civil, são normalmente apropriadas pelas partes do processo judicial, advogados e juízes, para instruir a argumentação. Nesse caso, verificou-se a reprodução integral do trecho acima na Petição Inicial do respectivo processo:

“Primeiramente, antes de adentrar o conteúdo [...] deixo assente os esclarecimentos técnicos do Dr. [...] perito que realizou a vistoria técnica no local, acerca do conceito de enchente: ‘Toda situação de enchente natural ocorre quando não há o escoamento da totalidade das águas pluviais em intervalo curto de tempo (24 horas).’ (fls. 84)”. (Processo Judicial nº 0000008-32.2012.8.26.0268, Comarca de Itapeverica da Serra, 3ª Vara Cível, Petição Inicial, f. 4, grifo nosso).

Apesar da compreensão observada nos pareceres técnicos, similares aos conceitos de “inundação” e “enchentes”, verificou-se nos trechos extraídos das Petições Iniciais e Contestações, o predomínio da compreensão do termo “enchente” alinhada com a definição proposta por FF (2013) e abarcada na pesquisa. Essa afirmação, no entanto, deve ser realizada com ressalvas, já que em alguns trechos o contexto não permite identificar totalmente a definição e confrontá-la com a definição dos demais termos. A questão de fundo ou mérito dos processos analisados também influencia nessa compreensão, já que a maior parte deles se relaciona com a ocorrência de danos ambientais e, em alguns casos, urbanísticos, em decorrência de enchentes, de forma que nas petições iniciais e contestações a interação e as consequências dos fenômenos de inundação com a sociedade, ocasionando a enchente, são intencionalmente ressaltadas.

Nas decisões e sentenças verificou-se compreensão semelhante do termo “enchente”, associando a ocorrência de danos e dos riscos gerados à sociedade em função de eventos de inundação. Cabe destacar, porém, que dado o objetivo desses documentos, de condenar um agente a algo (obrigação de fazer, obrigação de não fazer ou indenizar), observa-se a maior utilização de termos associados às enchentes como: “causas”, “extensão”, “frequência” e “danos”, bem como a importância atribuída aos pareceres técnicos, laudos periciais e demais provas, muito citados e repetidos, para embasar a decisão.

4.2.3.4. ENXURRADA

CONCEITO SOB A VISÃO DA GEOMORFOLOGIA

O conceito de enxurrada é um dos mais complexos de se definir, tendo em vista a esparsa literatura a respeito desse termo. Por outro lado, sua utilização na língua coloquial é muito frequente, apresentando significados e ideias distintas, desde expressões para designar grandes quantidades (p. ex.: “recebi uma enxurrada de e-mails”), até seu uso como sinônimo de movimentos de massa, como corridas de lama e de detrito (PAZZOTTI, 2014).

Na literatura especializada das ciências da terra são poucas as definições do termo, normalmente apresentando-o como sinônimo de “flash flood” e destacando a magnitude e velocidade desse processo (SUGUIO, 1998; IPT; CPRM, 2014). Caso o termo “enxurrada” não seja compreendido como sinônimo de “flash flood”, não foram observados, na língua inglesa, termos específicos para designá-lo. As definições ao termo “flash flood” são, também, apresentadas nesse subcapítulo com o objetivo de diferenciar esses dois processos.

A língua espanhola também apresenta termos equivalentes, como “avenida”, e “riada”, apesar destes serem utilizados também relacionados ao processo de “flash flood” ou

como sinônimo de corridas de lama, no caso do segundo. O termo “*avenida*” também é utilizado para designar inundações de modo geral, de acordo com a bibliografia consultada. Por fim, os termos “*inundación súbita*”, em espanhol, e “*inondazione improvvisa*” também podem ser utilizados para designar esse processo (Tabela 44).

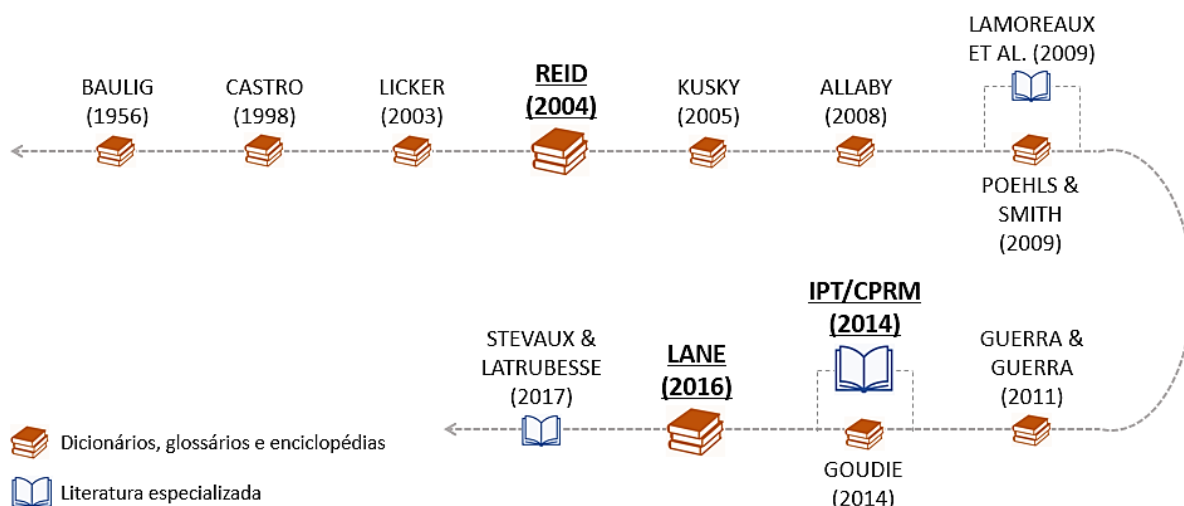
Tabela 44 - Termo “flash flood” no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

Inglês	<i>Flash flood</i>
Francês	<i>Crue subite</i>
Espanhol	<i>Avenida; riada</i>
Italiano	<i>Inondazioni improvvisa</i>
Alemão	<i>Sprungschwall, Stümer</i>

Fonte: Baulig (1956), Coque (1984), Elorza (2008), Parentti (informação pessoal).

A bibliografia consultada para levantamento e sistematização das definições do termo “*flash flood*” é retratada na Figura 55. As referências selecionadas, diante de sua aderência ao entendimento deste na pesquisa, encontram-se listadas na Tabela 45.

Figura 55 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo “flash flood”



Fonte: Elaborado pela autora
Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 45 - Definição do termo “flash flood” de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
REID (2004)	<p>“Flash flood denotes an abrupt rise in the discharge of a river or stream, providing an event of short duration. The term has conventionally been associated with ephemeral flow regimes in which the majority of events are rain-fed. [...] However, the term has been used more widely to describe a sudden significant increase in discharge where the annual flow regime is intermittent or even perennial.” (p. 376).</p> <p>Tradução nossa: “Inundação súbita denota um aumento abrupto na vazão de um rio ou curso d’água resultando em evento de curta duração. O termo é convencionalmente associado com regimes de fluxos efêmeros, nos quais a maioria dos eventos é alimentado pela chuva. [...] No entanto, o termo tem sido usado mais amplamente para descrever</p>

Referência	Definição
	aumento significativo repentino na vazão onde o regime de escoamento anual é intermitente ou mesmo perene.”
IPT/CPRM (2014)	“ Enxurrada (flash flood) : enchente ou inundação brusca e de curta duração, desenvolvida em bacias de drenagem restritas no contexto de relevo serrano ou morros altos, por ocasião de chuvas intensas. Caracteriza-se por alta energia de transporte e capacidade de arraste, com elevado potencial de impacto destrutivo. Pode induzir a instabilização e solapamento de taludes marginais ao longo do curso d’água (Figura 4.6).” (p. 7).
LANE (2016)	<p>“flash flood. <i>Flash floods are local or rapid increases in discharge commonly, but not exclusively, in previously dry valleys. They are normally associated with rapid transport of large amounts of water and/or sediment. They may be either natural, such as due to a sudden rainstorm (e.g. Schick and Lekach, 1987) or involve anthropogenically created hazards such as a dam break (e.g. Jarrett and Costa, 1985).</i>” (p. 211).</p> <p>Tradução nossa: “Inundação súbita: Inundações súbitas são elevações locais ou rápidas na vazão, comumente, mas não exclusivamente, em vales anteriormente secos. Elas estão normalmente associadas com o rápido transporte de grandes quantidades de água e/ou sedimentos. Elas podem ser naturais, como por ocorrência de tempestade súbita ou envolver riscos criados antropogenicamente, como o colapso de uma barragem.”</p>
STEVAUX & LATRUBESSE (2017)	“Descarga relâmpago (<i>flash flood</i>). Sin. de enxurrada . Aumento rápido e localizado da descarga, em geral, mas não exclusivamente, em vales de clima árido e com transporte rápido de grande quantidade de água e sedimento.” (p. 286).

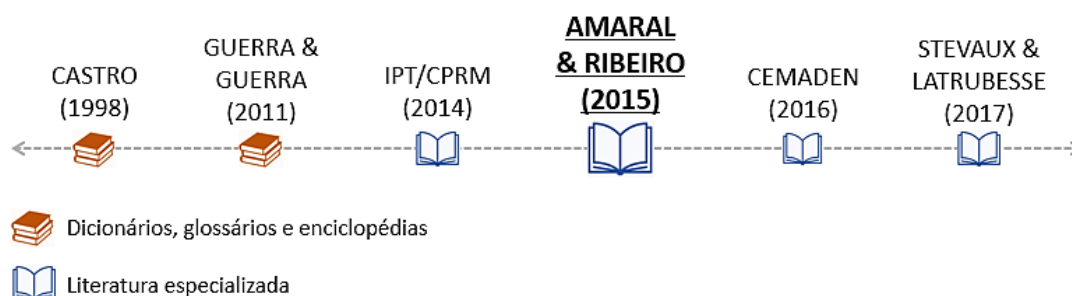
Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

O processo de “*flash-flood*”, de acordo com as definições acima, pode ser caracterizado como a elevação abrupta do nível d’água do canal fluvial, diante do aumento do volume ocasionado pela precipitação intensa e de curta duração, associada, em especial, às chuvas convectivas. O aumento abrupto do volume resulta na propagação do fluxo hídrico com altas velocidades e grande poder destrutivo.

Esse processo se desenvolve preferencialmente em ambientes montanhosos e com áreas rochosas, que apresentam maiores declividades e são mais favoráveis a ocorrência de precipitações intensas. Ocorrem, também, em ambientes semiáridos ou áridos, em canais intermitentes ou efêmeros, após a ocorrência de precipitação intensa e como resultado do rápido selamento da superfície, favorecendo a concentração do fluxo hídrico. Assim, com base nas definições, é possível observar que o fenômeno de “*flash-flood*” é um processo que ocorre envolvendo o fluxo canalizado, no canal fluvial.

A bibliografia consultada para levantamento e sistematização das definições do termo “enxurrada” é retratada na Figura 56. Já as referências selecionadas, diante de sua aderência ao entendimento do termo na pesquisa, encontram-se listadas na Tabela 46.

Figura 56 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "enxurrada"



Fonte: Elaborado pela autora

Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 46 - Definição do termo "enxurrada" de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
CASTRO (1998)	" Enxurrada . Volume de água que escoar na superfície do terreno, com grande velocidade, resultante de fortes chuvas." (p. 68).
GUERRA & GUERRA (2011)	"Água que escoar na superfície da crosta com velocidade capaz de ocasionar grandes estragos para os grupos humanos. As águas das chuvas, ao cair sobre a superfície da crosta terrestre, uma parte se evapora, indo constituir o vapor de água, outra se infiltra, constituindo a água de infiltração e finalmente uma outra se escoar e constitui o lençol de escoamento superficial, <i>ruissellement</i> dos franceses ou ainda <i>runoff</i> dos ingleses. O lençol de escoamento superficial pode deslizar suavemente sobre o solo se a topografia é relativamente plana ou de fraco declive. Nas regiões acidentadas, porém, as águas descem em obediência à lei da gravidade, sendo sua marcha violenta, de velocidade grande, por causa da aspereza dos fortes declives, formando-se assim a enxurrada ." (p. 220)
AMARAL & RIBEIRO (2015)	"A enxurrada é o escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais." (p. 42).
CEMADEN (2016a)	"A enxurrada pode ser identificada pelo escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode estar ou não associado ao domínio fluvial (do rio). Provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Este processo apresenta grande poder destrutivo." (s/n).

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

De acordo com as definições levantadas e, em particular, com a definição de Amaral e Ribeiro (2015), a enxurrada corresponde ao escoamento superficial concentrado, de elevada velocidade e energia, resultante da precipitação intensa e do incremento da velocidade em função da ação da gravidade, do volume e das características da superfície, em especial em áreas urbanizadas, em decorrência da impermeabilização do solo e concentração dos fluxos. Ela pode estar ou não associada ao sistema fluvial. Nesse sentido, trata-se de um processo que ocorre iminentemente nas vertentes, ainda que a água seja o principal agente na sua formação.

Existem de fato similaridades entre as enxurradas e as *flash floods*, em termos do comportamento mecânico desses processos, de sua magnitude e frequência, da vazão e velocidades envolvidas, e da relação entre eles com eventos de precipitação intensa, que condicionam sua ocorrência, comportamento e duração. Porém, as enxurradas não necessariamente ocorrem no canal fluvial, caracterizando-se como um fluxo típico de vertente, associada a gradientes maiores do que aquele do canal. As *flash floods*, por outro lado, envolvem um fluxo canalizado em um canal já existente, como já descrito.

Dentre as definições do termo “enxurrada”, a proposta de Amaral e Ribeiro (2015) é a que mais se aproxima daquela adotada na pesquisa, apresentada a seguir. Foram utilizadas, também, as contribuições de Selby (1982), Coque (1984), Hart (1986) e Cooke e Doornkamp (1990).

DEFINIÇÃO RECOMENDADA DO CONCEITO

As enxurradas consistem no fluxo hídrico pluvial veloz (>10 cm/s), de caráter efêmero, cuja duração corresponde à duração da chuva geradora. Não se restringem aos fundos de vale, ocorrendo, prioritariamente, em vertentes e em setores articulados transversalmente ao eixo principal do vale, definindo fluxos potentes capazes de promover arraste de pessoas, carros, e inclusive edificações. Decorre, principalmente das precipitações intensas e da ação gravitacional nas vertentes. Desse modo, sua ocorrência tem como fator de predisposição a declividade acentuada das vertentes e as características climáticas do local.

Apesar de ocorrer nas vertentes, tratando-se de processo integrante desse sistema e, sob esse prisma, mais próximo dos movimentos de massa, a enxurrada é abordada nessa pesquisa junto a terminologia de inundação, por ter a água como principal agente, em contraposição aos movimentos de massa, cujo agente é a gravidade (SELBY, 1982).

Sua ocorrência está associada, normalmente, às áreas urbanas, cuja impermeabilização, a orientação do arruamento e a existência de dispositivos de drenagem, favorece a concentração e a velocidade do fluxo hídrico pluvial. Ainda assim, ela pode ocorrer em ambientes periurbanos e rurais (HART, 1986; COOKE; DOORNKAMP, 1990).

A intensidade das enxurradas pode ser expressa a partir da velocidade do fluxo. Contudo, considerando a pequena altura da lâmina d'água das enxurradas, sua intensidade é função, basicamente, da declividade da superfície e de sua rugosidade, cujos valores, nos ambientes urbanos, são baixos, tendo em vista a impermeabilização das superfícies e a ausência de vegetação (PAZZOTTI, 2014).

Ao dissipar sua energia nos canais fluviais ou na planície de inundação, as enxurradas podem contribuir, ainda, ao agravamento dos cenários de enchentes. Diante de sua magnitude e dos danos associados à sua ocorrência, as enxurradas geram risco à sociedade e, portanto, devem ser abordadas como tal. Esse processo, no entanto, é ainda pouco compreendido, principalmente do ponto de vista dos fatores que contribuem à sua ocorrência e dos limiares envolvidos, no que tange à precipitação, às variáveis morfológicas e

morfométricas das vertentes, como a declividade e a extensão, e ainda, a contribuição do uso da terra, em especial dos usos urbanos.

COMO O CONCEITO É APROPRIADO NOS PROCESSOS JUDICIAIS

Foram extraídos 12 trechos contendo o termo “enxurrada” dentre os processos judiciais analisados. Praticamente todos, com exceção de um trecho, foram retirados de ações judiciais inseridas nos outros grupos de análise, em especial do grupo de ações judiciais de erosão e assoreamento (10 trechos) e do grupo de risco geológico (1 trecho), ou seja, as ações judiciais selecionadas como integrantes do universo de análise de inundação, citaram apenas uma vez esse termo, dentre os documentos analisados na pesquisa.

Esse dado demonstra a compreensão do termo associado à promoção e aceleração de processos erosivos, e nesse sentido, como processo geomorfológico atuante no sistema de vertente. A utilização do termo nesse contexto, se aproxima da definição empregada na pesquisa e recomendada para o conceito.

Por outro lado, a ausência do termo nos processos judiciais relacionados diretamente com a ocorrência de inundação e enchentes, demonstra um afastamento do uso coloquial do termo, que na linguagem cotidiana apresenta-se como qualquer evento de inundação de grande magnitude, altas velocidades e volume, incluindo alagamentos, e possibilidade de dano. Nesse sentido, a linguagem coloquial não se restringe à ocorrência do processo no sistema de vertente, podendo referir-se a eventos no canal fluvial e na planície, aproximando-se da compreensão do termo “*flash-flood*”. Adicionalmente, a utilização do termo “enxurrada” na linguagem coloquial visa, geralmente, ressaltar a magnitude do evento, ainda que essa não seja expressa por meio de quantificação, ou seja, de um dado volume e velocidade.

Dos 12 trechos selecionados, 8 foram extraídos de documentos técnicos, entre pareceres e laudos periciais, demonstrando a utilização do termo por especialistas em contexto associado à deflagração e aceleração de processos erosivos, majoritariamente em áreas rurais ou de urbanização em estágio pré-intervenção, associado à abertura e pavimentação de estradas e à realização de cortes e aterros. Apenas uma das citações utilizou o termo “enxurrada”, referindo-se a fenômeno ocorrido em ambiente urbano, intensificado por atividades antrópicas e em setor de vertente.

O trecho a seguir ilustra a associação entre o termo “enxurrada” e a ocorrência de processos erosivos, extraído de Ação Civil Pública visando averiguar e reparar os danos ocorridos em propriedade rural na Serra da Cantareira, em especial, os danos resultantes do desenvolvimento de processos erosivos e o conseqüente assoreamento de corpo d’água à jusante, próximo de reservatório integrante do Sistema Cantareira, responsável pelo abastecimento de parte da RMSP.

“O avançado estágio do processo erosivo encontrado na área, é basicamente de duas formas, erosão em sulcos e voçoroca. A erosão em sulcos resulta de pequenas irregularidades na declividade do terreno que faz com que a enxurrada,

concentrando-se em alguns pontos do terreno, atinja volume e velocidades suficientes para formar riscos menos profundos. Esta situação se encontra em quase todos os caminhos abertos por máquinas.” (Processo Judicial nº 0001867-24.1999.8.26.0338, Comarca de Mairiporã, 1ª Vara Cível, Parecer técnico, f. 49, grifo nosso).

Por fim, cabe destacar que foi selecionado, também, trecho empregando o termo “tromba d’água”. Tal seleção foi motivada pelo contexto de utilização, no qual o autor visava se referir à inundação, possivelmente súbita (apesar de não versar sobre a velocidade e duração desta) e de grande magnitude que atingiu o loteamento, ensejando danos no sistema viário e de drenagem pluvial deste, bem como erosão significativa das margens do curso d’água vizinho ao loteamento (trecho a seguir).

*“No último dia 16 de fevereiro, uma **tromba d’água** causou danos de monta no sistema de escoamento de águas pluviais do loteamento, no sistema viário e na rede de esgotos provocando o afundamento de bloquetes e nas guias e sarjetas (7 metros de afundamento na Rua 8 [...] e a erosão e o desmoronamento em diversos pontos da área do rio do Peixe.” (Processo Judicial n  0005044-16.2000.8.26.0223, Comarca de Guarujá, 2ª Vara Cível, Petição intermediária contra decisão liminar, f. 1525, grifo nosso).*

O termo “tromba d’água”   muito utilizado na linguagem coloquial, visando designar conceito similar ao processo de “flash flood”, como no caso citado acima, e muito associado a ocorrências em cachoeiras, quando apresenta risco aos visitantes. Esse termo também pode ser encontrado com “cabeça d’água”, apesar de menos popular. Na literatura científica, no entanto, o termo “tromba d’água” designa outro processo, climatológico, referente   formação de tornados sobre o mar ou grandes corpos d’água, tanto em movimento descendente emergindo da base de nuvem cumulonimbo em direção ao corpo d’água, quanto ascendente, do corpo d’água em direção   nuvem. Os ventos são menos intensos do que os tornados convencionais e os danos associados são conseqüentemente menores e localizados. O termo equivalente em inglês seria “waterspout” (TAVARES, 2015; CEMADEN, 2016b).

Assim, no contexto do trecho extraído da ação judicial, o termo mais apropriado seria “enchente”, diante dos efeitos da inundação sobre a ocupação humana, resultando em danos ao loteamento, ainda que o autor pudesse destacar sua magnitude e sua duração. O termo enxurrada não seria apropriado por referir-se a processo fluvial, de transbordamento do rio na planície de inundação deste, ocupada pelas edificações.

4.2.3.5. ALAGAMENTO

CONCEITO SOB A VISÃO DA GEOMORFOLOGIA

Similarmente ao descrito para os termos anteriores, o conceito de “alagamento” não apresenta um correspondente na língua inglesa, sendo abrangido igualmente pelo termo “flood” ou “flooding”. O mesmo ocorre no alemão, com os termos “ berschwemmung” e “ berflutung”, também utilizados para designar o termo “inundação”. Já nas línguas de origem latina, existem termos específicos, como demonstrado na Tabela 47.

Tabela 47 - Termo "alagamento" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

Inglês	<i>Flood, flooding</i>
Francês	<i>Crue</i>
Espanhol	<i>Anegamiento</i>
Italiano	<i>Allagamento</i>
Alemão	<i>Überschwemmung, Überflutung</i>

Fonte: Baulig (1956), Rassam et al. (1987), García-Arney (informação pessoal), Parentti (informação pessoal), Höbling (informação pessoal).

São esparsas as definições para esse termo, encontradas apenas na literatura em português, diante da inexistência de termo específico na língua inglesa (Tabela 48).

Tabela 48 - Definição do termo "alagamento" de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
CASTRO (1998)	“ Alagamento. Água acumulada no leito das ruas e no perímetro urbano por fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes.” (p. 15).
AMARAL & RIBEIRO (2015)	“De acordo com Min. Cidades/IPT (2007), o alagamento pode ser definido como o ‘acúmulo momentâneo de águas em uma dada área por problemas no sistema de drenagem, podendo ter ou não relação com processos de natureza fluvial’.” (p. 41).
IPT/CPRM (2014)	“Na incidência de inundações, incluem-se, por correlação, alagamento (acúmulo momentâneo de água ante a dificuldade de escoamento superficial em terrenos com baixa declividade ou por deficiência ou baixa capacidade de escoamento do sistema de drenagem) [...]” (p. 7).
CEMADEN (2016c)	“ Alagamento: Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em áreas rebaixadas atingindo ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.” (s/n).

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

As definições apresentadas possuem uma compreensão unânime do conceito, já que todas associam ao acúmulo de água em ambiente urbano, em áreas rebaixadas, deprimidas ou com pouca declividade, resultante de deficiências no sistema de drenagem urbana ou da superação de sua capacidade de suporte. É um fenômeno que decorre, predominantemente, de precipitação intensa, destacada por Castro (1998) e por Cemaden (2016c), mas pode não estar diretamente relacionado a essa. Amaral e Ribeiro (2015) destacam, ainda, que pode apresentar ou não relação com o sistema fluvial, similarmente à definição de IPT/CPRM (2014) que o associam com a ocorrência das inundações.

DEFINIÇÃO RECOMENDADA DO CONCEITO

Os alagamentos são fenômenos causados por sistemas inadequados de microdrenagem (galerias, bocas de lobo, drenos em vias para direcionamento de água), principalmente de águas pluviais, ocorrendo, frequentemente, onde tal infraestrutura inexistente ou é deficiente.

São fenômenos localizados e não dependem de eventos muito intensos de precipitação para se deflagrarem, podendo ocorrer, inclusive, em locais externos aos fundos de vale, ou seja, em setores que não inundam, como na intersecção de vias em trechos intermediários de vertente.

COMO O CONCEITO É APROPRIADO NOS PROCESSOS JUDICIAIS

Foram extraídos 18 trechos das ações judiciais analisadas, 10 dos quais de documentos não técnicos (6 de petições iniciais, 2 de contestações e 2 de sentenças e decisões) e os outros 8 restantes, de pareceres técnicos e laudos periciais. Esse termo, portanto, não se restringe ao vocabulário técnico, sendo utilizado igualmente nas demais peças judiciais.

Os documentos técnicos apresentaram compreensão do termo com significado equivalente ao conceito de “inundação”, referindo-se ao transbordamento do canal e a ocupação da área da planície fluvial. Já as Petições Iniciais e Contestações se dividiram entre duas compreensões distintas: a primeira, similar ao ocorrido com os documentos técnicos, utilizando o termo “alagamento” para designar o processo de “inundação”; e a segunda, referindo-se aos efeitos e danos ocasionados à sociedade pelo extravasamento da água do canal e acúmulo nas áreas urbanizadas, atuando como uma substituição ao termo “enchente”.

São recorrentes, também, os trechos que apresentam diversos termos em conjunto, na sequência, como se abrangessem o mesmo processo geomorfológico e fossem utilizados mais como sinônimos do que como definições distintas, conforme trecho extraído a seguir.

*“148. Oportuno consignar que o histórico de **problemas de enchentes e inundações** no município remonta de longa data, confirmando a existência dos problemas urbanísticos, de ocupações irregulares em **várzeas sujeitas a inundações e alagamentos.**” (Processo Judicial nº 0010486-51.2010.8.26.0048, Comarca de Atibaia, 2ª Vara Cível, Contestação, f. 543, grifo nosso).*

Por outro lado, alguns trechos apresentaram uma compreensão do termo “alagamento” que dialoga com a definição proposta na pesquisa, associando à ocorrência do processo às deficiências no sistema de microdrenagem urbana, como destacado no trecho abaixo.

“Mais adiante, o técnico da Municipalidade ainda diz o seguinte: ‘Considerando que a faixa de 30 metros ao longo do Rio Baquirivú e do Córrego Invernada, trata-se de uma área de preservação permanente, sugerimos a paralisação definitiva das obras e recuperação florestal desta área’, informando, ainda, a Prefeitura Municipal de Guarulhos, em outra oportunidade, que não há, na área, rede coletora de esgoto, rede de escoamento das águas pluviais, nem a instalação de equipamentos urbanos

(fls. 415), chegando a constatar que 'pela falta da rede de galeria de águas pluviais, em dias de maior precipitação, **as vias ficam alagadas e algumas casas sofrem com a inundação.**' (Processo Judicial nº 0049172-35.2011.8.26.0224, Comarca de Guarulhos, 2ª Vara da Fazenda Pública, Petição Inicial, f. 6, grifo nosso).

4.2.3.6. TEMPO DE RETORNO

O conceito de tempo de retorno apresenta grande importância no âmbito das ações judiciais envolvendo o meio físico, pois frequentemente o mérito da questão se baseia na responsabilização de determinados agentes em função de seu conhecimento prévio, ou não, do tempo de retorno de determinado processo climatológico ou hidrogeomorfológico. Esse conceito, então, está no cerne de muitos dos litígios, conforme observado na pesquisa e com base na literatura das ciências da terra em relação à prevenção e gerenciamento de riscos (SELBY, 1982; COOKE; DOORNKAMP, 1990; SCHUMM, 1991, 1994).

CONCEITO SOB A VISÃO DA GEOMORFOLOGIA

A literatura das ciências da terra, seja nos glossários, enciclopédias e compêndios do campo, seja na literatura especializada, apresenta definições convergentes para esse conceito. A maioria compreende os termos "tempo de retorno" e "intervalo de recorrência", e seus equivalentes da língua inglesa "*return period*" e "*recurrence interval*", como sinônimos. Na literatura inglesa predomina o segundo, "*recurrence interval*" como mais utilizado (Tabela 49).

Tabela 49 - Termo "tempo de retorno" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

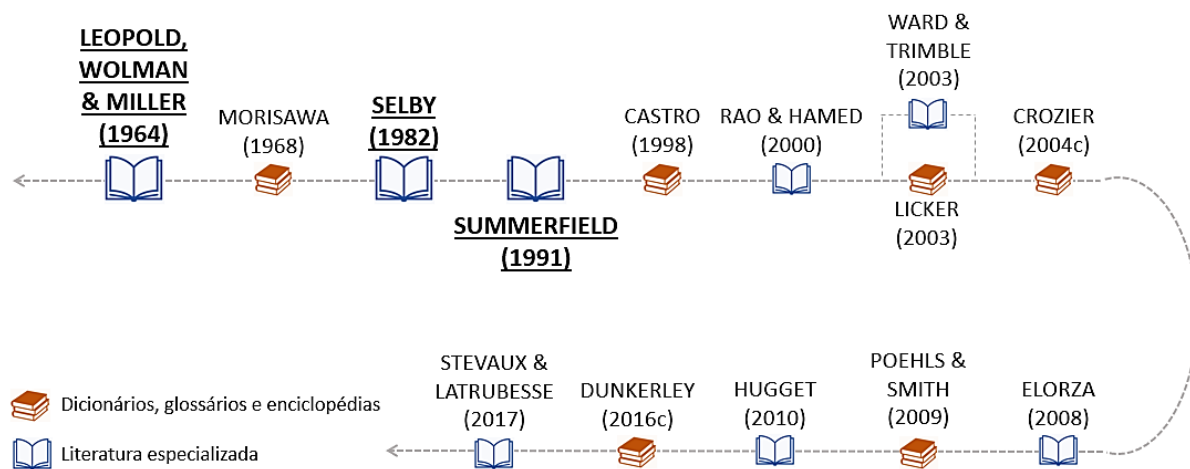
Inglês	<i>Recurrence interval, Return period</i>
Francês	<i>Temps de retour</i>
Espanhol	<i>Período de retorno, intervalo de recurrencia</i>
Italiano	<i>Tempo di ritorno</i>
Alemão	<i>Wiederholungsintervall</i>

Fonte: Baulig (1956), Rasan et al. (1987), Suguio (1998), Höbling (informação pessoal).

O levantamento bibliográfico desse termo obteve grande número de definições, em contraposição ao verificado em relação aos termos anteriores. Em algumas referências, por exemplo, se encontrou a definição apenas desse termo, e não do termo "inundação" ("*flood*"). Tal situação pode estar associada a falta de preocupação sobre a definição do termo "inundação" no âmbito científico, considerado como uma definição dada *a priori* e, portanto, a opção por definições de variáveis relacionadas à temática, como "tempo de retorno".

Apesar da compreensão quase unânime da equivalência dos termos, alguns autores propõem pequenas distinções entre ambos. A bibliografia consultada para levantamento e sistematização das definições do termo é retratada na Figura 57. As referências selecionadas, diante de sua aderência ao entendimento do termo nessa pesquisa, encontram-se listadas na Tabela 50.

Figura 57 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "tempo de retorno"



Fonte: Elaborado pela autora
Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 50 - Definição do termo "tempo de retorno" de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
LEOPOLD, WOLMAN & MILLER (1964)	<p><i>"This is the average interval of time within which a flood of a given magnitude will be equalled or exceeded but once. It is also a statement of probability. Thus, a flood having a recurrence interval of 10 years is one that has a 10% chance of recurring in any single year. Such a flood, or even one so large that it would not be expected more than once in a hundred years, might occur next year. Thus, the recurrence interval as stated earlier, is not a forecast."</i> (p. 65/66).</p> <p>Tradução nossa: "Esse é o intervalo médio de tempo no qual uma inundação de uma dada magnitude será igualada ou superada apenas uma vez. É também uma afirmação de probabilidade. Assim, uma inundação com intervalo de recorrência de 10 anos é uma que tem 10% de chance de ocorrer em qualquer ano. Tal inundação, ou até mesmo uma tão grande que não seria esperada mais de uma vez a cada cem anos, pode ocorrer no próximo ano. Assim, o intervalo de recorrência, como descrito antes, não é uma previsão."</p>
SELBY (1982)	<p><i>"The greater the magnitude of an event the lower is the probability of its recurrence. Recurrence intervals are expressed as a probability that an event will occur in a stated number of years. A 10-year return period event has a 10 per cent chance of occurring in any one year, and a 100-year event a one per cent chance. An event of such magnitude that it has a probability of returning every ten years will not necessarily occur in every ten-year period, but it has a 99.9 per cent chance of occurring in every 50-year period. A statement of a return period is, consequently, not a forecast. For reliable calculation of probabilities of occurrence, the length of record should be at least as long as the recurrence interval. [...] The data for an individual site are usually plotted on logarithmic probability paper and a straight-line relationship describes the recurrence interval of events of given magnitudes."</i> (p. 215).</p> <p>Tradução nossa: Quanto maior a magnitude de um evento, menor é a probabilidade de sua recorrência. Os intervalos de recorrência são expressos como a probabilidade de que um</p>

Referência	Definição
	<p>evento ocorra em um determinado número de anos. Um período de retorno de 10 anos tem 10% de chance de ocorrer em qualquer um ano, e um evento de 100 anos, tem 1% de chance. Um evento de tal magnitude que tenha a probabilidade de retorno a cada 10 anos não irá necessariamente ocorrer em cada período de 10 anos, mas tem 99.9% de chance de ocorrer a cada período de 50 anos. Uma afirmação de um período de retorno, conseqüentemente, não é uma previsão. Para cálculo confiável das probabilidades de ocorrência, o tamanho dos registros deve ser tão longo quanto o intervalo de recorrência. [...] Os dados de um local individualizado são geralmente plotados em escalas logarítmicas de probabilidade e uma relação linear descreve o intervalo de recorrência de eventos de dadas magnitudes.</p>
<p>SUMMERFIELD (1991)</p>	<p><i>“The mean frequency, or recurrence interval, of floods of a specified magnitude can be estimated if there is a record of stream discharge extending over many years, preferably several decades. Recurrence intervals of floods can be expressed in two ways. The usual procedure is to rank the highest discharge attained in each year to produce an annual series. The recurrence interval of a flood which is equal or greater in magnitude than one of a particular size in the annual series is then given as $(n + 1)/r$, where n is the number of years of record, and r is the rank order of the flood of the specified magnitude. For instance, if we have a 50 yr annual series the recurrence interval of a flood of the same or greater magnitude than the tenth largest annual flood in the series is $(50 + 1)/10 = 5.1$ a.” (p. 193/194).</i></p> <p>Tradução nossa: “A frequência média, ou intervalo de recorrência, de inundações de uma magnitude específica pode ser estimado se existe um registro da vazão fluvial se estendendo por muitos anos, preferencialmente, várias décadas. Intervalos de recorrência de inundações podem ser expressos em duas maneiras. O procedimento usual é ranquear a maior vazão registrada cada ano para produzir uma série anual. O intervalo de recorrência de uma inundação que seja igual ou maior em magnitude que uma de tamanho particular na série anual é então dado como $(n+1) / r$, onde n é o número de anos de registro, e r é a ordem da inundação da magnitude especificada no rank. Por exemplo, se nós tivermos a série anual de 50 anos, o intervalo de recorrência de uma inundação de mesma magnitude ou maior que a décima maior inundação anual na série é $(50 + 1) / 10 = 5,1$ a.”</p>
<p>RAO & HAMED (2000)</p>	<p><i>“Time intervals between floods vary. The definition of return period is the average of these inter-event times between flood events (Cunnane, 1989). Large floods naturally have large return periods and vice versa. The definition of the return period may not involve any reference to probability. However, a relationship between the probability of occurrence of a flood and its return period can be justified. A given flood a with a return period T may be exceeded once in T years. Hence the probability of exceedance is $P(Q_T > q) = 1/T$.” (p. 25).</i></p> <p>Tradução nossa: Os intervalos de tempo entre inundações variam. A definição de período de retorno é a média desses tempos inter-eventos entre eventos de inundação (Cunnane, 1989). Grandes inundações têm naturalmente grandes períodos de retorno e vice-versa. A definição de tempo de retorno pode não envolver qualquer referência a probabilidade. No entanto, a relação entre a probabilidade de ocorrência de uma inundação e seu período de retorno pode ser justificada. Uma dada inundação a com período de retorno T pode ser excedida uma vez em T anos. Assim a probabilidade de exceder é $P(Q_T > q) = 1/T$.</p>
<p>ELORZA (2008)</p>	<p><i>“Como hemos indicado podemos calcular el caudal del agua en la curva caudal-altura. Se debe efectuar un listado de los caudales máximos anuales y pueden</i></p>

Referência	Definição
	<p><i>representarse em una curva caudal-frecuencia para obtener el intervalo de recurrencia R para cada caudal a partir de la relación: $R = N + 1/M$ en la que R es el intervalo de recurrencia en años, N el número de años de registro y M el caudal de cada uno de los años registrados. Lo recíproco del intervalo de recurrencia expresado en años es el período de retorno ($R = 1/P$), siendo P la probabilidad de que un flujo sea igual o superior a un año. Por ejemplo, el flujo con un 20% de probabilidad de igualar o exceder a cualquier año tiene un R de cinco años. Es importante señalar que una vez que ha tenido lugar una inundación, su intervalo de recurrencia permanece igual.” (p. 331).</i></p>
<p>DUNKERLEY (2016c)</p>	<p><i>“recurrence interval. The recurrence interval for an event such as a riverine flood, tsunami, or earthquake, is defined as the average period of years between occurrences of an event of a particular nominated magnitude. The recurrence interval can be defined from sufficiently long historical records, such as streamflow records, as where $RI = N+1/m$ (n is the number of years of record and; m is the recorded number of events of the kind being tallied from the record (e.g. earthquakes of magnitude 6). [...] The estimation of recurrence intervals proceeds on several key assumptions, including independence of events in time and unvarying average rate of occurrence. The latter may, however, be violated as a result of climate change, urban encroachment on catchment areas or the effects of fire.” (p. 435/436).</i></p> <p>Tradução nossa: Intervalo de recorrência. O intervalo de recorrência de um evento, tal como uma inundação fluvial, tsunami ou terremoto, é definido como o período médio de anos entre ocorrências de um evento de uma magnitude nominal particular. O intervalo de recorrência pode ser definido a partir de registros históricos suficientemente longos, como registros de cursos d’água, como em $RI = N+1/m$ (n é o número de anos de um registro e; m é o número registrado de eventos do tipo sendo medido a partir dos registros (ex. terremotos de magnitude 6). [...] A estimativa de intervalos de recorrência segue diversas premissas chave, incluindo a independência dos eventos no tempo e a taxa média não variável de ocorrência. Essa última, no entanto, pode ser violada como resultado das mudanças climáticas, ocupação urbana em áreas de bacias de drenagem e efeitos de queimadas.</p>

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

As definições apresentadas estão bem alinhadas, concebendo o termo como o tempo médio decorrido entre eventos de uma magnitude igual ou superior, expresso em anos. A maior parte dos autores descreve que essa medida pode ser expressa igualmente em probabilidade, pois, como expresso por Rao e Hamed (2000), apesar do conceito não envolver necessariamente a probabilidade, essa relação existe.

Observa-se um predomínio da visão da hidrologia em relação a esse conceito, já que a maior parte dos autores se refere ao tempo de retorno das inundações. Isso pode estar associado à bibliografia selecionada, grande parte da geomorfologia fluvial e da hidrologia, mas também ocorre, no geral, em dicionários e enciclopédias das ciências da terra, demonstrando a importância desse parâmetro no estudo de frequências de eventos de inundação. Por outro lado, Dunkerley (2016c) destaca, também, a utilização desse parâmetro na análise de frequência de eventos como tsunamis, terremotos e precipitações, e Selby

(1982) aborda seu emprego no contexto dos processos de vertente, como os movimentos de massa.

A maior parte das definições descreve a forma de cálculo, por meio de equação, e grande parte destaca se tratar de uma estimativa, ou seja, da obtenção de uma média, que pode ocorrer como o esperado ou não. Nesse sentido, em especial as definições de Leopold, Wolman e Miller (1964), Selby (1982) e Dunkerley (2016c), destacam que a frequência expressa pelo tempo de retorno pode não ocorrer exatamente com o intervalo previsto, podendo ocorrer em um tempo maior ou menor, em função de diferentes fatores ambientais, externos e internos aos sistemas afetados, como mudanças na cobertura vegetal e intervenções antrópicas.

Alguns autores ressaltam a necessidade da utilização de extenso registro histórico para obtenção confiável desse parâmetro, como observado em Selby (1982) e Summerfield (1991).

Dentre as definições, ocorre uma concordância acerca da equivalência dos termos “período de retorno” e “intervalo de recorrência”, entendido pela maioria dos autores como sinônimo. Elorza (2008) é o único a diferenciar esses dois termos apenas em termos da forma de obtenção de ambos, o “intervalo de recorrência” sendo expresso pela equação $R = N + 1/M$ e período de retorno como resultado da utilização do dado de probabilidade de ocorrência ($R = 1/P$). Ambos, no entanto, seriam expressos em anos e, tendo em vista que a probabilidade é obtida pela equação, em suma, se trataria da mesma medida.

Dentre as definições apresentadas, as propostas de Wolman, Leopold e Miller (1964), Selby (1982) e Summerfield (1991) são aquelas que mais se aproximam da compreensão adotada nessa pesquisa e foram utilizadas como base à definição do termo, apresentada abaixo. Complementarmente, as contribuições de Coque (1984), Hart (1986) e Cooke e Doornkamp (1990) foram, também, utilizadas na sua redação.

DEFINIÇÃO RECOMENDADA DO CONCEITO

O período de retorno é uma variável utilizada para designar a frequência de eventos de uma dada magnitude, sejam eles eventos hidrogeomorfológicos, como as inundações, eventos climáticos ou outros fenômenos naturais. Ele expressa o intervalo de tempo, em média, decorrido entre um evento de uma dada magnitude e outro evento de mesma magnitude ou maior, como por exemplo, em inundações com $TR = 100$ é esperado que o intervalo entre a ocorrência de uma inundação com determinada vazão, ou superior, ocorra novamente dentro de cem anos. Essa variável é normalmente expressa em anos, porém, é possível retratá-la em relação à probabilidade de ocorrência, sendo frequente na literatura e entre especialistas, já que um dos principais usos dado a esse parâmetro é o de previsão de riscos.

Nesse sentido é um parâmetro que possui estreita relação com o conceito de magnitude e frequência, um dos mais importantes da geomorfologia, já que o período de retorno varia de acordo com a magnitude do evento, de forma que quanto maior a magnitude, menor é a probabilidade de sua recorrência (SELBY, 1982). Os conceitos de equilíbrio e de

limiares de mudança apresentam, também, relação com tal parâmetro, uma vez que eventos de grande magnitude podem romper o equilíbrio dinâmico de um determinado sistema, como uma vertente, gerando energia suficiente para promover mudanças (SELBY, 1982).

No caso das inundações, o cálculo do período de retorno se dá com base na medição contínua, durante longo período, das maiores vazões registradas anualmente em estações fluviométricas. Esses dados são plotados em um gráfico de distribuição de probabilidades, que expressa a relação entre a vazão ou outra medida, como a cota do nível d'água, ao longo do tempo, geralmente esse colocado em termos de anos de TR (LEOPOLD; WOLMAN; MILLER, 1964). Com base nessa relação é realizado o seguinte cálculo:

$$Tr = \frac{n + 1}{m}$$

No qual: n – número de anos no registro

m – posição do evento na série histórica

Na geomorfologia essa variável apresenta especial importância, pois permite estimar a probabilidade da ocorrência de inundações e outros eventos, que apresentam efeitos e mudanças significativas no sistema geomorfológico (LEOPOLD; WOLMAN; MILLER, 1964). Ainda assim, esse parâmetro deve ser observado com cuidado, conforme destacado por Leopold, Wolman e Miller (1964) já que um evento com tempo de retorno de 100 anos pode ocorrer, contra todas as previsões, no ano seguinte, tendo em vista a atuação de diversos fatores que podem influenciar, em conjunto, na formação de eventos climatológicos e de inundações.

A situação inversa pode ocorrer, também, já que um evento esperado a cada 100 anos pode não ocorrer dentro desse intervalo, diante dessa mesma complexidade de interação entre os fatores (LEOPOLD; WOLMAN; MILLER, 1964). É sempre fundamental ter no horizonte das pesquisas envolvendo probabilidades, que os fenômenos naturais não são estacionários, isto é, os elementos controladores dos regimes podem se modificar ao longo do tempo geológico. Nesse sentido, as mudanças ocorridas em uma bacia hidrográfica, como a impermeabilização do solo pela urbanização, e obras hidráulicas, como barramentos e canalizações, podem gerar mudanças significativas no sistema fluvial e, conseqüentemente, nas magnitudes das inundações, sendo necessário rever o cálculo do tempo de retorno.

A ausência de dados hidrológicos, em situações de séries históricas curtas ou problemas no funcionamento dos medidores, pode ser contornada com a modelagem de dados hidrológicos, por exemplo, em modelos determinísticos. A modelagem é muito realizada, também, com objetivos de prever tempos de retorno de grandes períodos, como inundações de TR = 500, 1.000 e 10.000, extrapolando as possibilidades apresentadas pelos registros, com fins de previsão, por exemplo, para construção de estruturas hidráulicas, como barragens.

A extrapolação dos dados, porém, pode resultar em estimativas que não possuem amparo na realidade e cientificamente questionáveis, além de poder gerar uma falsa sensação de segurança às populações assentadas no entorno do local possivelmente afetado pelas inundações (BAKER, 1994; SCHUMM, 1994). Essa é, também, uma das principais críticas

associadas à utilização desse parâmetro na previsão de riscos, já que ela pode apresentar limitações quanto à sua assertividade.

COMO O CONCEITO É APROPRIADO NOS PROCESSOS JUDICIAIS

Foram extraídos 23 trechos contendo o termo “período de retorno”, majoritariamente de documentos técnicos, entre pareceres e laudos periciais, perfazendo 61% das ocorrências. Foram, também, extraídos trechos das demais peças judiciais: da contestação, decisões e sentenças, despacho saneador e quesitos, e recursos de apelação, cada qual com 9%, e em menor quantidade, da petição inicial, com 4%.

Em muitas situações, foram utilizados termos semelhantes ou mais abrangentes para designar a ideia de recorrência dos eventos de inundação e de precipitação, como as expressões “frequência de eventos de cheia”, “frequência das precipitações”, “cheias periódicas”, “periodicidade dos eventos de cheia” ou, ainda, termos como “anomalias pluviométricas”. Esses trechos foram, também, selecionados e computados na análise tendo em vista que o conceito de tempo de retorno é uma chave para análises de frequência de fenômenos naturais, sobretudo, hidrogeomorfológicos e meteorológicos.

Apenas nos documentos técnicos encontrou-se efetivamente o termo “período de retorno”. Esse dado já enseja uma análise sobre a maior utilização do termo pelas engenharias, área de formação da maior parte dos especialistas e técnicos responsáveis pela elaboração de pareceres nos processos judiciais analisados, preterindo o termo “tempo de retorno”, mais comumente utilizado na geomorfologia. Apesar da preferência observada em relação a esse termo, seu significado no âmbito das ações judiciais é o mesmo.

O trecho apresentado, abaixo, extraído da ação judicial da Comarca de Atibaia, sobre as enchentes que atingiram o município em 2010, demonstra essa compreensão do termo e, também, a relação estabelecida com os usos na bacia hidrográfica e a impermeabilização.

*“Cálculos hidrológicos feitos para bacias hidrográficas contribuintes do rio Atibaia dentro do território do município indicam que as vazões específicas máximas para um **período de retorno de 100 anos** situam-se numa faixa de 0,2 m³/s.km² a 1,5 m³/s.km², dependendo das condições de impermeabilização do solo.” (Processo Judicial nº 0010486-51.2010.8.26.0048, Comarca de Atibaia, 2ª Vara Cível, Contestação, f. 1.299, grifo nosso).*

Os documentos não técnicos utilizaram termos distintos para designar a importância atribuída à frequência dos eventos de precipitação intensa e de inundação, como os destacados anteriormente, empregando, também, o conceito de “anomalia”. Esse conceito é interessante e especialmente utilizado no âmbito das ações judiciais, pois permite argumentar sobre a excepcionalidade do evento e, portanto, a possibilidade de atribuí-lo a motivos de força maior e eximir-se da responsabilidade pelo dano.

Nas Decisões e Sentenças, verificou-se situação semelhante. O caso da Comarca de Itapeverica da Serra, é ilustrativo desse uso. O caso versava sobre a ocorrência de enchentes e os respectivos danos, em local de interceptação de curso d’água por duas vias importantes

municipais. O MP havia instaurado a ACP visando a obrigação de fazer da Prefeitura Municipal de canalização do curso d'água para solução do problema.

A sentença em 1ª instância não acatou os pedidos do MP, que recorreu em recurso de apelação. No acórdão que julgou o recurso, o desembargador destacou que não ficou comprovada a frequência com a qual as enchentes ocorriam, bem como a extensão e os danos ocasionados por esses eventos, não sendo suficientes as provas para condenar a municipalidade a realizar a obra. Por outro lado, em parecer da Procuradoria Geral de Justiça, prévio ao julgamento do recurso, o magistrado defendia o provimento de tal recurso com base na frequência comprovada de precipitações intensas, ensejando as enchentes no local (trechos abaixo). A frequência dos eventos das enchentes foi, portanto, um dos pontos centrais na resolução desse processo judicial.

*“Com efeito, os autos indicam, com suficiência, inclusive por força de vistorias e perícias realizadas, que a situação descrita na inicial **ocorre toda vez que há precipitação pluviométrica acima de normal, e que isso tem acontecido com frequência**, havendo necessidade de intervenção municipal para solução do problema.” (Processo Judicial nº 0000008-32.2012.8.26.0268, Comarca de Itapeverica da Serra, 3ª Vara Cível, Parecer da Procuradoria Geral de Justiça sobre o Recurso de Apelação, f. 290, grifo nosso).*

*“O inquérito civil foi instaurado a pedido do morador vizinho ao córrego; mencionou a insuficiência dos tubos de passagem sob a estrada e a retenção de água nos períodos de chuva forte, mas não trouxe absolutamente nenhuma prova ou indício do alegado. A propriedade se situa em zona rural com ocupação de baixa densidade, não há construção ou residência próxima ao córrego e **não se sabe quando, como, em que extensão, quais danos foram provocados pelas enchentes**. O engenheiro que subscreveu o laudo extrajudicial (fls. 106/129, vol. 1) calculou a vazão do córrego a partir do recorde pluviométrico para o local registrado em 15-11-1979 de 82,8 mm/m² em 24 horas, sem indicar qual a precipitação média nas várias estações do ano durante os vários anos, qual precipitação o sistema atual comporta e **com que frequência essa vazão é ultrapassada**.” (Processo Judicial nº 0000008-32.2012.8.26.0268, Comarca de Itapeverica da Serra, 3ª Vara Cível, voto vencido do 3º juiz no julgamento do Recurso de Apelação, f. 309/310, grifo nosso).*

4.2.3.7. CONSIDERAÇÕES SOBRE A TERMINOLOGIA ASSOCIADA A INUNDAÇÃO

- Qual é a compreensão dos termos nas ações judiciais? Ela é compatível ou se distingue daquela da geomorfologia?

Com base na análise das ações judiciais, observou-se a utilização dos termos "cheias", "inundação", "enchentes" e "alagamento", distinta da compreensão proposta nessa pesquisa, que se baseia na visão de parte da literatura da geomorfologia, em especial, da geomorfologia antropogênica.

O termo "cheia" foi muito utilizado, tanto em documentos técnicos, quanto nas peças não técnicas, com o sentido de inundação, ou seja, como o processo de transbordamento do canal. Já o termo "enchente" foi utilizado nos pareceres técnicos com esse sentido, equivalente ao processo de inundação, mas nos documentos não técnicos aproximou-se da compreensão adotada nessa tese, enquanto fenômeno resultante da interface entre a inundação e os efeitos dessa sobre a sociedade, como geradora de risco.

O termo "inundação" apresentou duas compreensões principais, uma associada ao transbordamento do canal fluvial, e outra referindo-se ao resultado do processo, ao tratar da inundação e da permanência das águas na planície fluvial, por meio de expressões como "áreas inundadas" ou "várzea inundada".

Já o termo "alagamento" é encontrado predominantemente com duas compreensões principais: como sinônimo de inundação, nos documentos técnicos, e de enchente, nos documentos não técnicos. Nesse sentido, distingue-se da compreensão desse processo pela geomorfologia, adotado nessa pesquisa, bem como da compreensão de outras disciplinas das ciências da terra, que apresentam compreensão similar em relação a esse conceito.

Por fim, o termo "tempo de retorno" foi empregado, de modo geral, de maneira coerente com a compreensão da geomorfologia, sobretudo em pareceres técnicos, nos quais o termo foi encontrado como "período de retorno". Nos documentos não técnicos verificou-se a preferência pela utilização de outros termos ou expressões para referir-se à recorrência de um fenômeno natural, como "frequência de inundações", "cheias periódicas", "anomalia" e "excepcionalidade" dos eventos.

Assim, com base nas análises, é possível afirmar que o termo "tempo de retorno" foi aquele cuja compreensão esteve mais de acordo com a definição proposta pela geomorfologia, ao passo que os demais termos se apresentaram pouco coerentes com as definições da disciplina, em maior ou menor grau.

- O termo envolve o foco principal, ou seja, o mérito da ação judicial? Ou é algo secundário?

Na maioria dos casos analisados, os termos "inundação", "cheia", "enchente", "alagamento" e "tempo de retorno" envolvem o mérito do processo, ao discutir, por exemplo, sobre os efeitos da construção de obra hidráulica ("*polder*") sobre a dinâmica fluvial do rio Ribeira de Iguape ou as responsabilidades pelas enchentes ocorridas no município de Atibaia e as influências da operação de reservatório a montante no agravamento da situação.

Entretanto, observou-se que, apesar de envolver o mérito do processo, a utilização de um termo em detrimento do outro não afetou a resolução do conflito, ou seja, a utilização do termo "cheia" em substituição ao termo "inundação", e sua compreensão enquanto sinônimos, não afetaram o deslinde da causa. Isso é patente nas sentenças e decisões dos juízes e desembargadores, por exemplo, que algumas vezes utilizaram os termos em conjunto, como equivalentes demonstrando que a discussão conceitual pura, se o termo mais adequado é "inundação", "cheia" ou "enchente" e os limites de tais conceitos, pouco importa na resolução do conflito.

Em contraposição, observou-se que a efetiva compreensão dos processos fluviais e sua interação com as ações antrópicas, em especial com a ocupação urbana, é fundamental na resolução dessas ações judiciais e trata-se efetivamente do mérito dos processos.

Dois dos processos analisados nesse grupo exemplificam bem essa questão. O primeiro refere-se aos danos ambientais ocasionados na dinâmica fluvial do rio Ribeira de Iguape pela construção de *polder*, pelo réu, visando impedir o extravasamento da água para o interior da sua plantação de banana. O réu implantou a estrutura sem a autorização dos órgãos competentes, levando ao questionamento do Ministério Público sobre os impactos da estrutura no sistema fluvial e o pedido de demolição da obra. Diversos pareceres técnicos foram apresentados, incluindo laudo pericial, resultando em ação judicial extensa com oito volumes, que tramitou de 1995, com a instauração do inquérito civil, até 2014, chegando até a 3ª instância.

É interessante observar que ao longo do processo judicial, por diversas vezes buscou-se definir o que seria e quais as funções de um *polder*, resultando em definições diversas. O fato de o réu ter construído a estrutura sem as devidas autorizações esteve apenas de pano de fundo para uma discussão mais abrangente, acerca dos impactos de estruturas hidráulicas no sistema fluvial e do paradigma de sua utilização como medida de mitigação de processos de inundação.

O segundo processo judicial que merece destaque refere-se ao caso da ACP de autoria da Prefeitura Municipal de Atibaia em face da SABESP, visando responsabilizar a empresa pela ocorrência das enchentes na área urbana da cidade ao final do ano de 2010, e os consequentes danos ambientais e materiais. Em suma, a argumentação da Prefeitura se baseava na responsabilização da SABESP pela mal operação das barragens do Sistema Cantareira, ao liberar vazão muito elevada e de forma abrupta do reservatório Atibainha, resultando na inundação a montante e nas enchentes na cidade de Atibaia. O município argumentava, também, que a construção e operação do reservatório haviam resultado na mudança da seção transversal do canal, com a redução da largura e profundidade deste, solicitando assim, o desassoreamento do leito do curso por parte da empresa.

No decorrer do processo judicial, ainda em fase de recurso em 3ª instância, foram realizados diversos pareceres técnicos e perícia, por engenheiro civil. Os pareceres técnicos apresentados pelo réu destacavam a função das barragens na regulação das vazões, sobretudo nos períodos de estiagem, e baseavam sua argumentação: (i) na demonstração que as vazões afluentes ao rio Atibaia na ocasião das enchentes, independentemente da vazão liberada pelo vertedouro da barragem, eram suficientes para causar por si só a inundação, (ii) que a Prefeitura havia exposto à população ao risco ao permitir a ocupação da APP do rio e ao não exercer seu poder de polícia; e (iii) que a instalação de reservatórios não apresentava como impacto a redução da seção transversal do rio, sendo tal resultante do assoreamento em decorrência de outros usos na bacia hidrográfica, não devendo ser responsabilizada pelas obras de desassoreamento do canal.

Tendo em vista não ser o objetivo da pesquisa discutir o mérito dos processos judiciais analisados, ou seja, suas causas e responsabilidades, não cabe aqui realizar tal tarefa.

Entretanto, as duas ações descritas acima destacaram a importância da compreensão do funcionamento dos sistemas fluviais e, mais ainda, de sua interação com estruturas antrópicas.

Essa compreensão é ainda mais importante no momento atual, em que se observa um incremento dos extremos climáticos, da magnitude e frequência das inundações e da vulnerabilidade das populações, o que possivelmente resultará em uma quantidade cada vez maior de processos judiciais visando a responsabilização de agentes por danos ambientais, materiais e morais, obtenção de indenizações, etc.

Nesse ponto, vale apresentar o trecho abaixo, extraído dos quesitos apresentados ao perito judicial na ação judicial da Comarca de Atibaia, descrita anteriormente.

*“Pode o Sr. Perito confirmar ser axiomático, tecnicamente falando, que em qualquer sítio submetido a ocupação urbana, como é o caso da área em questão, sempre haverá muitos outros fatores, **causas antrópicas** e outras atividades humanas, muitas delas irregulares, **que concorrem igualmente para intensificação dos efeitos de um evento de cheia** numa bacia?*

Pode o Sr. Perito citar as mais facilmente reconhecidas e mais incidentes, as quais, via de regra, são desconsideradas pelo conhecimento popular e imediatamente substituídas pelo achadismo de que “abertura de comporta de represa” é que agrava as cheias?

*Em outras palavras, confirme o Sr. Perito se **duas cheias quaisquer, com mesmas vazões, podem ter efeitos diferentes em função da existência, ou não, de causas antrópicas** e outras atividades humanas que concorrem de modos diferentes na promoção dos seus efeitos?” (Processo Judicial nº 0010486-51.2010.8.26.0048, Comarca de Atibaia, 2ª Vara Cível, Quesitos, f. 1.314, grifo nosso).*

Assim, esse resultado demonstrou a necessidade premente de discussão desses conceitos, mas demonstrou, também, que para que ela possa extrapolar os limites da academia e atingir os agentes que atuam nos processos judiciais, sejam eles peritos, especialistas ou advogados e juízes, é necessário: (i) dotar-se de uma linguagem menos enciclopédica, que seja mais palatável e útil na visão dos agentes; e (ii) que abranja o funcionamento do sistema fluvial e, sobretudo, a interação deste com a variável antrópica, ou seja, sob a ótica da geomorfologia antropogênica.

- Na ação judicial os termos são usados com ambiguidade? E na geomorfologia pensada em si mesma e em relação com as demais disciplinas das ciências da terra, o termo possui uma definição ambígua?

Nos processos judiciais analisados observou-se a preferência pela utilização de termos genéricos, como verificado em relação ao termo “cheia”. Essa questão adquire maior importância por ter sido verificada, também, nos pareceres técnicos e laudos periciais, que igualmente priorizam termos mais genéricos.

Essa situação pode estar relacionada a uma apreensão, por parte do especialista, em se comprometer ao utilizar a terminologia específica e, conseqüentemente, ser posteriormente questionado e desqualificado, sobretudo pelos assistentes técnicos das partes. Isso porque a utilização de terminologia específica carrega alguns pressupostos, como conteúdo acerca da gênese do fenômeno e dos fatos a ele associados, compreensão de sua dinâmica e evolução, das tendências esperadas e da interação entre os diferentes fatores.

Por outro lado, a preferência por termos mais genéricos, como o termo “cheia”, pode ser deliberada, resultado de desconhecimento ou da própria formação profissional de tais especialistas, predominantemente da engenharia, campo no qual, tradicionalmente, é dada maior ênfase na prática e na quantificação dos processos, de forma que os conceitos estão subentendidos. O problema se apresenta a partir do momento em que esse discurso técnico é transposto e apropriado nos processos judiciais, destituído desses objetivos, e sim voltados à argumentação de responsabilização de agentes e de obrigações de fazer e de não fazer.

Nos documentos não técnicos, essa priorização de termos genéricos também ocorre. Grande parte em decorrência da utilização dos pareceres técnicos como insumo na elaboração de tais documentos, que usualmente repetem as explicações e argumentos presentes em tais pareceres. Isso é amplificado ao longo do processo judicial, já que as partes utilizam tais compreensões para embasar seu argumento.

Nesse sentido, as ambigüidades repetidas ao longo da evolução da ação judicial podem se transformar ao longo desse processo de apropriação, dando origem a novas compreensões acerca dos conceitos e, inclusive, a novos termos.

O termo pode não ganhar necessariamente outras ideias, mas ele pode receber predicados, ou seja, complementações, que podem reorientar o processo. Como por exemplo quando se acrescenta um qualificador à ideia de “tempo de retorno”, por meio de expressões como “chuvas excepcionais” ou “precipitação recorde”. Tais expressões possuem uma intenção clara, de demonstrar a magnitude do fenômeno e sua imprevisibilidade, apesar de não apresentarem uma demonstração, por meio de análise científica, que comprove tal afirmação.

Nesse sentido, a análise realizada nesse subcapítulo verificou a existência de ambigüidades principalmente em relação ao termo “tempo de retorno” e no que tange à intensidade, magnitude e frequência dos eventos de inundação e seus efeitos na sociedade. Ambigüidades essas possivelmente intencionais, verificadas, por exemplo, na utilização de termos como “anomalia” e “excepcionalidade do evento”, que visam, sobretudo, descaracterizar as responsabilidades pelos danos ambientais e materiais em situações envolvendo enchentes.

A utilização dos termos com tais ambigüidades pode favorecer uma das partes da ação judicial, possibilitando que ela o utilize de acordo com a ideia defendida. Dessa forma, a própria ambigüidade dos conceitos, resultante muitas vezes de compreensões díspares na Ciência, favorece essa apropriação mal intencionada.

A partir do levantamento bibliográfico realizado nesse subcapítulo, verificou-se que esses conceitos não apresentam definição única e compreensão unânime nas disciplinas que integram as ciências da terra e, inclusive, dentro da própria geomorfologia. A existência de uma vasta terminologia para designar o processo de inundação e sua interferência na sociedade constitui, por si só, fator gerador de ambiguidades na própria disciplina e entre os campos das ciências da terra.

Essa terminologia variada para designar o processo de extravasamento das águas do canal fluvial, ocorre em especial nas línguas latinas. Em contraposição, na língua inglesa, com base na bibliografia analisada, observa-se a utilização do termo “*flood*” para designar os processos de “inundação”, “cheia”, “enchente” e “alagamento”, com exceção do termo “*flash flood*” e com raras ocorrências do termo “*inundation*”.

Na língua francesa, existe uma distinção entre os termos “*crue*” e “*inondation*”, conforme extraído de Baulig (1956). A primeira seria o equivalente ao termo “cheia” e a segunda ao termo “inundação”. A língua espanhola apresenta uma variedade maior de termos, como “*inundación*”, “*crescida*”, “*avenida*”, “*riada*” e “*anegamiento*”, porém estes parecem ser utilizados como sinônimos na bibliografia sobre o tema e na linguagem cotidiana, com exceção do último. O mesmo ocorre no italiano, com os termos “*inondazione*”, “*allagamento*” e “*alluvione*”, utilizados como sinônimo. Já o termo “*piena*” seria o equivalente ao termo “cheia” em português.

É interessante que nas línguas de origem latina exista essa variedade de termos, ao passo que na língua inglesa, os termos se reduzam a apenas “*flood*”. Observou-se durante a realização dos levantamentos das definições, a existência de bibliografia esparsa em língua inglesa dedicada à definição do termo. Mesmo nos dicionários e enciclopédias, alguns apresentavam apenas a definição de termos derivados, como “*flood peak*”, “*flood prevention*”, “*flood zonation*”, e não propriamente do termo “*flood*”.

A literatura específica da geomorfologia em língua inglesa tampouco se preocupou muito com a definição do termo, partindo de sua definição como pressuposto, para discutir outros aspectos relacionados às inundações, como a magnitude e frequência. Nesse sentido, a definição do termo “tempo de retorno” foi mais numerosa em comparação com o termo “inundação”.

O fato da terminologia em inglês se dar apenas a partir do termo “*flood*” pode explicar a esparsa discussão a respeito das definições do termo e de seus sinônimos, já que na literatura de língua inglesa esta questão parece não assumir relevância, fazendo com que os pesquisadores não se debrucem sobre ela.

Essa falta de relevância da discussão conceitual pode ser associada a necessidade de produção de resultados e a um enfoque na técnica assumido pelas ciências da terra, que paulatinamente deixaram as discussões conceituais em segundo plano. Baker (1994) destaca essa questão ao discorrer sobre o conceito de inundação (*flood*) e sobre as diferentes definições surgidas com diferentes enfoques:

*The term "flood" has a range of meanings (Baker, 1990; Matthai, 1990), including: (1) technical hydrological definitions specified in terms of magnitude and frequency of flow, (2) common sense definitions focused on practical consequences such as damage to property, and (3) environmental science definition expressed as consequences for biota, the landscape, or other elements of the environment. This range of meanings reflects a range of viewpoints concerning flood phenomena, not just between science and the general public, but within science itself. **Moreover, the very notion that viewpoints can influence a scientific study is controversial among scientists, many of whom hold their enterprise to be completely objective, such that its facts and theories are untainted by any relativism introduced by a particular point of view.**²³ (BAKER, 1994, p. 139/140, grifo nosso).*

Com base nas observações e análises realizadas nesse subcapítulo verifica-se a premente necessidade de discussão dos conceitos associados à inundação, em especial, no âmbito da geomorfologia e das ciências da terra, já que, como visto, são nos pareceres técnicos, laudos periciais e consultorias técnicas de especialistas, que advogados e juízes irão basear suas argumentações e conclusões. Ainda que as ambiguidades possam ser utilizadas intencionalmente para favorecer interesses, é importante que essa ambiguidade não provenha do âmbito científico, permitindo o posicionamento de outros agentes envolvidos e não favorecendo a contravenção ambiental.

4.2.4. RISCO GEOMORFOLÓGICO

A opção por finalizar o subcapítulo de análise das ações judiciais com os termos associados ao conceito de "risco", teve como objetivo encerrar a discussão com conceitos que englobam os demais analisados anteriormente. Movimentos de massa, erosão, assoreamento, subsidências e inundações compõem o amplo espectro de riscos que ameaçam a sociedade, naturais e influenciados por atividades antrópicas.

Por esse motivo, todas as ações judiciais analisadas apresentaram como discussão de fundo, a produção de riscos ao meio ambiente e à sociedade em decorrência de alguma conduta transgressora e da ocorrência de dano ambiental, refletindo no alto número de trechos extraídos e apresentados nesse capítulo.

A pesquisa de jurisprudência, seguindo os critérios estabelecidos na metodologia, resultou na seleção de três ações judiciais para análise da terminologia associada aos riscos geomorfológicos (Tabela 51). Porém, diante da característica abrangente desses termos,

²³ O termo "inundação" tem uma gama de significados, incluindo: (1) as definições técnicas hidrológicas, especificadas em termos da magnitude e frequência dos fluxos, (2) definições do senso comum focadas nas consequências práticas, como danos às propriedades; e (3) a definição da ciência ambiental, expressa como as consequências à biota, à paisagem ou outros elementos do meio ambiente. Essa gama de significados reflete a variedade de pontos de vista no que concerne ao fenômeno das inundações, não apenas entre a ciência e o público geral, mas dentro da própria ciência. Adicionalmente, a própria noção de que pontos de vista podem influenciar um estudo científico é controversa entre os cientistas, muitos dos quais afirmam ser seu esforço completamente objetivo, tal que seus fatos e teorias não são contaminados por qualquer relativismo introduzido por um ponto de vista particular. (Tradução nossa).

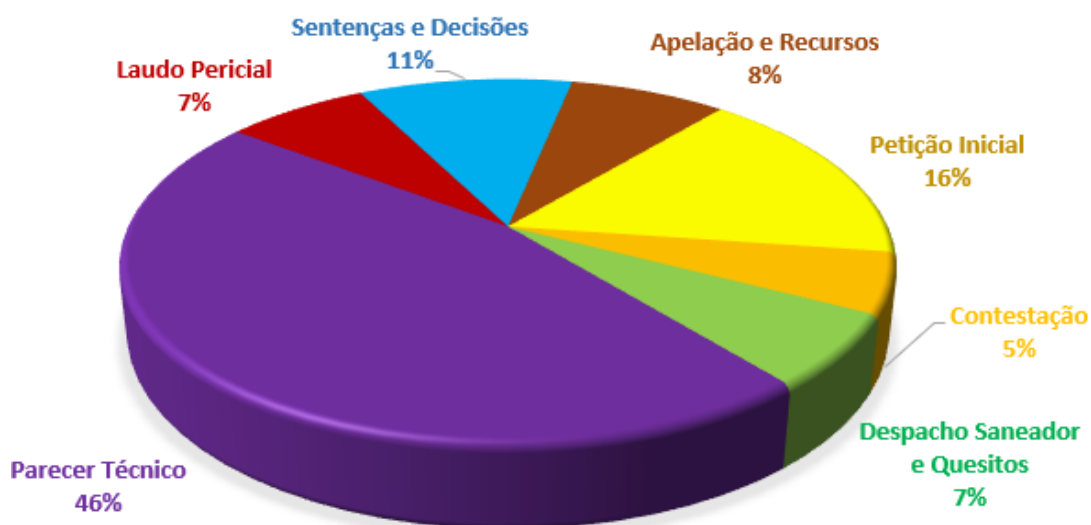
foram também extraídos trechos das outras 29 ações judiciais analisadas nos capítulos anteriores.

Tabela 51 - Processos selecionados como amostragem da terminologia de riscos geomorfológicos, com base na pesquisa de jurisprudência

Número do Processo	Comarca
0005044-16.2000.8.26.0223	Guarujá (Foro do Guarujá / 2ª Vara Cível)
0042686-05.2002.8.26.0562	Santos (Foro de Santos / 2ª Vara da Fazenda Pública)
0189436-03.2008.8.26.0000	São Paulo (Foro Central / 11ª Vara da Fazenda Pública)

Assim, a leitura das ações judiciais analisadas na pesquisa resultou na seleção de 279 trechos com terminologia ou conteúdo relacionado à temática dos riscos. A maioria dos trechos (53%) foi extraída de pareceres técnicos e laudos periciais, com predomínio dos primeiros. Dentre as peças judiciais não técnicas, destacou-se a petição inicial, com a seleção de 45 trechos (16%), seguida das sentenças e decisões, com 30 trechos, dos recursos de apelação e outros documentos recursais (22 trechos), o despacho saneador e os quesitos, e as contestações, com 18 e 15 trechos selecionados, respectivamente (Figura 58).

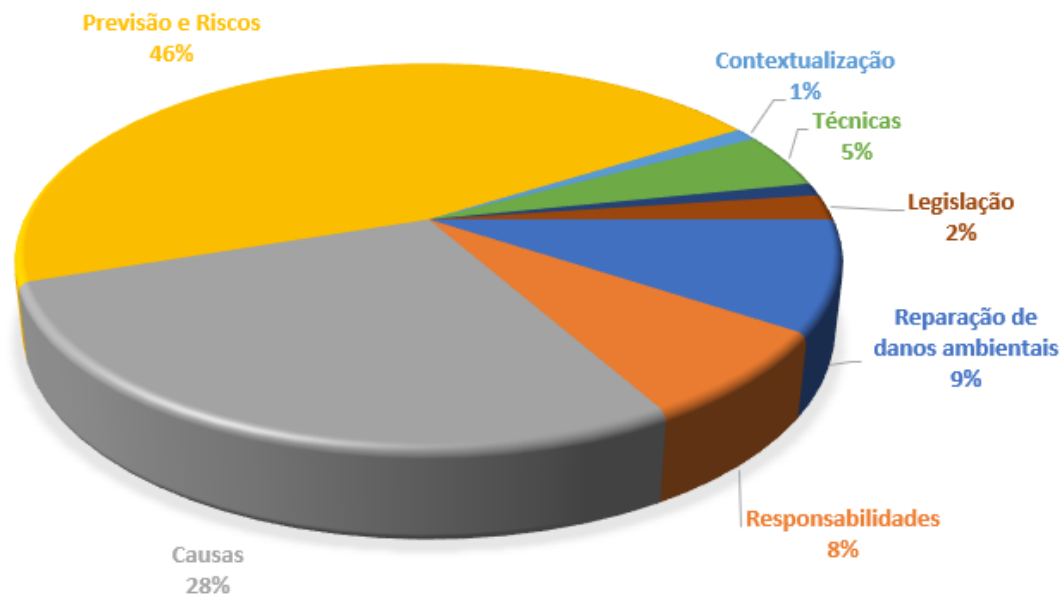
Figura 58 - Proporção entre os tipos de peças judiciais a partir das quais foram extraídos os trechos do universo de análise de risco



Fonte: Elaborado pela autora

Os 279 trechos foram extraídos principalmente de contextos abordando a previsão de riscos decorrentes do dano ambiental investigado (46% ou 129 trechos), como por exemplo, os riscos de assoreamento dos cursos d'água e conseqüente incremento de episódios de inundação, diante da supressão da cobertura vegetal e intervenção em APP de curso d'água (Figura 59). A outra metade dos trechos dividiu-se entre contextos abordando as causas dos danos ambientais, com 78 trechos (28%) e, em menor número, as ações propostas de reparação de tais danos (26 trechos), as responsabilidades pelo dano ambiental (21 trechos), as técnicas utilizadas no laudo pericial e em pareceres técnicos (13 trechos), questões relacionadas à legislação ambiental (6 trechos) e finalmente, trechos relacionados à caracterização das áreas em litígio (3 trechos).

Figura 59 – Mérito (ou a causa de pedir) associada à utilização da terminologia de risco

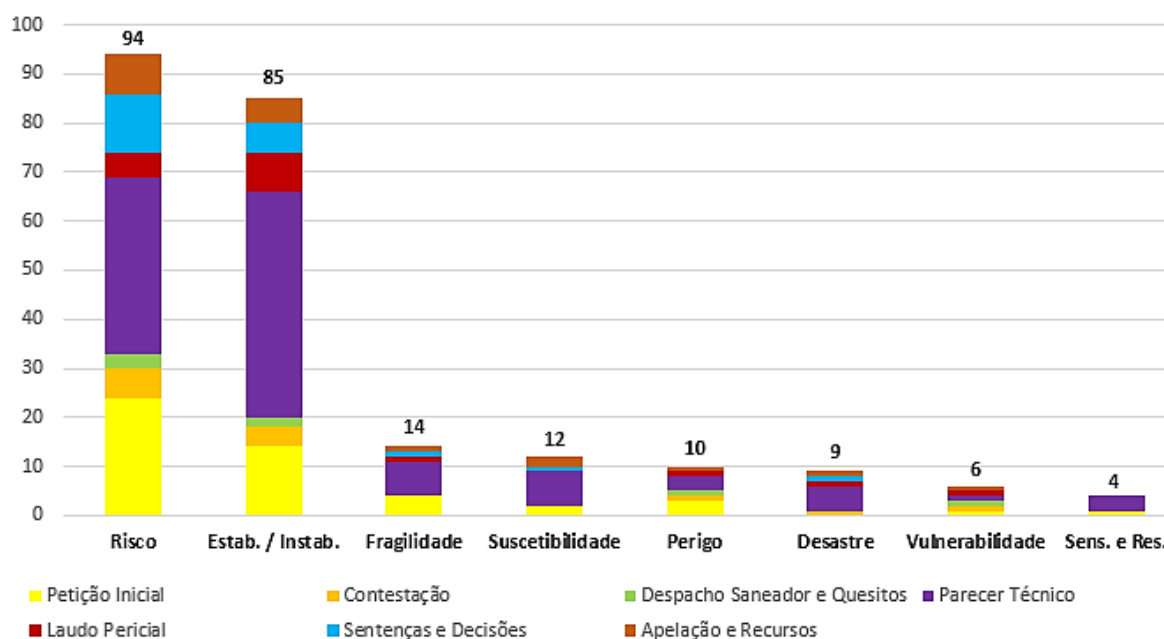


Fonte: Elaborado pela autora

Dentre os trechos selecionados, foram sistematizados aqueles contendo os termos de interesse no presente capítulo, visando a definição dos conceitos e a compreensão dos contextos de apropriação da terminologia nas ações judiciais. Os termos de interesse selecionados foram os seguintes: “risco”, “perigo”, “susceptibilidade”, “fragilidade”, “sensibilidade”, “resiliência”, “vulnerabilidade”, “desastre”, “estabilidade” e seu equivalente “instabilidade”.

Os termos “risco” e “estabilidade” (este incluindo seu antônimo, “instabilidade”) foram aqueles que apresentaram maior número de trechos extraídos, conforme demonstrado na Figura 60.

Figura 60 - Distribuição das ocorrências dos termos do universo de análise de risco



Estab. / Instab.: Estabilidade e Instabilidade
 Sens. e Res.: Sensibilidade e Resiliência.
 Fonte: Elaborado pela autora

Para análise detalhada das definições dos termos e de sua apropriação nas ações judiciais, estes foram agrupados em: risco, apresentando também as definições de perigo e desastre; suscetibilidade, com as definições, ainda, de fragilidade e sensibilidade; estabilidade e instabilidade, e por fim, vulnerabilidade.

RISCO

CONCEITO SOB A VISÃO DA GEOMORFOLOGIA

O conceito de risco transcende o limite das disciplinas das ciências da terra, tratando-se de conceito interdisciplinar, diante da existência de várias modalidades de risco e de consequências à sociedade. Esse conceito é, portanto, abordado pelo conjunto das ciências ambientais, das ciências sociais, da área da saúde, etc.

Nas ciências da terra, no entanto, ele apresenta especial importância, diante da magnitude dos impactos e danos resultantes de processos endógenos e exógenos do sistema físico, que apresentam grande impacto na sociedade e nas suas políticas públicas, visando a prevenção e mitigação da sua ocorrência. Tal é o destaque, diante de sua magnitude e frequência, que as distintas propostas de classificações de risco, frequentemente distinguem a categoria dos riscos naturais, como aqueles ocasionados por fenômenos majoritariamente do meio físico: climatológicos, hidrogeomorfológicos, geomorfológicos e geológicos.

Diante da importância do tema, sobretudo após a década de 1990, estabelecida pela Organização das Nações Unidas (ONU), como a Década Internacional de Redução de Riscos de Desastres, surgiram diversas definições de risco e propostas de classificação, demonstrando a complexidade desse conceito (CARDONA, 2004; TOMINAGA, 2007; GÜNTHER et al., 2017).

A Tabela 52, a seguir, apresenta as equivalências do termo “risco” em inglês, espanhol, francês e alemão.

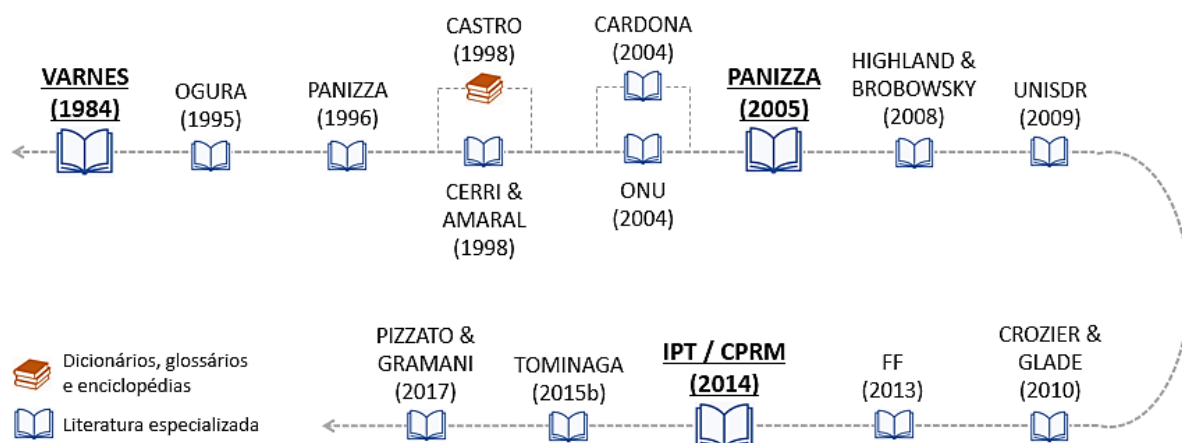
Tabela 52 - Termo "risco" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

Inglês	<i>Risk</i>
Francês	<i>Risque</i>
Espanhol	<i>Riesgos</i>
Italiano	<i>Rischio</i>
Alemão	<i>Risiko</i>

Fonte: Panizza (2005), Elorza (2008), UNISDR (2009), Höbling (informação pessoal).

A bibliografia consultada para levantamento e sistematização das definições do termo “risco” é retratada na Figura 61. As referências selecionadas, diante de sua aderência ao entendimento deste nessa pesquisa, encontram-se listadas na Tabela 53.

Figura 61 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "risco"



Fonte: Elaborado pela autora
Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 53 - Definição do termo "risco" de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
VARNES (1984)	<p><i>“Specified risk (Rs) means the expected degree of loss due to a particular phenomenon. It may be expressed by the product of H (natural hazard) times V (vulnerability). Elements at risk (E) means the population, properties, economic activities, including public services, etc., at risk in a given area. Total risk (Rt) means the expected number of lives lost, persons injured, damage to property, or disruption of economic activity due to a particular natural phenomenon, and is therefore the product of specific risk (Rs) and elements at risk (E). Thus: $R_t = (E) \times (R_s) = (E) \times (H \times V)$.” (p. 10).</i></p> <p>Tradução nossa: Risco específico (Rs) significa o grau esperado de perda em função de um fenômeno particular. Pode ser expresso pelo produto de H (perigosidade natural) multiplicado por V (vulnerabilidade). Elementos em risco (E) significa a população, propriedades, atividades econômicas, incluindo serviços públicos, etc., sob risco em uma dada área. Risco total (Rt) significa o número esperado de vidas perdidas, pessoas</p>

Referência	Definição
	<p>machucadas, ou interrupção de atividades econômicas devido a um fenômeno natural particular, é, portanto, o produto do risco específico (Rs) e dos elementos em risco (E). Assim: $R_t = (E) \times (R_s) = (E) \times (H \times V)$.”</p>
<p>ONU (2004)</p>	<p><i>“Riesgo. Probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, propiedad, medios de subsistencia, interrupción de actividad económica o deterioro ambiental) resultado de interacciones entre amenazas naturales o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad. Convencionalmente el riesgo es expresado como función de amenaza, vulnerabilidad y capacidad. Algunas disciplinas también incluyen el concepto de exposición o valoración de los objetos expuestos para referirse principalmente a los aspectos físicos de la vulnerabilidad. Más allá de expresar una posibilidad de daño físico, es crucial reconocer que los riesgos pueden ser inherentes, aparecen o existen dentro de sistemas sociales. Igualmente es importante considerar los contextos sociales en los cuales los riesgos ocurren; por consiguiente, la población no necesariamente comparte las mismas percepciones sobre el riesgo y sus causas subyacentes.” (p. 7, Anexo I).</i></p>
<p>CARDONA (2004)</p>	<p><i>“Thus, risk is the potential loss to the exposed subject or system, resulting from the convolution of hazard and vulnerability. In this sense, risk may be expressed in a mathematical form as the probability of surpassing a determined level of economic, social or environmental consequence at a certain site and during a certain period of time.” (p. 37).</i></p> <p>Tradução nossa: Assim, risco é a perda potencial para o objeto ou sistema exposto, resultante da convolução de perigo e vulnerabilidade. Nesse sentido, o risco pode ser expresso em uma forma matemática como a probabilidade de ultrapassagem de um determinado nível de consequências econômicas, sociais e ambientais, em um determinado local e durante certo período de tempo.</p>
<p>PANIZZA (2005)</p>	<p><i>“Con questo termine s’intende la probabilità che le conseguenze economiche e social di un certo fenómeno di pericolosità (nel nostro caso geomorfologica) superino una determinata soglia, in altre parole rappresenta il grado di perdita (in termini qualitativi) di un dato elemento vulnerabile, como conseguenza di un particolare fenomeno di pericolosità (geomorfologica).” (p. 25).</i></p> <p><i>“[...] il rischio di tipo gomorfologico può intendersi come il ‘prodotto’ dela pericolosità geomorfologica per la vulnerabilità del territorio preso in considerazione. Dei duo ‘fattori’ suddetti è compito della Geomorfologia studiare il fattore pericolità, cioè i fattori di instabilità connessi allá disciplina stessa: la degradazione dei versanti, l’erosione fluviale, l’accumulo di detriti ecc.” (p. 31).</i></p> <p>Tradução nossa: Com esse termo se entende a probabilidade que as consequências econômicas e sociais de um certo fenômeno de perigosidade (no nosso caso, geomorfológica) supere um determinado limite, em outras palavras, representa o grau de perda (em termos qualitativos) de um dado elemento vulnerável, como consequência de um fenômeno particular de perigosidade (geomorfológica). [...] O risco do tipo geomorfológico pode ser entendido como o produto da perigosidade geomorfológica pela vulnerabilidade do território levado em consideração. Dos dois fatores acima, é responsabilidade da Geomorfologia estudar o fator perigosidade, isto é, os fatores de</p>

Referência	Definição
	instabilidade ligados a própria disciplina: a degradação das vertentes, a erosão fluvial, o acúmulo de detritos, etc.
IPT/CPRM (2014)	“ Risco corresponde a uma medida da ameaça e das consequências (financeiras, bens, vidas) que esta poderá causar num dado intervalo de tempo. A estimativa de risco integra as análises de perigo/perigosidade e de consequências, incluindo nesta última a vulnerabilidade dos elementos expostos.” (p. 3)
TOMINAGA (2015b)	“ Risco – é a possibilidade de se ter consequências prejudiciais ou danosas em função de perigos naturais ou induzidos pelo homem. Assim, considera-se o Risco (R) como uma função do Perigo (P), da Vulnerabilidade (V) e do Dano Potencial (DP), o qual pode ser expresso como: $R = P \times V \times DP$.” (p. 151).
PIZZATO & GRAMANI (2017)	“ Risco é definido como a probabilidade de ocorrência de um evento perigoso associado às consequências sociais ou econômicas que esse evento possa causar: $R = P \times C$. Onde P é a probabilidade de ocorrência de um evento perigoso e C as consequências. [...] Essa fórmula pode também ser escrita da seguinte maneira: $R = P \times V \times C$. Onde P é a periculosidade, ou grau de perigo; V a vulnerabilidade dos elementos expostos; e C as consequências sociais ou econômicas.” (p. 218)

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

Por meio da leitura das definições acima, é possível observar a importância do conceito de “perigo” ou “ameaça”, na compreensão do termo “risco”, já que este é resultado da ocorrência de um evento perigoso, associado a outras variáveis, como a vulnerabilidade natural e social. Cardona (2004) destaca que durante muitos anos o conceito de “risco” foi empregado com a compreensão atual do termo “perigo”. O avanço no uso dessa terminologia resultou na distinção mais clara entre esses conceitos.

Diante da necessária definição do termo “perigo”, a Tabela 54, a seguir, apresentam respectivamente as equivalências do termo nas demais línguas.

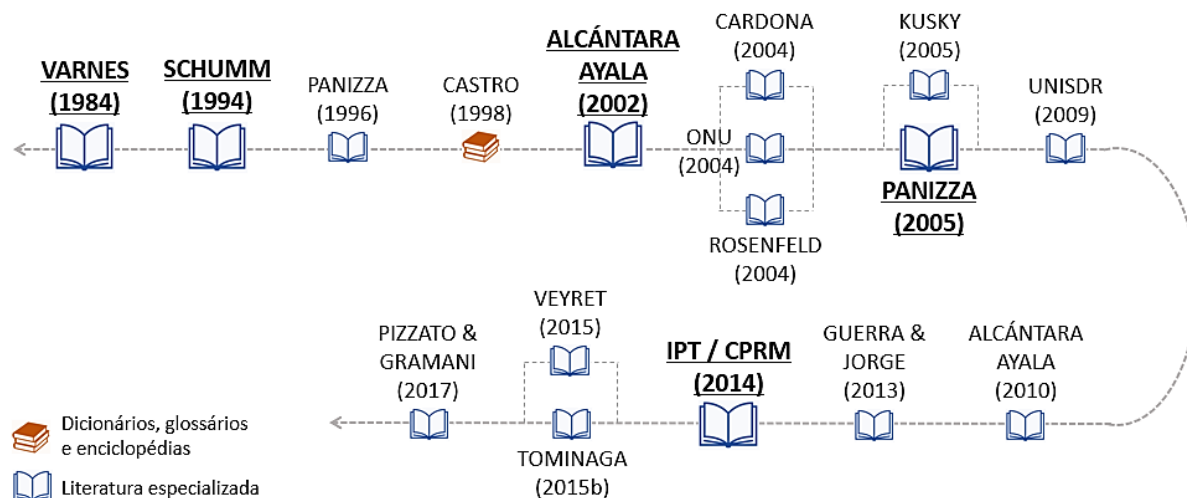
Tabela 54 - Termo "perigo" ou "perigosidade" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

Inglês	<i>Hazard</i>
Francês	<i>Aléa</i>
Espanhol	<i>Peligro</i>
Italiano	<i>Pericolosità</i>
Alemão	<i>Gefahr</i>

Fonte: Panizza (2005), Elorza (2008), UNISDR (2009), Höbling (informação pessoal).

A bibliografia consultada para levantamento e sistematização das definições do termo “perigo” é retratada na Figura 62. As referências selecionadas, diante de sua aderência ao entendimento deste nessa pesquisa, encontram-se listadas na Tabela 55.

Figura 62 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "perigo"



Fonte: Elaborado pela autora
Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 55 - Definição do termo "perigo", "perigosidade" e "ameaça" de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
VARNES (1984)	<p><i>"Natural hazard (H) means the probability of occurrence within a specified period of time and within a given area of a potentially damaging phenomenon."</i> (p. 10).</p> <p>Tradução nossa: O perigo natural significa a probabilidade de ocorrência, em um período específico de tempo e em uma dada área, de um fenômeno potencialmente danoso.</p>
SCHUMM (1994)	<p><i>The difference between geomorphic hazards and others is that geomorphic hazards may involve a slow progressive change that, although in no sense catastrophic, can be a significant hazard that will eventually involve costly preventive and corrective measures. Therefore, geomorphic hazards can be defined as any landform change, natural or otherwise, that adversely affects the geomorphic stability of a place."</i> (p. 129).</p> <p>Tradução nossa: A diferença entre os perigos geomorfológicos e outros, é que os perigos geomorfológicos podem envolver uma mudança progressiva vagarosa que eventualmente envolverá medidas preventivas e corretivas custosas. Assim, os perigos geomorfológicos podem ser definidos como qualquer mudança nas formas da superfície, natural ou não, que afete adversamente a estabilidade geomorfológica de um lugar.</p>
ALCANTARA-AYALA (2002)	<p><i>"Natural hazards are threatening events, capable of producing damage to the physical and social space where they take place not only at the moment of their occurrence, but on a long-term basis due to their associated consequences. When these consequences have a major impact on society and/or infrastructure, they become natural disasters."</i> (p. 108).</p> <p>Tradução nossa: Perigos naturais são eventos ameaçadores, capazes de produzir dano ao espaço físico e social onde ocorrem, não apenas no momento de ocorrência, mas em uma base de longo termo, devido às consequências associadas. Quando essas consequências têm um grande impacto na sociedade e/ou infraestrutura, eles se tornam desastres naturais.</p>

Referência	Definição
CARDONA (2004)	<p><i>“In general, the concept of ‘hazard’ is now used to refer to a latent danger or an external risk factor of a system or exposed subject. This can be expressed in mathematical form as the probability of occurrence of an event of certain intensity in a specific site and during a determined period of exposure.” (p. 37).</i></p> <p>Tradução nossa: Em geral, o conceito de ‘perigo’ é agora usado para se referir ao perigo latente de um fator de risco externo de um sistema ou objeto exposto. Isso pode ser expresso em forma matemática como a probabilidade de ocorrência de um evento de certa intensidade em um local específico e durante determinado período de exposição.</p>
PANIZZA (2005)	<p><i>“Pericolosità geomorfologiche. Indicano la ‘probabilità che un certo fenomeno di instabilità geomorfologica e di una data energia si verifichi in un certo qual territorio in un determinato intervallo di tempo. [...] La pericolosità è dunque funzione dell’intensità e della frequenza/probabilità di un fenomeno.” (p. 23/24).</i></p> <p>Tradução nossa: Perigosidade geomorfológica. Indica a probabilidade que um certo fenômeno de instabilidade geomorfológica e de uma dada energia se verifique em um certo território e em um determinado intervalo de tempo. A perigosidade é, então, função da intensidade e da frequência/probabilidade de um fenômeno.</p>
UNISDR (2009)	<p><i>“Amenaza. Un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.” (p. 5).</i></p>
IPT/CPRM (2014)	<p>“Ameaça: fenômeno ou processo cuja dinâmica pode gerar consequências negativas (perdas e danos) em relação aos elementos expostos.” (p. 4).</p> <p>“Perigo: condição com potencial para a geração de perdas e danos num dado período de tempo; periculosidade ou perigosidade.” (p. 4).</p>
PIZZATO & GRAMANI (2017)	<p>“Evento perigoso constitui um evento natural que apresente perigo aos elementos expostos e é função da vulnerabilidade desses elementos ao evento em questão. Os elementos expostos podem ser pessoas, residências, infraestruturas, serviços, atividade econômicas etc. [...] O grau de perigo (hazard) refere-se à probabilidade de ocorrência de um processo com determinada intensidade, dentro de um período de tempo e de um local específico.” (p. 218).</p>

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

É possível observar nas definições acima, que a maioria dos autores destaca o conceito de risco como resultante da probabilidade de que um evento perigoso ocorra e que resulte em efeitos adversos (danos) à sociedade e às condições ambientais. Nesse sentido, ainda que as definições nem sempre cite os conceitos de perigo ou de vulnerabilidade, estes estão implícitos nas definições.

A percepção humana do risco é algo fundamental, já que este só ocorre quando há sociedade para compreendê-lo como tal, ou seja, para constatar e eventualmente vivenciar as consequências danosas de um acidente ou desastre (HART, 1986; ONU, 2004).

As componentes espaciais e temporais dos riscos são, também, destacadas por alguns autores, sobretudo aqueles provenientes da geografia física e da geomorfologia (ALCÁNTARA-

AYALA, 2002; CARDONA, 2004; PANIZZA, 1996, 2005; CROZIER; GLADE, 2010; IPT; CPRM, 2014). Esses autores destacam, também, a importância da magnitude e frequência dos eventos perigosos, bem como parâmetros de intensidade, volume, velocidade, duração e extensão em área, que são fundamentais na transformação de um processo geomorfológico “comum” em um risco.

Alguns autores apresentam uma definição geral ao termo “risco” e especificam alguns tipos, dentre os quais, os “riscos naturais”, os “riscos geológicos” e os “riscos geomorfológicos”. O mesmo pode ser observado em relação ao termo perigo, sobretudo quando tomado seu equivalente em inglês, com diversas definições apresentando os termos “*natural hazards*”, “*geological hazards*” e “*geomorphological hazards*”.

Na literatura consultada, a maior parte das classificações de risco apresentadas pelos autores propõem sua divisão entre naturais e tecnológicos ou antrópicos, ou ambientais (OGURA, 1995; VEYRET, 2015). Outras propostas apresentam diferenciação de termos voltados às ações de mitigação de risco, como a diferenciação entre risco atual e risco potencial, na proposta de Cerri e Amaral (1998).

No âmbito das ciências da terra, cada disciplina apresenta uma denominação própria. Os autores provenientes da geologia, por exemplo, preferem a utilização do termo “risco geológico”, ao passo que os autores da geologia de engenharia, geotecnia e das engenharias, preferem “risco geotécnico”. Já a literatura da geomorfologia utiliza, mais frequentemente, o termo “risco geomorfológico”, o qual adotaremos nos capítulos seguintes.

Essa preferência está, predominantemente, relacionada às classes profissionais, ainda que existam diferenças tênues entre os conceitos. A maioria dos autores, independente da utilização de um termo ou de outro, propõe a divisão dos “riscos do meio físico” em duas grandes classes: endógenos e exógenos (CERRI; AMARAL, 1998).

As definições de Varnes (1984), Schumm (1994), Alcántara-Ayala (2002), Panizza (2005) e IPT/CPRM (2014) são utilizadas como base nessa pesquisa para definição dos respectivos conceitos, apresentada a seguir. São incorporadas, ainda, as contribuições de Selby (1982), Hart (1986) e Cooke e Doornkamp (1990).

DEFINIÇÃO RECOMENDADA DO CONCEITO

Os riscos naturais podem ser definidos como a condição ou fenômeno natural que oferece risco ao espaço físico e social onde ocorrem, em um determinado espaço e tempo. São o resultado da perigosidade de um determinado evento, multiplicado pelo dano potencial sobre pessoas, estruturas e funcionamento da sociedade.

A perigosidade é a probabilidade de ocorrência de um evento que pode gerar consequências negativas em um determinado local. Essa probabilidade pode ser acessada por meio de análises estatísticas envolvendo as variáveis e seus limites, como o tempo de retorno de um processo geomorfológico (PANIZZA, 1996; CROZIER, GLADE, 2010; IPT/CPRM, 2014). Ela está relacionada, também, ao conceito de suscetibilidade, detalhado no subcapítulo seguinte (item 4.2.4.1).

O dano potencial, por sua vez, é avaliado em termos da vulnerabilidade dos elementos expostos, ou seja, em relação ao potencial de perda às pessoas (nº de pessoas expostas, qual o perfil socioeconômico dos envolvidos, etc.), às estruturas (casas, prédios, pontes, etc.) e às funções exercidas pelo local (abrigo, familiar, lazer, etc.). O dano potencial refere-se, geralmente, à tal vulnerabilidade expressa em termos monetários, financeiros (valor econômico).

A avaliação da relevância e da capacidade de dano dos riscos naturais, irá envolver a tipologia de fenômeno envolvido, a magnitude e intensidade do evento, bem como a frequência de ocorrência esperada em um determinado local.

Apesar de denominados “naturais” esses riscos podem ser acelerados ou deflagrados por atividades antrópicas, como a remoção da cobertura vegetal, a alteração das formas das vertentes por cortes e aterros, a concentração dos fluxos superficiais em decorrência da urbanização, etc.

Existem diversas propostas de classificação dos riscos, concebidas sob a ótica das diferentes disciplinas que abordam seu gerenciamento. Nessa pesquisa, o interesse recai sobre o conceito de “risco geomorfológico”. Este difere dos demais em função da magnitude e frequência dos eventos envolvidos (SCHUMM, 1994; ROSENFELD, 2004).

Os riscos em geral envolvem eventos com grandes prejuízos econômicos e perda de vidas humanas, aproximando-se da noção de desastre. O risco geomorfológico, por sua vez, pode envolver processos graduais, que culminam em situações de prejuízo econômico e redução da qualidade de vida da população, mas não necessariamente com perda de vidas humanas. Nesse sentido, poderia ser definido como qualquer mudança ambiental, natural ou não, que afete adversamente a estabilidade geomorfológica de um local (SCHUMM, 1994; PANIZZA, 1996, 2005; ROSENFELD, 2004).

Os riscos geomorfológicos podem ser divididos em, pelo menos, três grandes grupos: riscos envolvendo processos geomorfológicos de mudança abrupta, como escorregamentos; riscos envolvendo mudanças progressivas, mas que culminam em mudança abrupta, como processo de intemperismo ocasionando um escorregamento; e, por fim, riscos envolvendo uma mudança progressiva, com resultados também progressivos, como os processos erosivos e o rastejo do solo (SCHUMM, 1994).

Uma vez ocorridos, os eventos do meio físico podem ter impactos diretos no sistema afetado, ou impactos indiretos, ocasionando mudanças nas características e comportamento de outros sistemas naturais, em decorrência do evento geomorfológico original (SCHUMM, 1994; CROZIER; GLADE, 2010). Alguns destes impactos indiretos podem, inclusive, representar novos riscos, como a ocorrência de uma inundação repentina (*flash flood*) decorrente do rompimento de obstrução temporária de um curso d'água formada pelo acúmulo de material proveniente de um escorregamento (SELBY, 1982; CROZIER; GLADE, 2010).

Os impactos podem ser, ainda, imediatos à ocorrência do evento ou atrasados, e ocorrer na proximidade do local do evento, ou à distância. Em relação à permanência do

impacto, podem ser de curto ou longo-termo, como por exemplo, os prejuízos econômicos gerados por um evento.

Quando os eventos apresentam impactos na sociedade ou em sua infraestrutura, ultrapassando suas condições de resposta, eles são denominados desastres. Estes consistem em eventos do meio físico ou não, que afetam as populações para além da sua capacidade de recuperação com recursos próprios (ALCÁNTARA-AYALA, 2002; UNISDR, 2009; IPT; CPRM, 2014).

Nesse sentido, a compreensão dos conceitos de magnitude e frequência dos eventos, por meio de seu tempo de retorno, é de fundamental importância na avaliação da sua probabilidade de ocorrência e, portanto, de sua perigosidade. Da mesma forma, o conhecimento dos limiares dos sistemas geomorfológicos enfocados é igualmente fundamental para a previsão de quando estes podem ser excedidos e, portanto, aos esforços de prevenção de riscos e desastres ambientais. É, portanto, a partir do conhecimento da dinâmica de tais sistemas que é possível propor ações efetivas de prevenção e mitigação dos riscos (SELBY, 1982; COOKE; DOORNKAMP, 1990; ALCÁNTARA-AYALA; GOUDIE, 2010).

COMO O CONCEITO É APROPRIADO NOS PROCESSOS JUDICIAIS

Foram selecionados 94 trechos contendo o termo “risco” a partir da análise das ações judiciais. Dentre as peças judiciais que compõem essas ações, os pareceres técnicos foram aqueles com maior número de ocorrências, representando 38%. As peças não técnicas também apresentaram número significativo de trechos selecionados, com destaque às petições iniciais, com 26% das ocorrências. As sentenças e decisões representaram 13% dos trechos extraídos, seguidas dos recursos de apelação, com 9%; das contestações e dos despachos saneadores e quesitos, com representatividade de 6% e 3%, respectivamente. Os laudos periciais representaram 5% dos trechos extraídos.

Como já observado em relação aos termos anteriores, a grande representatividade das petições iniciais pode estar associada aos inquéritos civis conduzidos pelo Ministério Público previamente à instauração das ACPs. Nesses casos, diversos pareceres técnicos, produzidos por órgãos públicos, instituições de pesquisa e por assistentes técnicos, são apresentados com esclarecimentos e visando embasar as decisões da promotoria. A terminologia e explicações técnicas são, então, apropriadas pelos promotores da Ação e transpostas como argumento jurídico nas petições iniciais.

Nestas, o termo risco foi empregado em dois contextos principais: abordando os riscos de ocorrência de fenômenos específicos, como escorregamentos; ou como os danos potenciais às populações e bens expostos à tais fenômenos, como edificações de uma área específica ou à totalidade de uma comunidade ou da população. No primeiro caso, é possível compreender que o termo risco é utilizado como sinônimo de probabilidade de ocorrência de um determinado fenômeno, ao passo que no segundo, o termo é empregado designando as possíveis consequências e danos à população e seus bens.

Nas petições iniciais foi possível observar, ainda, a utilização de termos derivados ou utilizados em conjunto com o conceito de risco, como “risco geológico”, “insegurança geológica”, “risco ambiental”, “situação de risco” e “área de risco”. Em alguns casos observou-se, também, a referência a mapeamentos de áreas de risco e dos “graus de risco”, em contextos como dos pedidos do autor da ação, ou como procedimento já realizado por instituições de pesquisa e órgãos públicos, que embasaram a instauração da ação judicial.

Nos demais documentos não técnicos foi possível observar utilização similar do termo “risco”, com essas duas orientações. Em alguns casos, as contestações e os recursos de apelação visaram descaracterizar a existência do risco, alegando sua não comprovação ou a eliminação completa deste mediante ações realizadas pelo réu, tornando desnecessária a continuidade da ação.

Um exemplo desse debate acerca da existência do risco pode ser extraído da ação judicial promovida pelo Ministério Público em face da Municipalidade de São Paulo, acerca do descumprimento de TAC envolvendo o mapeamento de áreas de risco e a adoção de ações de redução do risco na subprefeitura do Butantã. O trecho a seguir foi extraído das contrarrazões de apelação, ou seja, de resposta da Municipalidade ao recurso de apelação realizado pelo Ministério Público, descontente com a sentença de 1ª instância.

*“Na apelação, o apelante se refere a **riscos não geológicos**, tais como problemas de vazamento de esgoto, incêndio, contaminação e até mesmo falta de pavimentação das ruas. Como foi apontado no relatório municipal [...] quase todas as objeções do Ministério Público às providências tomadas pela Municipalidade para eliminar **riscos geológicos** na região da Subprefeitura do Butantã são objeções não relacionadas a riscos geológicos. Os [...] problemas apresentados no relatório do técnico ministerial [...] são questões relacionadas a problemas urbanísticos, que são objeto de programas de urbanização de favelas, não combate a riscos geológicos.” (Processo Judicial nº 0189436-03.2008.8.26.0000, Comarca de São Paulo, 11ª Vara da Fazenda Pública, Contrarrazões de Apelação, f. 1216, grifo nosso).*

Os trechos extraídos das sentenças e decisões apresentaram contexto semelhante, com essas duas abordagens do risco. Cabe ressaltar que grande parte dos trechos extraídos das sentenças, ao se referir sobre o risco, basearam sua argumentação nos pareceres técnicos e laudos periciais realizados durante o decorrer da ação.

Esse fato é particularmente importante pois demonstra que apesar da terminologia associada aos riscos ser bem difundida e, no contexto das ações judiciais, utilizada pelas partes como argumento jurídico para embasar seu pedido e sensibilizar o magistrado da necessidade de acatá-los integralmente, os juízes se reportam aos documentos técnicos para embasar sua decisão, sobretudo nas ações judiciais onde a existência do risco é o ponto controverso. Os trechos apresentados a seguir são exemplos de sentença e acórdão de recurso de apelação embasados nos documentos técnicos realizados no decorrer das ações.

*“[...] no entanto, segundo a agência ambiental e com base na vistoria do Instituto Geológico, (a) não é recomendada a retirada do muro de arrimo e do aterro, porque poderia causar dano às construções próximas às áreas de lazer pela hidrodinâmica da foz do Rio do Peixe; e (b) há **risco geológico-geotécnico** de nível alto no local da*

antiga caixa de empréstimo, problema que deve ser corrigido pelos responsáveis e ser monitorado pela Defesa Civil do município.” (Processo Judicial nº 0005044-16.2000.8.26.0223, Comarca de Guarujá, 2ª Vara Cível, Acórdão do recurso de apelação, p. 24, grifo nosso).

*“O relatório de fls. 43/81, elaborado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas aponta o Morro do Cantagalo como zona de médio e **alto grau de risco de escorregamentos**, existindo cicatrizes antigas de desabamento.” (Processo Judicial nº 0002779-17.2010.8.26.0247, Comarca de Ilhabela, Vara Única, Sentença de 1ª instância, f. 696, grifo nosso).*

Os documentos técnicos que compõem as ações judiciais analisadas apresentam contextos semelhantes de uso do termo “risco”, com as duas abordagens predominantes. Adicionalmente, os pareceres técnicos e laudos periciais centram suas análises na descrição de indicadores de risco e instabilidade, na caracterização e mapeamento dos setores de risco, bem como, na sugestão de medidas a serem adotadas para contenção, mitigação, monitoramento e prevenção de novos riscos. Dentre os termos empregados nos documentos técnicos, destacam-se “risco geológico”, “risco geológico-geotécnico”, “área de risco” e “situação de risco”.

Não foram observadas propostas de definições à terminologia nos pareceres técnicos e, principalmente, nos laudos periciais. A apresentação de definições é comum nesses documentos diante de sua função de auxiliar a decisão do juiz e a argumentação das partes. Por outro lado, uma única definição ao termo “risco”, foi extraída de contestação da ação judicial envolvendo a execução do TAC já citada anteriormente, acerca do gerenciamento de áreas de risco na subprefeitura do Butantã, município de São Paulo (trecho extraído abaixo).

“Considera-se que denominado risco é resultado da combinação da existência de determinado perigo ambiental (deslizamento e inundações), que pode causar acidentes, com consequências à população afetada, proporcionais à sua vulnerabilidade; por isso, prioriza-se o enfrentamento das situações de risco associadas aos escorregamentos em assentamentos precários, como favelas e loteamentos irregulares, nas áreas de encostas do Município.” (Processo Judicial nº 0189436-03.2008.8.26.0000, Comarca de São Paulo, 11ª Vara da Fazenda Pública, Contrarrazões de Apelação, f. 1216).

Foram extraídos 10 trechos contendo o termo “perigo” ou as variações “periculosidade” e “ameaça”. Esses casos foram retirados de documentos técnicos e não técnicos, com destaque aos pareceres técnicos e às petições iniciais, cada qual com 3 trechos selecionados. Foram extraídos, ainda, da contestação (1), de recurso de apelação (1), quesitos (1) e laudo pericial (1). Nos documentos técnicos, esse termo foi utilizado em contexto com significado semelhante ao apresentado nessa pesquisa. Já nos documentos não técnicos predominou, com algumas exceções, significado mais próximo à definição do termo “risco”, ou seja, em contexto referindo-se ao risco aos quais a população ou o meio ambiente se encontra exposto, abrangendo, também, os danos potenciais.

O trecho a seguir exemplifica a utilização do termo em laudo pericial, referente à ação judicial na Comarca de Pedreira, envolvendo escorregamento que atingiu e bloqueou parcialmente estrada pública e cuja responsabilidade foi imputada à empresa proprietária do terreno. Essa, por sua vez, argumentou que as mudanças promovidas na morfometria da vertente pela construção da estrada, somadas aos problemas nos dispositivos de drenagem da propriedade vizinha, foram os responsáveis pelo evento.

*“O autor tem parte da responsabilidade pelo deslizamento, porque nunca tomou nenhuma medida de proteção ao talude ao longo de todos os anos que o vem possuindo. **A periculosidade potencial do talude era patente** e foi negligenciada pelo Autor. Ademais o Autor não impediu a abertura da valeta que lançava água na encosta, a qual passa pelo seu terreno, e é apontada como vilã. Estimo empiricamente sua parte da responsabilidade como 66% do total.” (Processo Judicial nº 0003303-95.2011.8.26.0435, Comarca de Pedreira, 1ª Vara Cível, Laudo pericial, f. 455, grifo nosso).*

Os termos catástrofe e desastre também foram extraídos das ações judiciais, em contextos relacionados aos fenômenos do meio físico e situações de risco. A seleção resultou em 9 trechos, a maior parte dos quais de pareceres técnicos (5), e em menor número, de laudo pericial, contestação, recurso de apelação e sentenças, cada qual com 1 trecho.

Os trechos extraídos apresentam compreensão semelhante do termo, utilizando-o predominantemente no contexto das consequências e prejuízos ocasionados por fenômenos do meio físico. Em alguns casos, é utilizado com sentido genérico, como nos trechos que citam “riscos de desastres”, “desastres naturais” e “danos ambientais catastróficos”.

O trecho abaixo foi extraído de laudo pericial da ação judicial da Comarca de Pedreira, citada anteriormente, envolvendo escorregamento em vertente e apuração da responsabilidade pelo dano.

“Um dilúvio é a expressão adequada para descrever esta precipitação. É um volume pluviométrico tão alto, que está sempre associado a catástrofes. [...] E finalmente atribuo o 1% de responsabilidade restante às forças da natureza, que castigaram durante o terreno naquele Janeiro de 2011, despejando 360mm de chuva em treze dias.” (Processo Judicial nº 0003303-95.2011.8.26.0435, Comarca de Pedreira, 1ª Vara Cível, Laudo pericial, fls. 438 e 455, grifo nosso).

Apesar de se tratar de documento técnico, o perito utilizou os termos “dilúvio” e “catástrofe” visando se referir à intensidade do fenômeno, com significado distinto daquele adotado nessa pesquisa. A utilização dos termos “sempre” e “catástrofe” na mesma sentença, distingue, também, a utilização do termo daquela proposta nessa pesquisa, diante do caráter excepcional dos desastres e catástrofes, que envolvem as situações na qual a capacidade de resposta e resiliência da população afetada pelo evento é superada. Por fim, a atribuição de responsabilidades pelo evento é apresentada, nesse trecho e no anterior, destituída da metodologia utilizada para estimativa, baseando-se aparentemente em critério estabelecido de forma arbitrária.

4.2.4.1. SUSCETIBILIDADE

CONCEITO SOB A VISÃO DA GEOMORFOLOGIA

A suscetibilidade apresenta grande relação com o conceito de risco pois, como abordado nas definições anteriores de risco e perigo, a suscetibilidade está incorporada na probabilidade de ocorrência de um evento com consequências danosas à sociedade.

Apesar desse conceito estar implícito na definição de risco, foram encontradas poucas definições ao termo na literatura consultada, tanto nos glossários, dicionários e enciclopédias, quanto na literatura especializada sobre o tema, sobretudo na literatura de língua inglesa (Tabela 56 e Tabela 57).

Tabela 56 - Termo "suscetibilidade" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

Inglês	Susceptibility
Francês	Susceptibilité
Espanhol	Susceptibilidad
Italiano	Suscettibilità
Alemão	Anfälligkeit

Fonte: IPT/CPRM (2014), UNISDR (2009), Panizza (2005), Elorza (2008), Höbling (informação pessoal).

Tabela 57 - Definição do termo "suscetibilidade" de acordo com as referências consultadas

Referência	Definição
CERRI e AMARAL (1998)	“A suscetibilidade de uma área com relação a um determinado fenômeno geológico caracteriza a possibilidade de sua ocorrência (evento), enquanto que risco envolve a possibilidade de que o fenômeno seja acompanhado de danos e perdas (acidente).” (p. 301).
IPT/CPRM (2014)	“No âmbito das geociências aplicadas, a acepção do termo suscetibilidade (<i>susceptibility</i> , em língua inglesa) pode ser sintetizada como a predisposição ou propensão dos terrenos ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo do meio físico.” (p. 3).
PIZZATO e GRAMANI (2017)	“Define-se a suscetibilidade como a possibilidade de uma zona ser afetada por um determinado processo.” (p. 220).

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

A definição de Cerri e Amaral (1998) distingue os conceitos de suscetibilidade e risco, com base nos danos ocasionados. A suscetibilidade representaria a possibilidade de ocorrência de tal fenômeno, porém sem ocasionar danos e perdas à sociedade. Nesse sentido, corresponderia ao conceito de “evento”, na proposta dos autores (entendido como um fato já ocorrido sem a promoção de danos e perdas). O risco, por outro lado, compreenderia a possibilidade de ocorrência de tal fenômeno, porém com consequências danosas à sociedade, correspondendo ao conceito de acidente (CERRI; AMARAL, 1998; TOMINAGA, 2007).

A definição de IPT e CPRM (2014) concebe a suscetibilidade como a propensão de um terreno ao desenvolvimento de fenômenos do meio físico. Trata-se da definição que mais se

aproxima daquela adotada na presente tese. Adicionalmente, foram utilizadas as contribuições de Selby (1982), Coque (1984), Hart (1986), Schumm (1991, 1994) e Elorza (2008) na definição no termo, apresentada a seguir.

DEFINIÇÃO RECOMENDADA DO CONCEITO

A suscetibilidade consiste na possibilidade de que um local apresente as pré-condições que permitam a ocorrência de um fenômeno, no caso um processo do meio físico, e que apresente risco a uma determinada sociedade em um dado tempo. Trata-se, portanto, da predisposição ou propensão ao desenvolvimento de tal fenômeno.

Nesse sentido, alguns conceitos da geomorfologia se fazem fundamentais na abordagem da suscetibilidade dos lugares e sistemas. Primeiramente, as escalas espaciais e temporais utilizadas são fundamentais na análise de suscetibilidade e, portanto, nas análises de risco.

Um processo geomorfológico que ocorra pontualmente, afetando um canal fluvial de menor ordem, pode não representar grandes mudanças na dinâmica da planície fluvial, ainda que no canal tenha promovido mudanças significativas. Em outra perspectiva, podem efetivamente ocorrer impactos na planície fluvial, porém não imediatamente após a ocorrência da mudança no canal fluvial, e sim tempos depois, em um episódio de inundação, por exemplo, afetando maiores áreas e número de pessoas por ocasião das inundações e enchentes (SCHUMM, 1991, 1994).

A morfologia e morfometria do relevo, assim como as propriedades dos materiais, são de fundamental importância na suscetibilidade aos processos do meio físico, pois compõe os fatores predisposição à ocorrência de processos geomorfológicos de maior potencial de dano. Tais fatores irão variar conforme a tipologia do fenômeno considerado, como a maior ou menor importância da declividade e da forma das vertentes. Porém, a resistência dos materiais à atuação das forças que promovem tais fenômenos é fundamental na redução ou aumento da suscetibilidade a eles (SELBY, 1982; COQUE, 1984; HART, 1986).

A suscetibilidade dos sistemas à mudança varia de acordo, também, com a magnitude e a frequência dos fenômenos. Alguns sistemas podem ser de grande resistência e menos suscetíveis a fenômenos de baixa magnitude, porém em eventos de alta magnitude podem sofrer algum dano. Da mesma forma, um sistema pode ter sua suscetibilidade incrementada após a ocorrência de fenômenos seguidos de baixa magnitude, mas que somados, podem acarretar danos e mudanças profundas. Assim, a frequência dos processos geomorfológicos também é fundamental na compreensão da suscetibilidade, da sensibilidade e resiliência dos sistemas às mudanças (HART, 1986; SCHUMM, 1991; ELORZA, 2008).

COMO O CONCEITO É APROPRIADO NOS PROCESSOS JUDICIAIS

Foram extraídos 12 trechos contendo o termo suscetibilidade, a maior parte dos quais em pareceres técnicos (7), seguido das petições iniciais e documentos recursais, como as

razões de apelação, cada qual com 2 trechos extraídos, e por fim, as sentenças e decisões, com uma ocorrência.

Na maioria dos casos, o termo “susceptibilidade” está associado à probabilidade de ocorrência de um fenômeno do meio físico, com consequências danosas aos locais ou às infraestruturas que se encontrem expostas a ele. Nesse sentido, é comum a utilização do termo em contextos como: “solo suscetível à erosão”, “vertentes de alta declividade suscetíveis à escorregamentos”, “terrenos suscetíveis à escorregamentos e inundações” e “solos suscetíveis à recalques, solapamentos e enchentes”.

Tais contextos estão, predominantemente, em acordo com a definição adotada nessa pesquisa. É o caso do exemplo apresentado abaixo, extraído da ação judicial de Bragança Paulista, envolvendo movimentação de terra em propriedade e possível aterramento de nascentes e curso d’água. O trecho foi retirado de documento recursal apresentado pelo Ministério Público.

*“Pequenas intervenções, a exemplos de desmatamentos, em vertentes de alta declividade, **reconhecidamente suscetíveis quanto aos processos do meio físico**, tais como a erosão, podem vir a provocar danos aos ecossistemas aquáticos que drenam a área de influência. Além disso, tal tipo de intervenção poderá ser a causadora de escorregamentos, e da formação de sulcos, ravinas e até voçorocas, cujos efeitos lesivos se estendem muitas vezes por amplas áreas, alterando radicalmente as feições de relevo original.” (Processo Judicial nº 0010369-09.2007.8.26.0099, Comarca de Bragança Paulista, 2ª Vara Cível, Razões de Embargo de Declaração, f. 1.933, grifo nosso).*

Apenas em dois casos, o termo “susceptibilidade” foi utilizado com acepção distinta, concebido como sinônimo de nível de risco ou para designar locais nos quais não é recomendada a ocupação antrópica diante de sua configuração como área de risco. Esse caso, em particular, é apresentado na citação a seguir, retirada de petição inicial da ação judicial de Ilhabela, envolvendo a responsabilização da Prefeitura Municipal pela retirada de edificações instaladas no Morro do Cantagalo, considerada de risco à ocorrência de movimentos de massa, em especial queda de blocos e escorregamentos.

*“O local é, outrossim, tendo em vista a instabilidade da encosta, considerado em grande parte área de elevado risco de escorregamento de terra e blocos rochosos, sendo **insuscetível de ocupação**.” (Processo Judicial nº 0002779-17.2010.8.26.0247, Comarca de Ilhabela, Vara Única, Petição inicial, f. 3, grifo nosso).*

4.2.4.2. ESTABILIDADE E INSTABILIDADE

CONCEITO SOB A VISÃO DA GEOMORFOLOGIA

O conceito de estabilidade apresenta grande importância na geomorfologia, tendo em vista que possui relação direta com o estado de equilíbrio ou desequilíbrio dos sistemas geomorfológicos frente a ocorrência de eventos de determinadas magnitudes e frequências.

Ele se relaciona, ainda, com outros conceitos importantes dessa disciplina, como a sensibilidade e a resiliência dos sistemas.

Diante de sua importância nas ciências da terra, foi encontrado grande número de definições ao termo na bibliografia consultada (Tabela 58). É importante destacar, no entanto, que um número significativo destas se restringe à estabilidade do solo e de vertentes ou taludes artificiais, já que esse é um campo de atuação importante da geologia de engenharia e da engenharia geotécnica.

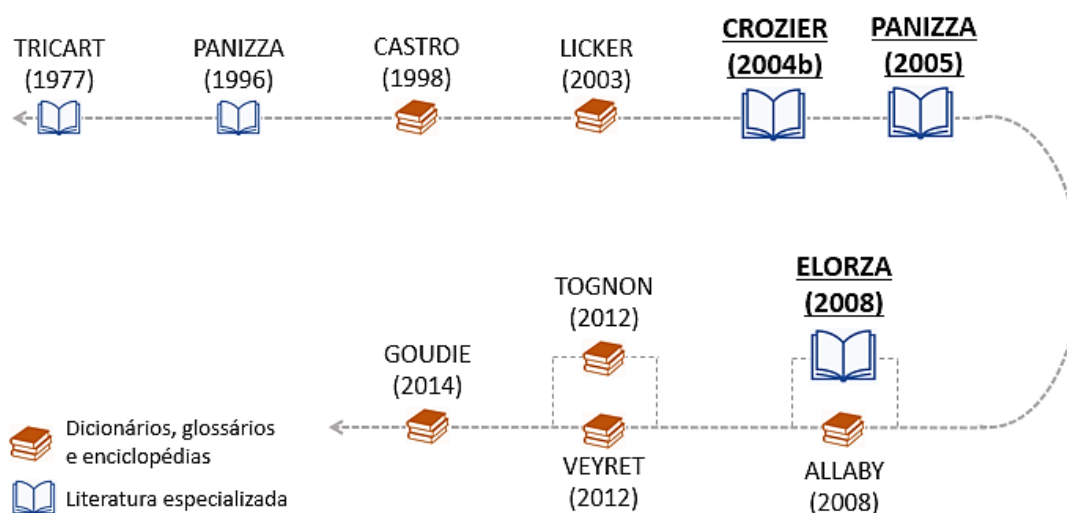
Tabela 58 - Termo "estabilidade" e "instabilidade" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

Inglês	<i>Stability, Instability</i>
Francês	<i>Stabilité, Instabilité</i>
Espanhol	<i>Estabilidad, Inestabilidad</i>
Italiano	<i>Stabilità, Instabilità</i>
Alemão	<i>Stabilität</i>

Fonte: IPT/CPRM (2014), UNISDR (2009), Panizza (2005), Elorza (2008), Höbling (informação pessoal).

A bibliografia consultada para levantamento e sistematização das definições do termo é retratada na Figura 63. As referências selecionadas, diante de sua aderência ao entendimento deste nessa pesquisa, encontram-se listadas na Tabela 59.

Figura 63 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "estabilidade"



Fonte: Elaborado pela autora
Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 59 - Definição do termo "estabilidade" de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
TRICART (1977)	“A – Os Meios Estáveis . [...] A característica essencial desse tipo de meio é, com a lenta evolução, a constância dessa evolução, resultante da permanência no tempo de combinações de fatores. O sistema morfogenético não comporta paroxismos violentos que se traduzem por manifestações catastróficas.” (p. 35).

Referência	Definição
	<p>“C – Os Meios Fortemente Instáveis. [...]. Nesses meios, a morfogênese é o elemento predominante da dinâmica natural, e fator determinante do sistema natural, ao qual outros elementos estão subordinados. Uma tal situação pode ter diferentes origens, suscetíveis de se combinarem entre elas.” (p. 35).</p>
<p>PANIZZA (1996)</p>	<p><i>“It is therefore opportune to define the meaning of the term unstable landform: it is either ‘a form which is not in equilibrium with the natural environment and which tends to reach a balance by modifying itself’ or ‘a form which tends to reach a balance by remaining a particularly dynamic one’.”</i> (p. 35).</p> <p>Tradução nossa: É, portanto, oportuno definir o significado do termo forma instável: é tanto ‘uma forma que não está em equilíbrio com o ambiente natural e que tende a atingir um balanço modificando-se’ ou ‘uma forma que tende a atingir um balanço ao manter um particularmente dinâmico’.</p>
<p>CROZIER (2004b)</p>	<p><i>“Slope stability and its corollary slope instability, are defined as the propensity for a slope to undergo morphologically disruptive processes, especially landsliding. [...] Instability, however, is determined not only by the margin of stability of the existing slope but also by the magnitude of (external) destabilizing forces which may affect the slope to reduce that margin.”</i> (p. 969).</p> <p>Tradução nossa: Estabilidade de vertentes e seu corolário instabilidade de vertentes, são definidos como a propensão de uma vertente a sofrer processos morfológicos disruptivos, especialmente deslizamentos. Instabilidade, no entanto, é determinada não apenas pela margem de estabilidade da vertente existente, mas também pela magnitude (externa) das forças desestabilizadoras que podem afetar a vertente para reduzir essa margem.</p>
<p>PANIZZA (2005)</p>	<p><i>“Dal punto di vista dinamico, si può affermare che ogni situazione di stabilità/instabilità geomorfologica è condizionata da due parametri: le sollecitazioni che tendono a mettere in movimento un terreno e la resistenza a questo movimento.”</i> (p. 31).</p> <p><i>“Terreno instabile si preferisce definire ‘una forma in equilibrio, ma particolarmente dinamica, oppure una forma in equilibrio soggetta ad una rottura dello stesso, o infine una forma che non è in equilibrio con l’ambiente morfoclimatico e che tende quindi a raggiungere questo equilibrio modificandosi.”</i> (p. 33).</p> <p>Tradução nossa: Do ponto de vista dinâmico, se pode afirmar que cada situação de estabilidade/instabilidade geomorfológica é condicionada por dois parâmetros: a sollicitação que tende a por em movimento um terreno e a resistência a este movimento. Terreno instável é preferível definir ‘uma forma em equilíbrio, mas particularmente dinâmica, ou uma forma em equilíbrio sujeita ao rompimento do mesmo, ou finalmente uma forma que não está em equilíbrio com o ambiente morfoclimático e que tende, portanto, a alcançar este equilíbrio modificando-se.</p>
<p>ELORZA (2008)</p>	<p><i>“Podemos diferenciar aquellos modelados de alta sensibilidad a los impulsos externos y que, por lo tanto, responden rápidamente a los procesos predominantes, tales como los canales fluviales; se les puede denominar inestables o frágiles. Los sistemas insensibles o estables son los que tienen una respuesta lenta y presentan una gran resistencia al cambio, como las zonas de interfluvio o las llanuras de África y Australia. Las áreas insensibles suelen corresponder a formas del relieve elaboradas en litologías resistentes, mientras que en las zonas</i></p>

Referência	Definição
	<i>sensibles los pequeños cambios se registran más rápidamente, tal y como se comprueba en las regiones acarcavadas.” (p. 13).</i>

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

As definições acima apresentam, em termos gerais, compreensão similar do termo “estabilidade”. Panizza (2005) destaca o papel da resistência dos materiais na estabilidade dos sistemas, sobretudo quando referindo-se à estabilidade das vertentes. Elorza (2008) aborda o conceito de resistência, porém sob uma perspectiva mais abrangente, versando sobre a resistência dos sistemas à mudança, distinguindo aqueles mais estáveis, com maior resistência à mudança e menos sensíveis, daqueles instáveis, com alta sensibilidade e velocidade de resposta aos impulsos externos.

Crozier (2004b) e Panizza (2005) ressaltam a magnitude dos processos geomorfológicos e dos limiares dos sistemas enfocados, bem como da escala espacial e temporal, para compreensão de sua estabilidade. Por fim, Tricart (1977) destaca o balanço entre os processos de pedogênese e intemperismo nos sistemas estáveis e instáveis, demonstrando a predominância dos processos destrutivos no caso dos segundos.

Dentre as referências apresentadas, as definições de Crozier (2004b), Panizza (2005) e Elorza (2008) foram aquelas utilizadas como base para definição do conceito apresentada a seguir. Foram utilizadas, também, as contribuições de Selby (1982), Coque (1984), Hart (1986), Cooke e Doornkamp (1990), Schumm (1991, 1994) e Brunsden (1996, 2004).

DEFINIÇÃO RECOMENDADA DO CONCEITO

A estabilidade é um termo que se refere ao estado de equilíbrio dos sistemas ambientais, no caso, os sistemas geomorfológicos. Quando em desequilíbrio, é possível afirmar que o estado de estabilidade no qual o sistema se encontrava anteriormente sofreu uma interferência, por algum fator de instabilização, fazendo com que este se encontre, assim, instável ou em estado de desequilíbrio. Nessas situações, tendo em vista a característica de equilíbrio dinâmico dos sistemas, este irá buscar, por meio de diferentes mecanismos, retomar o estado de equilíbrio, seja retornando à sua configuração anterior ou estabelecendo um novo estado.

Essa definição abrange, também, o conceito de resiliência, que é a capacidade de um sistema de se adaptar e recuperar diante de uma situação de desequilíbrio, retornando ao estado anterior ao processo disruptivo (HUGGETT, 2010). Quando aplicado às sociedades humanas, no contexto das análises de risco frente a desastres naturais, o conceito de resiliência exprime a capacidade de populações ou indivíduos de resistir, se adaptar e recuperar diante de tais situações (IPT; CPRM, 2014). Para tal, a resiliência das comunidades necessariamente envolve o estado da organização social para enfrentamento dos riscos, como a existência de sistemas de gestão de risco e de infraestrutura adaptada e disponível para utilização em situações de emergência (ONU, 2004; IPT; CPRM, 2014).

Outro conceito importante relacionado à estabilidade dos sistemas é a suscetibilidade, ou seja, a predisposição dos sistemas ou de seus elementos à ocorrência de um fenômeno que represente a sua desestabilização e possíveis danos, conforme definido no item anterior (ver item 4.2.4.1). Além dos fatores de predisposição, a análise da estabilidade dos sistemas deve levar em consideração, também, os fatores preparatórios e desencadeadores do estado de desequilíbrio ao qual o sistema é submetido (CROZIER, 2004b; PANIZZA, 2005).

Os fatores de predisposição são as características inerentes do sistema, estáticas, que configuram sua suscetibilidade, como a resistência dos materiais ou o número de linhas de fraqueza em uma vertente. São fatores que influenciam a instabilidade e podem acelerar a atuação de outros fatores dinâmicos de desestabilização. Os fatores preparatórios são aqueles que reduzem a margem de estabilidade ao longo do tempo, mas que não iniciam efetivamente a instabilidade, como algumas atividades antrópicas ou a supressão de cobertura vegetal. Já os fatores desencadeadores iniciam o estado de desequilíbrio, como a ocorrência de precipitações intensas e abalos sísmicos (CROZIER, 2004b; PANIZZA, 2005)

A resiliência dos sistemas ambientais está associada, também, a sensibilidade desses sistemas. Esta é compreendida enquanto a propensão dos sistemas à mudança, medida por meio do impulso necessário para que esta ocorra e supere às barreiras impostas a ela, como a resistência dos materiais. Sistemas mais sensíveis tendem a reagir rapidamente à mudança e a apresentar curto tempo de adaptação. São geralmente compostos de materiais menos resistentes, como em ambientes de canais fluviais, planícies e praias, e apresentam morfologias que refletem processos geomorfológicos recentes e atuais. Por outro lado, os sistemas que possuem baixa sensibilidade, reagem de forma demorada e com um longo tempo de adaptação às mudanças, sendo necessário eventos de alta magnitude para ocasioná-las. Como resultado, esses sistemas apresentam morfologias que permanecem por muito tempo na paisagem e refletem geralmente processos geomorfológicos passados. As formas desenvolvidas a partir de materiais resistentes, como quartzitos, são um exemplo de tais sistemas de baixa sensibilidade (CHORLEY; SCHUMM; SUGDEN, 1984; BRUNSDEN, 1996, 2004; PANIZZA, 2005; ELORZA, 2008).

Na avaliação da estabilidade dos sistemas geomorfológicos, é fundamental o conhecimento dos limiares de cada fenômeno, para prever quando e como estes podem ser excedidos, bem como as prováveis consequências e danos. Tais limiares referem-se aos eventos com energia suficiente para romper a resistência dos materiais e iniciar um processo de desequilíbrio. Podem ocorrer em decorrência de fatores externos ou internos aos materiais, de maneira gradual ou abrupta, e estão relacionados às características dos materiais, morfológicas e morfométricas dos sistemas afetados, climáticas, geológicas, vegetacionais e de uso da terra (SELBY, 1982).

O tempo de adaptação às mudanças ou período de recuperação também é controlado por tais fatores ambientais, externos e internos aos sistemas afetados. Tal período pode ser considerado como um guia à avaliação da efetividade do evento, ou seja, para compreensão do trabalho realizado por este na modificação da paisagem (SELBY, 1982).

Nesse sentido, a escala temporal utilizada para avaliação da estabilidade também é fundamental, já que um sistema pode aparentar estar estável quando observado na escala de uma dezena de anos, porém encontrar-se em desequilíbrio quando considerado sob intervalo temporal superior. Ignorá-la ao atestar o estado de estabilidade ou não de um determinado sistema pode representar um erro importante (SCHUMM, 1991).

COMO O CONCEITO É APROPRIADO NOS PROCESSOS JUDICIAIS

O termo instabilidade foi o segundo com maior número de trechos selecionados, dentre os termos que integram o universo de análise de risco. Foram extraídos 85 trechos, a maior parte dos quais, de documentos técnicos, somando 63%, divididos entre pareceres técnicos (46 trechos, 54%) e laudos periciais (8 trechos, 9%). Dentre os documentos não técnicos, destacaram-se as petições iniciais, com 16%, seguidas das sentenças e decisões (7%), peças recursais (6%), contestações (5%), e por último, quesitos e despacho saneador, com 2%.

Essa quantificação é importante pois demonstra a utilização recorrente do termo, difundida entre todos os agentes que participam da ação judicial e não apenas restrita ao vocabulário técnico dos especialistas. Essa situação pode resultar do uso difundido da expressão “estabilidade de encosta” ou “estabilidade de taludes”, muito utilizada no âmbito técnico. Nos manuais e literatura especializada de geologia de engenharia e engenharia geotécnica, é frequente a existência de capítulos dedicados às técnicas de engenharia utilizadas para redução da suscetibilidade das vertentes, do solo ou de estruturas artificiais, como aterros, à ocorrência de processos do meio físico, como movimentos de massa. São medidas voltadas à retomada do equilíbrio desses sistemas e à prevenção de fenômenos que atuem em sua desestabilização.

Esse é o contexto predominante associado ao uso do termo “estabilidade” e suas variações: “instabilidade”, “desestabilização” e “instabilização”. Tal situação é verificada nos documentos técnicos, mas também nas demais peças que compõem as ações judiciais, que geralmente reproduzem os argumentos apresentados pelos especialistas. São exemplos, extraídos dos casos analisados, as expressões “estabilidade de taludes”, “de encostas”, “de vertentes” e “de aterros”.

Nos trechos em que o termo é utilizado com essa acepção, sobretudo nos documentos técnicos, são normalmente abordadas as possíveis causas para a desestabilização do sistema abordado (vertente, solo, curso d’água) e as medidas passíveis de serem adotadas para restabelecimento do equilíbrio.

A variação na utilização do termo “estabilidade”, “instabilidade”, “desestabilização” ou “instabilização”, apresenta objetivos e contextos distintos. O termo “estabilidade” foi verificado referindo-se predominantemente ao estado de equilíbrio dos sistemas ambientais ou do meio físico, como a estabilidade dos solos e de vertentes.

Já o termo “instabilidade” foi verificado em contextos semelhantes, em referência ao sistema em desequilíbrio ou relacionado a indicadores da ocorrência da desestabilização do sistema, denominados nos documentos consultados como “indicadores de instabilidade” ou

“feições de instabilidade”. Esse uso do termo se deu, sobretudo em pareceres técnicos, porém foi também reproduzido e apropriado em peças não-técnicas apoiadas em tais pareceres, como exemplificado pelo trecho a seguir. Trata-se de citação extraída de ação judicial no município de São Paulo, acerca da execução de TAC assinado pela Prefeitura Municipal envolvendo o mapeamento de áreas de risco na Subprefeitura do Butantã, e a adoção de medidas para sua redução. O trecho foi extraído da petição inicial da ação e contém um dos pedidos apresentados pelo Ministério Público.

*“III) a concessão de liminar para determinar ao réu que realize trabalho de monitoramento, através de visitas, com periodicidade mínima mensal, de todas áreas objeto da presente ação e de outras que se verificar serem de risco geológico existentes na área da Subprefeitura do Butantã, inclusive as que já sofreram intervenção da maneira recomendada pela FUSP, a ser realizado por geólogos e/ou engenheiros geotécnicos, com o intuito de controlar a formação e/ou expansão de riscos nestes locais e, principalmente, de **acompanhar os indicadores de instabilidade** e de indicar providências técnicas a serem implementadas para a segurança da comunidade afetada, o que deverá ser devidamente documentado em relatório de fiscalização instruído com o nome e o número do registro no CREA do Responsável Técnico, a ser fornecido mensalmente ao Juízo.” (Processo Judicial nº 0189436-03.2008.8.26.0000, Comarca de São Paulo, 11ª Vara da Fazenda Pública, Petição inicial, f. 31, grifo nosso).*

O termo “desestabilização” e “instabilização” é utilizado predominantemente em contextos que visam designar as ações antrópicas ou fenômenos do meio físico responsáveis pelo desequilíbrio do sistema. A realização de cortes e aterros e a instalação de sistemas de drenagem ineficientes, são as principais atividades antrópicas ressaltadas, bem como, seu papel no incremento dos processos erosivos.

Foi observado, também, o uso recorrente dos termos “estabilidade geotécnica” e seu equivalente “instabilidade geotécnica” e, em menor número, o termo “estabilidade geológica”. Essas expressões foram utilizadas, predominantemente, para designar o conjunto de fenômenos do meio físico que resultam na desestabilização do sistema físico, como erosão, movimentos de massa e assoreamento. Essa expressão foi encontrada em todos os documentos, incluindo os não técnicos. Nestes sua utilização esteve, na maioria das vezes, associada à reprodução dos discursos técnicos dos especialistas como base à argumentação jurídica e aos pedidos realizados.

Os trechos a seguir exemplificam a apropriação do termo e sua reprodução em todas as peças judiciais ao longo da evolução de uma ação. Foram extraídos de petição inicial, contestação e sentença. A ação envolvia área de antigo lixão, cujos resíduos haviam sido utilizados para aterrar lago, e que, atualmente, passa por processo de assentamento dos materiais e recalques nas estruturas existentes na superfície, dentre as quais, uma creche e uma escola.

*“Não podemos nos olvidar da **instabilidade geológica do terreno**, que segundo os dizeres do Ilustre Assistente técnico, pode gerar recalque devido ao assentamento (rebaixamento) decorrente do adensamento (compactação) das massas de resíduos e de terra, podendo provocar o aparecimento de rachaduras que comprometam a*

segurança dos ocupantes dos edifícios construídos sobre o aterro (fls. 638).” (Processo Judicial nº 0038582-27.2011.8.26.0053, Comarca de São Paulo, 7ª Vara da Fazenda Pública, Petição inicial, f. 8, grifo nosso).

*”Segundo os resultados das inspeções da área de entorno: Quanto à **instabilidade geotécnica**: não foram observadas feições expressivas de processos de escorregamentos junto às margens do curso d’água que limita a área avaliada, entretanto, as margens do córrego apresentam alta declividade e são formadas principalmente por solo e entulho que estão sem cobertura vegetal em alguns trechos. (Processo Judicial nº 0038582-27.2011.8.26.0053, Comarca de São Paulo, 7ª Vara da Fazenda Pública, Contestação, f. 770, grifo nosso).*

*O mesmo se diga com relação ao monitoramento de **estabilidade geotécnica**, pois, de igual forma, apurou-se em vistoria técnica, trinca (recalque) no muro da escola infantil; recalques no interior da creche e solapamento das margens do córrego, cujas causas e extensão não foram, pelos mesmos motivos, inequivocamente estabelecidas. (Processo Judicial nº 0038582-27.2011.8.26.0053, Comarca de São Paulo, 7ª Vara da Fazenda Pública, Acórdão de recurso de apelação, f. 1.188, grifo nosso).*

Em apenas três casos foi verificada a utilização do termo “estabilidade” como sinônimo de suscetibilidade, tratado no subcapítulo anterior, conforme exemplificado pelo trecho abaixo, extraído de parecer técnico inserido em ação judicial envolvendo a implantação de condomínio e construção de Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) para atender o empreendimento. A movimentação de terra realizada para instalação da ETE foi objeto de investigação nessa Ação Popular, iniciada por moradores do bairro, diante do possível aterramento de nascentes e cursos d’água.

*”Com relação a liminar, se a mesma persistir alertamos para as graves consequências ambientais ao longo do tempo decorrido, devido à **instabilidade do solo** ali disposto podendo sofrer processos erosivos, resultando no assoreamento do curso d’água (Córrego Figueira) que se encontra a 39 metros da ETE em construção.” (Processo Judicial nº 0003694-07.2008.8.26.0451, Comarca de Piracicaba, 7ª Vara da Fazenda Pública, Parecer técnico, f. 452, grifo nosso).*

A partir da leitura do trecho é possível compreender que o especialista se referia ao estado de exposição e suscetibilidade do solo, no aterro abandonado e com obras paralisadas após a decisão judicial acatar o pedido de liminar realizado na petição inicial da ação.

A utilização do termo “fragilidade” também foi verificada em alguns trechos e é aqui analisada diante de sua relação com o conceito de estabilidade. O termo “fragilidade” foi verificado em 7 trechos, a maior parte dos quais extraídos de documentos não técnicos, com 4 ocorrências, e o restante, de documentos técnicos, entre pareceres (2) e laudo pericial (1).

O contexto predominante de utilização do termo foi relacionado à fragilidade dos sistemas fluviais, em especial de cursos d’água, ameaçados diretamente pela realização de intervenções antrópicas, como a dragagem, ou indiretamente pelo aporte de sedimentos em decorrência de processos erosivos. Em apenas um contexto observou-se acepção mais ampla

do termo, associado à fragilidade dos ambientes como um todo, envolvendo os sistemas de vertente e fluviais. Esse contexto, extraído de trecho de laudo pericial, apoiou-se na definição de Tricart (1977) para classificação dos ambientes estáveis, os de transição (*integrate*) e os fortemente instáveis, com base no balanço entre as taxas de pedogênese e de operação dos processos morfogenéticos.

Em apenas um dos trechos observou-se possível confusão quanto à definição do termo, utilizando-o como sinônimo de impacto ambiental. Esse trecho foi extraído da petição inicial de Ação Popular movida contra empresas privadas e a CETESB, solicitando o cancelamento das licenças ambientais para dragagem de sedimentos contaminados do Canal do Porto de Santos e disposição em cava subaquática. Na petição inicial, o autor utilizou argumentos apresentados em pareceres técnicos produzidos por especialistas contratados por ele. No processo de reprodução do discurso técnico, no entanto, o autor apropriou-se do termo “fragilidade” de forma indevida, modificando o sentido do texto original, bem como a definição do termo. Os dois trechos são apresentados a seguir, primeiramente aquele extraído do parecer técnico, seguido do trecho retirado da petição inicial.

*“Este item apresenta objetivamente os riscos oferecidos pela dragagem proposta do Canal de Piaçaguera. Entre os riscos ambientais relevantes são discutidos as consequências da dragagem sobre as **fragilidades naturais**, assim como a periculosidade dos contaminantes nos sedimentos e seu provável espalhamento na área de influência da dragagem.” (Processo Judicial nº 1035460-76.2017.8.26.0053, Comarca de São Paulo, 12ª Vara da Fazenda Pública, Parecer técnico, f. 87, grifo nosso).*

*“Diversas **fragilidades ambientais**, como assoreamento da faixa marginal de manguezais, sufocamento da biota ao fundo, bloqueio da migração de peixes para áreas de procriação e criação de zonas pantanosas pela perda de profundidade.” (Processo Judicial nº 1035460-76.2017.8.26.0053, Comarca de São Paulo, 12ª Vara da Fazenda Pública, Petição inicial, f. 47, grifo nosso).*

O termo “sensibilidade” foi verificado apenas em 2 trechos selecionados de petição inicial e de parecer técnico extraídos da mesma ação judicial. A leitura do trecho não permite, no entanto, a interpretação de seu contexto já que ele é utilizado de forma abrangente, se referindo às áreas sensíveis associadas ao ambiente estuarino.

4.2.4.3. VULNERABILIDADE

CONCEITO SOB A VISÃO DA GEOMORFOLOGIA

A vulnerabilidade também apresenta importante papel na definição do conceito de risco, pois os danos e perdas à sociedade e à qualidade ambiental ocorrem apenas em ambientes e sociedades que sejam vulneráveis a estes. A Tabela 60, a seguir, apresentam os termos equivalentes nos idiomas selecionados.

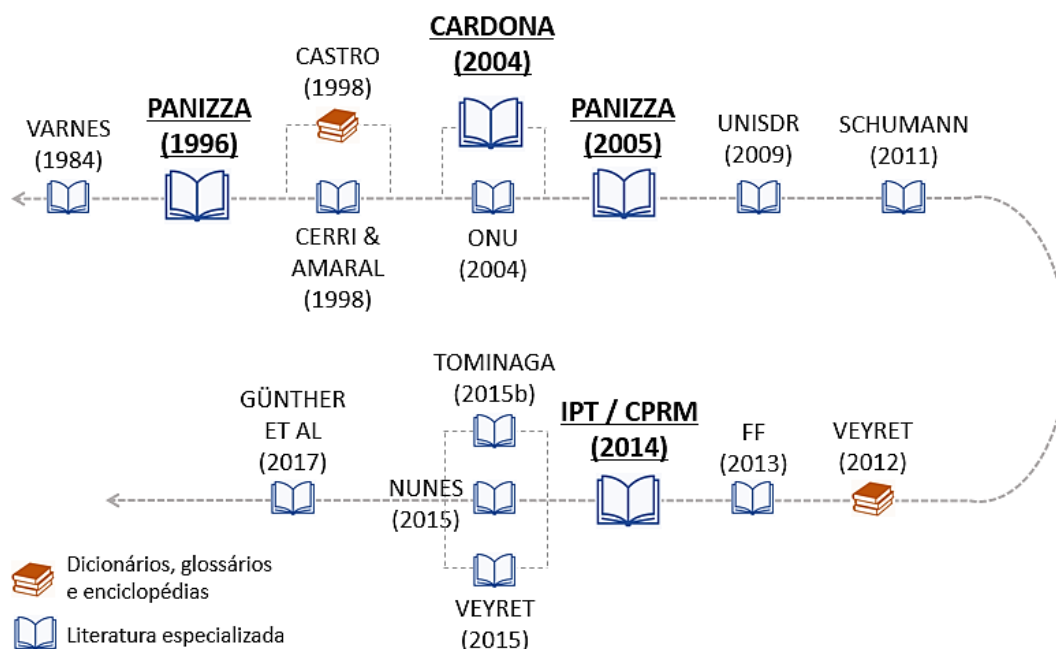
Tabela 60 - Termo "vulnerabilidade" no inglês, francês, espanhol, italiano e alemão

Inglês	<i>Vulnerability</i>
Francês	<i>Vulnerabilité</i>
Espanhol	<i>Vulnerabilidad</i>
Italiano	<i>Vulnerabilità</i>
Alemão	<i>Verletzlichkeit, Verwundbarkeit</i>

Fonte: UNISDR (2009), Alcantara-Ayala (2002), Panizza (2005), Höbling (informação pessoal).

A bibliografia consultada para levantamento e sistematização das definições do termo “vulnerabilidade” é retratada na Figura 64. As referências selecionadas, diante de sua aderência ao entendimento deste na pesquisa, encontram-se listadas na Tabela 61.

Figura 64 - Bibliografia consultada para sistematização das definições do termo "vulnerabilidade"



Fonte: Elaborado pela autora
Em destaque: Referências utilizadas na definição do termo. Sem escala

Tabela 61 - Definição do termo "vulnerabilidade" de acordo com as referências selecionadas

Referência	Definição
VARNES (1984)	<p>“Vulnerability (V) means the degree of loss to a given element or set of elements at risk resulting from the occurrence of a natural phenomenon of a given magnitude. It is expressed on a scale form 0 (no damage) to 1 (total loss).” (p. 10).</p> <p>Tradução nossa: Vulnerabilidade (V) significa o grau de perdas de um dado elemento ou conjunto de elementos em risco resultante da ocorrência de um fenômeno natural de uma dada magnitude. É expresso na escala de 0 (sem danos) a 1 (perda total).</p>
PANIZZA (1996)	<p>“Area vulnerability is the complex of all things that exists as a result of the intervention of man in a given area and which may be directly or indirectly</p>

Referência	Definição
	<p><i>sensitive to material damage. Included in this complex, we find the population, buildings and structures, infrastructures, economic activity, social organisation and any expansion and development programs planned for an area. [...] Vulnerability is also related to the existing degree of preparedness and social organisation, i.e., environmental education, civil defence and prediction and monitoring techniques.” (p. 5/8).</i></p> <p>Tradução nossa: A vulnerabilidade de uma área é o complexo de todas as coisas que existem como resultado da intervenção do Homem em uma dada área e que podem ser diretas ou indiretamente sensíveis a danos materiais. Incluído nesse complexo, nós encontramos a população, prédios, estruturas, infraestrutura, atividades econômicas, organização social e qualquer programa de expansão e desenvolvimento planejado para uma área. [...] A vulnerabilidade é, também, relacionada ao grau de preparo e organização social, i.e., educação ambiental, defesa civil e técnicas de previsão e monitoramento.</p>
<p>CARDONA (2004)</p>	<p><i>“Vulnerability may be defined as an internal risk factor of the subject or system that is exposed to a hazard and corresponds to its intrinsic predisposition to be affected, or to be susceptible to damage. In other words, vulnerability represents the physical, economic, political or social susceptibility or predisposition of a community to damage in the case a destabilizing phenomenon of natural or anthropogenic origin.” (p. 37).</i></p> <p>Tradução nossa: A vulnerabilidade pode ser definida como um fator interno de risco do sujeito ou do sistema expostos a um perigo, e corresponde a sua predisposição intrínseca de ser afetado ou suscetível ao dano. Em outras palavras, a vulnerabilidade representa a suscetibilidade física, econômica, política ou social, ou a predisposição de uma comunidade ao dano no caso de um fenômeno de desestabilização de origem natural ou antropogênica.</p>
<p>PANIZZA (2005)</p>	<p><i>“Vulnerabilità territoriali. Secondo questo approccio concettuale, s’intende ‘l’insieme complesso di tutto ciò che esiste di antropico in un certo territorio e che direttamente o indirettamente è suscettibile di un danno materiale.’ [...] La vulnerabilità è stata anche definita (Varnes, 1984; Einstein, 1988; Leone et al., 1996) come il livello di danno potenziale (da zero a uno) a cui è esposto un elemento ad un dato fenomeno di una certa intensità. Da un punto di vista concettuale, si preferisce la prima definizione, che non comprende i parametri ‘intensità’ e ‘tipologia’ del processo, già insisti nella definizione di pericolosità.” (p. 24).</i></p> <p>Tradução nossa: Vulnerabilidade territorial. Segundo esta abordagem conceitual, se entende o conjunto complexo de tudo aquilo que existe de antrópico em um certo território e que diretamente ou indiretamente é suscetível de dano material. [...] A vulnerabilidade é também definida como o nível de dano potencial (de zero a um) ao qual um elemento está exposto a um determinado fenômeno de uma certa intensidade. Do ponto de vista conceitual, se prefere a primeira definição, que não compreende o parâmetro ‘intensidade’ e ‘tipologia’ do processo, já inclusa na definição de perigosidade.</p>
<p>VEYRET (2012)</p>	<p><i>“Vulnerabilidade provém do latim <i>vulnus</i>, que designa <i>ferida</i>. Por extensão, é vulnerável aquele que é sensível aos ataques. No vocabulário corrente, o termo designa, ao mesmo tempo, o dano e a propensão a sofrer esse dano. [...] A</i></p>

Referência	Definição
	vulnerabilidade se torna, então, a susceptibilidade de sofrer perdas devidas à exposição a uma fonte de ameaça, portanto, por extensão, o grau de exposição do que pode ser danificado. A vulnerabilidade designa, assim, a fragilidade do que está em jogo. Paralelamente, as ciências sociais sublinham que o grau dos estragos varia em função da capacidade de enfrentamento da sociedade. Essa capacidade de enfrentamento se exprime nas respostas dadas em caso de risco e de crise. Ela define também a capacidade de resiliência, isto é, de retorno ao normal. Nessa perspectiva, a vulnerabilidade é uma propriedade dos ativos em jogo. Essa vulnerabilidade pode ser específica a dado risco ou ser genérica.” (p. 304).
FF (2013)	“ Vulnerabilidade. Diz respeito a múltiplos fatores que, combinados, produzem cenários de riscos ou desastres potenciais, considerando simultaneamente os de ordem social e ambiental e suas diversas combinações.” (p. 36).
IPT/CPRM (2014)	“Por sua vez, as consequências de um evento dependem da vulnerabilidade dos elementos expostos, representada por um fator denominado grau de perdas e danos, variável entre 0 (sem perdas e danos) e 1 (com perdas e danos totais). A capacidade do evento para geração de perdas e danos é comumente denominada <i>severidade</i> , avaliada por meio de parâmetros relativos à magnitude do evento, como volume, velocidade, trajetória e área atingida.” (p. 3).
TOMINAGA (2015b)	“ Vulnerabilidade – conjunto de processos e condições resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, o qual aumenta a suscetibilidade de uma comunidade (elemento em risco) ao impacto dos perigos. A vulnerabilidade compreende tanto aspectos físicos (resistência de construções e proteção da infraestrutura) como fatores humanos, tais como, econômicos, sociais, políticos, técnicos, culturais, educacionais e institucionais.” (p. 151).
NUNES (2015)	“[...] vulnerabilidade da população, que é a capacidade de antecipar, fazer frente a, resistir e se recuperar de um impacto, esta última refletida pela resiliência, que é o nível de mudança que um sistema pode suportar sem alterar seu estado, revelando sua capacidade de se restabelecer e ainda melhorar sua reatividade perante ocorrências similares futuras.” (p.14)

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das referências selecionadas. Grifo nosso.

É possível observar que existe concordância entre as definições acima acerca do conceito de vulnerabilidade, com eventuais posicionamentos por parte de alguns autores acerca da inclusão ou não de determinados parâmetros. A maioria dos autores concorda que o conceito abrange o grau de perdas e danos que podem ser experimentados por um grupo humano ou um sistema diante da ocorrência de um fenômeno.

Alguns autores ressaltam que tal grau de perdas e danos pode ser medido por meio de porcentagem (0 a 100%) ou, mais frequentemente, entre 0 e 1, variando entre zero perdas e danos ao dano e perda completa (VARNES, 1984; IPT; CPRM, 2014). A maioria dos autores destaca, também, o parâmetro exposição da população, de seus bens ou dos sistemas ao fenômeno, relacionando-o com o conceito de suscetibilidade (PANIZZA, 2005; VEYRET, 2012). Outros autores ressaltam, também, o conceito de resiliência (VEYRET, 2012; NUNES, 2015).

Alguns autores apontam, ainda, a importância do parâmetro de magnitude do fenômeno considerado (VARNES, 1984; IPT; CPRM, 2014). A definição de IPT e CPRM (2014) expressa essa questão por meio do termo “severidade” do evento. A definição de Panizza (2005), por outro lado, se distingue no que tange a esse aspecto, já que o autor se posiciona diante das definições do termo, defendendo sua adoção restrita aos bens e estruturas antrópicas que podem ser direta ou indiretamente afetadas por um fenômeno, remetendo ao conceito de suscetibilidade. Para o autor, por outro lado, a definição envolvendo os conceitos de intensidade e tipologia dos fenômenos adentraria na definição de perigosidade e se sobreporia a essa, de forma que o autor defende sua diferenciação.

As definições de Cardona (2004), Panizza (1996, 2005) e IPT e CPRM (2014) são as que mais se aproximam da compreensão do conceito adotada nessa pesquisa e foram utilizadas como base à sua definição, apresentada a seguir. Foram utilizadas, também, as contribuições de Alcântara-Ayala (2002, 2010).

DEFINIÇÃO RECOMENDADA DO CONCEITO

A vulnerabilidade pode ser expressa como o grau esperado de perdas resultantes da ocorrência de um evento com determinado nível de intensidade. Este conceito é uma função das condições físicas (vulnerabilidade física) do local, mas também das condições sociais da população envolvida (vulnerabilidade social ou humana), como sua exposição ao risco e sua capacidade de responder, se adaptar e se recuperar diante de um evento. Pode ser expressa, ainda, em termos dos danos na infraestrutura e de perdas econômicas, mas sociais, ambientais e culturais.

Nesse sentido, a vulnerabilidade apresenta grande relação com os conceitos de exposição de pessoas e bens, de sensibilidade à perturbação por parte dos sistemas geomorfológicos e de resiliência (PANIZZA, 1996, 2005; IPT; CPRM, 2014). A exposição refere-se ao quanto à população e os elementos dos sistemas encontram-se expostos à ocorrência de um evento e, portanto, podem experimentar as perdas (UNISDR, 2009). A resiliência, por sua vez, conforme discutido anteriormente, refere-se à capacidade de resposta e adaptação de uma sociedade ou sistema frente a um fenômeno, retornando ao equilíbrio anterior (sobre esse conceito, ver item 4.2.4.2)(CARDONA, 2004; IPT; CPRM, 2014).

A vulnerabilidade, portanto, pode variar espacialmente e temporalmente. No quesito espacial, ela pode variar em uma mesma comunidade, mais exposta em um determinado local do que em comparação a outros. Em relação ao tempo, uma comunidade ou local anteriormente vulnerável, pode deixar de sê-lo após a organização de um sistema de proteção civil e adoção de medidas de prevenção diante dos riscos (ALCÁNTARA-AYALA, 2002, 2010; PANIZZA, 2005).

COMO O CONCEITO É APROPRIADO NOS PROCESSOS JUDICIAIS

Foram selecionados apenas 3 trechos contendo o termo “vulnerabilidade”, cada qual em uma peça judicial distinta: em contestação, em laudo pericial e nas contrarrazões de

apelação. Os três trechos possuem relação direta com a ocorrência de movimentos de massa, já que dois foram extraídos de ações judiciais envolvendo a ocorrência de escorregamentos, e o terceiro, de ação relacionada ao gerenciamento de áreas de risco suscetíveis à movimentos de massa na Subprefeitura do Butantã, no município de São Paulo.

Em dois trechos o contexto de utilização foi associado à vulnerabilidade natural, associada à suscetibilidade dos elementos do meio físico à ocorrência de movimentos de massa, no caso as vertentes e o solo. No terceiro trecho, referente ao caso da subprefeitura do Butantã, o termo foi utilizado no contexto da vulnerabilidade social (ou humana) das populações expostas ao risco, relacionando-o com as explicações acerca do programa de gerenciamento de riscos da Municipalidade.

O número reduzido de trechos utilizando esse termo chama atenção diante da grande ocorrência de trechos contendo o termo “risco”, “estabilidade” e “instabilidade”. Até mesmo os termos “susceptibilidade” e “fragilidade” obtiveram maior número de ocorrências do que esse termo, apesar de, na literatura especializada, como visto anteriormente, o conceito de “vulnerabilidade” estar diretamente associado à quantificação do risco.

4.2.4.4. CONSIDERAÇÕES SOBRE A TERMINOLOGIA ASSOCIADA AOS RISCOS GEOMORFOLÓGICOS

- Qual é a compreensão dos termos nas ações judiciais? Ela é compatível ou se distingue daquela da geomorfologia?

O que se observou em relação a terminologia associada aos riscos, foi a ampla utilização em todas as peças judiciais não técnicas, demonstrando tratar-se de termo amplamente utilizado e não restrito ao vocabulário técnico.

Essa ampla utilização pode ser associada a diversos fatores: (i) primeiramente, não se trata de terminologia restrita às ciências da terra, mas sim de grande abrangência, interdisciplinar, com contribuições e utilização por diferentes campos científicos; (ii) a utilização dessa terminologia nas peças judiciais fortalece o argumento jurídico das partes, pois são conceitos mais difundidos e, portanto, possibilitam um convencimento mais rápido do juiz. Essa questão pode ser observada, por exemplo, no número de trechos extraídos de petições iniciais, que apresentaram maior participação quando comparados com os trechos extraídos em relação aos termos analisados anteriormente. Nas petições iniciais, o uso do termo “risco” esteve associado, sobretudo, à exposição do mérito da questão e à exposição dos pedidos, embasando pedidos de liminares ou julgamentos antecipados da ação judicial.

Nesse contexto, o termo “risco” é também bastante citado nas contestações de ações judiciais nas quais o autor embasou seu pedido na existência do risco, visando questionar sua existência ou descaracterizá-lo. A Ação Civil Pública de Embu das Artes exemplifica essa questão, na qual é solicitada à Municipalidade a realização de obras emergenciais de redução de risco de ocorrência de movimentos de massa e inundação em área ocupada por população de baixa renda. Na Contestação, a Prefeitura Municipal argumenta pela inexistência do risco,

alegando a insuficiência do documento inicial na caracterização do risco e que este havia sido eliminado pelas ações promovidas pela municipalidade (trecho abaixo).

*“No que tange a possibilidade, é inegável que o pedido seria juridicamente possível desde que houvesse área de risco e esta mesma área estivesse ocupada conforme quer fazer crer o Ministério Público, contudo, conforme demonstrado, **não existe risco porquanto a Prefeitura o tenha eliminado por completo**, assim sendo [...] o provimento jurisdicional não poderia ser alcançado por inexistência do objeto requerido. [...] Em outras palavras, só Ele (criador) é capaz de saber efetivamente se há algum risco, posto que o órgão ministerial não se preocupou em demonstrar objetivamente **onde e quem estaria em situação de risco.**” (Processo Judicial nº 0012872-53.2013.8.26.0176, Comarca de Embu das Artes, 3ª Vara Cível, Contestação, fls. 380/383, grifo nosso).*

Independente de se o risco foi ou não comprovado na ação judicial, questão não analisada nessa pesquisa, o fato é que as ações judiciais envolvendo a configuração de riscos ambientais e à população, tiveram o termo “risco” citado continuamente ao longo do deslinde do processo judicial, com diversas citações na petição inicial e citados até o momento da sentença e, em alguns casos, até o momento do Acórdão.

O termo “estabilidade” também foi muito citado nas ações judiciais analisadas, especialmente em contextos associados as medidas de contenção e recuperação de danos ambientais sugeridas por especialistas. Essa situação pode decorrer de dois fatores principais: (i) a literatura técnica de engenharia civil, geologia de engenharia e geotecnia apresenta longa experiência com as técnicas utilizadas para estabilização de vertentes, sobretudo de taludes de cortes e aterros. Termos como “estabilidade de taludes” e “estabilidade de vertentes” foram cunhados como expressões recorrentes no âmbito técnico e que extrapolaram essa esfera para serem utilizados como argumentos jurídicos de fácil compreensão nas ações judiciais, diante da iminência do risco decorrente de sua desestabilização; (ii) o termo “estabilidade geológica” é utilizado na Lei Federal nº 12.651 de 2012 (Código Florestal) para definir uma das funções ambientais das Áreas de Preservação Permanente. Esse termo é, portanto, previsto na legislação e conseqüentemente muito citado como argumento jurídico, ainda que o dispositivo legal não defina o conceito e destaque a importância das escalas espaciais e temporais na compreensão do termo.

- O termo envolve o foco principal, ou seja, o mérito da ação judicial? Ou é algo secundário?

Apesar de muito citados, com grande número de trechos selecionados dos processos judiciais, a terminologia relacionada aos riscos ocorre, predominantemente, de forma secundária no âmbito dos processos judiciais, já que o mérito das ações reside em sua maioria na ocorrência de dano ambiental ou de alguma transgressão de cunho ambiental. Ou seja, os riscos ambientais e, exclusivamente, os riscos do meio físico figuram como as conseqüências possíveis do desenvolvimento de processos erosivos, como o assoreamento de cursos d’água ou o recalque de edificações, em locais sob terraplanagens mal compactadas e aterros sanitários.

Nas ações judiciais envolvendo movimentos de massa, aborda-se o risco gerado às moradias existentes no entorno dos taludes (aqui adotado com o sentido de vertentes com características morfológicas e morfométricas artificiais, resultantes de ações de cortes e aterros) que sofreram movimentação, porém como pano de fundo enquanto justificativa para pedidos de liminares ou responsabilização de agentes na adoção de medidas de mitigação dos riscos e, sobretudo, divisão dos custos.

Até mesmo na ação judicial da Comarca de São Paulo, envolvendo o mapeamento de áreas de risco à movimentos de massa e inundação na subprefeitura do Butantã, o mérito da ação envolvia a realização integral ou não de Termo de Ajustamento de Conduta por parte da Prefeitura Municipal. Ainda que a discussão de fundo envolvesse diretamente o conceito de risco, com diversos pareceres técnicos inseridos nos autos da Ação Judicial e Acórdão de recurso de apelação com 45 citações do termo, conforme obtido na pesquisa de jurisprudência, a grande discussão realizada na ação judicial versava sobre a elaboração do cronograma de obras de prevenção e mitigação de riscos e sua efetiva implantação.

Apesar de figurar como pano de fundo, o conceito de risco é fundamental nas ações judiciais ambientais, já que os princípios que regem o Direito Ambiental envolvem diretamente esses conceitos, como os princípios da precaução e da prevenção. Nas ações judiciais envolvendo fenômenos do meio físico, esses conceitos assumem ainda maior importância, já que todos os fenômenos abordados representam maior ou menor risco à sociedade ou à qualidade ambiental.

Foi possível notar, nesse sentido, que os perigos do meio físico avaliados nas ações judiciais se restringem, no entanto, aqueles com maior impacto direto na sociedade, seja diante de sua magnitude ou por comprometerem serviços sociais importantes, como o abastecimento de água. É possível exemplificar com os processos de Atibaia e de Bragança Paulista. O primeiro caso consistiu em ação judicial envolvendo a Prefeitura de Atibaia em face da SABESP, em função das enchentes ocorridas no município entre os anos de 2010 e 2011, e que resultaram em perdas econômicas significativas ao município e, sobretudo, à população afetada.

Já o segundo consistiu em ação judicial do Ministério Público, solicitada por meio de representação da SABESP, que posteriormente passou a integrar o polo ativo da Ação, contra proprietário de terra situada no entorno de reservatório utilizado para abastecimento de parte da RMSP. O réu da ação havia promovido a pavimentação e alargamento de antiga estrada vicinal de terra existente em sua propriedade visando fornecer acesso à futuro condomínio residencial. O MP e a SABESP defendiam que se tratava de área parcialmente em APP de reservatório, de curso d'água e nascente. Apesar do foco principal da ação consistir na discussão da incidência de APP e a respectiva intervenção irregular em seu interior, os efeitos da mobilização e transporte de materiais das obras na estrada até os cursos d'água e o possível assoreamento do reservatório foram citados diversas vezes ao longo do processo judicial e instrumentalizaram o pedido de paralisação da obra com o estabelecimento de multa diária de R\$1.000,00 reais para cada dia de desatendimento.

- Na ação judicial os termos são usados com ambiguidade? E na geomorfologia pensada em si mesma e em relação com as demais disciplinas das ciências da terra, o termo possui uma definição ambígua?

Alguns dos termos discutidos nesse capítulo, em especial os termos “risco”, “perigo”, “vulnerabilidade” e “resiliência”, extrapolam a esfera das ciências da terra, pois são abordados por diferentes disciplinas envolvidas na prevenção, gerenciamento e mitigação de riscos, como as ciências humanas e sociais, a área da saúde, etc.

Diante da apropriação da terminologia envolvendo os riscos por esse conjunto de disciplinas, e da necessidade de diálogo e clareza nos estudos conjuntos, a terminologia atualmente encontra-se mais estabelecida. Evidentemente, esse quadro de clareza e objetividade terminológica é resultado da própria evolução das disciplinas ligadas ao gerenciamento de riscos. Trata-se, sobretudo, de resultado dos esforços empreendidos na área da prevenção de desastres naturais, comandada pelo Escritório de Redução de Desastres Naturais da ONU e pelo estabelecimento de agendas de redução aos riscos de desastres, como a Década Internacional de Redução de Desastres Naturais e os Marcos de Ação de Hyogo e de Sendai, esse último em vigência atual (OGURA, 1995; CARDONA, 2004; TOMINAGA, 2007; GÜNTHER et al., 2017).

Nas ciências da terra apesar desses conceitos assumirem significados semelhantes, cada disciplina aborda os conceitos e adapta a terminologia de acordo com a sua visão. Tal situação é possível de ser observada por meio das variações nas tipologias de “riscos”. O risco pode ser caracterizado como “geológico”, “geofísico”, “geotécnico”, “hidrológico”, “meteorológico”, “climatológico” ou “geomorfológico”, de acordo com a disciplina priorizada. Existem, ainda, os termos compostos, como os riscos “geológico-geotécnicos” ou “hidrometeorológicos”. É evidente que existem diferenças entre eles, no sentido dos agentes e processos que apresentam perigo e que criam o risco, porém são igualmente frequentes as sobreposições entre os termos. Assim, na literatura é frequente se observar a diferenciação dos “riscos geológicos” ou “riscos geomorfológicos”, em duas categorias: os riscos endógenos e os exógenos, como discutido anteriormente.

A relevância dessa discussão conceitual é destacada por Cardona (2009), ao defender que a diferenciação entre os conceitos é parte de uma abordagem metodológica, que visa facilitar a compreensão dos riscos e a possibilidade de sua prevenção, redução e mitigação. Ainda que os conceitos sejam definidos separadamente por questões metodológicas, para compreensão do conceito de risco, eles não podem ocorrer isoladamente, ao contrário, ocorrem simultaneamente e condicionam uns aos outros.

4.3. INTEGRAÇÃO E SÍNTESE

Com base na leitura, sistematização e análise dos acórdãos e das ações judiciais selecionadas, foi possível observar três grandes grupos de discussão: um primeiro associado à terminologia das ciências da terra, o segundo referente à definição e utilização desses termos na legislação, e o terceiro associado à atuação de especialistas, como peritos, assistentes técnicos e pareceristas.

A discussão dos resultados teve como objetivo responder as questões norteadoras da análise, apresentadas na metodologia (item 2.2.2) e abaixo reproduzidas. Teve como finalidade, também, atender os objetivos principal e secundários da pesquisa e auxiliar na validação da hipótese apresentada.

- Como a terminologia e as categorias de análise da geomorfologia são utilizadas nas ações judiciais?
- Sua utilização está embasada em referencial teórico-metodológico da geomorfologia ou de alguma disciplina das ciências da terra?
- Qual é a formação dos profissionais envolvidos nas perícias e na elaboração de pareceres técnicos?
- Quais foram as técnicas e ferramentas utilizadas para constatação e análise do processo do meio físico envolvido no litígio ou relacionado a ele?

4.3.1. TERMINOLOGIA DAS CIÊNCIAS DA TERRA

No âmbito das ciências da terra, a discussão conceitual é pouco realizada, já que os conceitos são, muitas vezes, tomados aprioristicamente, ou seja, como algo já dado e consolidado previamente, sobretudo nas pesquisas dedicadas à aplicação de técnicas e obtenção de resultados quantitativos (GREGORY; LEWIN, 2015). Não obstante, na interface com o direito e a perícia ambiental, a definição conceitual passa a ser imprescindível, pois o tipo de discurso entre ambos é diferente.

A questão da ambiguidade está intimamente ligada à uma discussão sobre a linguagem dos discursos na sociedade, em especial os discursos dos saberes científico e narrativo. O discurso científico se baseia nos fatos constatados durante a realização de pesquisas e experimentos, se baseando no critério da objetividade. Já o discurso (ou saber) narrativo, se baseia na emoção, ou seja, nas sensações geradas no intérprete da informação (ECO, 1995; LYOTARD, 1998; D'ANCONA, 2018).

Em uma ação judicial envolvendo fenômenos do meio físico, existem agentes utilizando-se do vocabulário das ciências da terra com propósitos e de formas distintas. O perito, em tese, irá buscar a utilização precisa dos conceitos e basear suas conclusões em fatos, com base no método científico. Já os advogados, responsáveis pela redação dos documentos judiciais que versam sobre o mérito da questão, irão servir-se da terminologia das ciências da terra para defender seu argumento, utilizando o termo não com o seu significado científico, mas visando gerar uma emoção no seu leitor, seja ele o juiz, o perito ou a outra parte.

A análise das ações judiciais e do contexto de apropriação e utilização da terminologia das ciências da terra confirmou esse quadro inicial. Os documentos técnicos, em especial os pareceres, utilizaram termos predominantemente genéricos, sobretudo nos documentos de autoria de profissionais provenientes das engenharias. A ênfase na prática e na quantificação, dada nesse campo científico, mas também nas disciplinas das ciências da terra pode estar no cerne dessa problemática, que tende a considerar os conceitos como algo a priori ou subentendido (GREGORY; LEWIN, 2015).

A apropriação e reprodução desses termos por agentes não técnicos foi observada nas ações judiciais analisadas, em todas as peças judiciais, em alguns casos com reprodução *ipsis literis* e, em outros, sofrendo alterações no decorrer da ação judicial, dando origem a novos termos. Ou seja, alguns conceitos já apresentados de forma ambígua nos relatórios técnicos, são apropriados e reproduzidos pelos advogados, juízes e demais agentes envolvidos, ao longo de toda a ação judicial, e passam a atuar como argumento jurídico para embasar os pedidos e as decisões tomadas.

Uma das explicações está relacionada ao fato de que as Ações Cíveis Públicas são ajuizadas pelo Ministério Público após a execução de inquérito civil, etapa utilizada para atestar o interesse do órgão em promover a ação judicial. Para tal, o MP solicita a instrução do processo com pareceres técnicos de órgãos públicos, de seus assistentes técnicos e do próprio réu, intimado a participar como investigado e convidado a apresentar seus argumentos. Após instruído, o MP pode optar por transformar o inquérito em ACP, ou pela realização de título extrajudicial com a outra parte, por meio de um TAC, por exemplo.

Os pareceres técnicos trazidos aos autos na fase do inquérito civil subsidiam a petição inicial da ACP, com relação à narrativa dos fatos, ao mérito e aos pedidos. Assim, a terminologia e os argumentos técnicos apresentados em tais documentos são, muitas vezes, reproduzidos integralmente ou apropriados em parte pelo promotor.

A outra explicação está associada ao próprio ritual das ações judiciais, que reforça a reprodução da terminologia, de argumentos e trechos extraídos de pareceres técnicos. Tal ritual é visualizado na estrutura das principais peças judiciais, como a petição inicial, a contestação e as sentenças: são apresentados primeiramente os fatos, para na sequência, discutir-se o mérito. Na maioria das vezes, no momento de apresentar os fatos e, até mesmo, o mérito da ação, os agentes reproduzem os discursos utilizados nas peças iniciais, seguindo estrutura muito similar ou mesmo citação direta.

O exemplo, abaixo, ilustra essa questão. Os trechos foram extraídos do processo judicial da Comarca de Itapeverica da Serra, de diferentes peças judiciais ao longo do decorrer da ação.

1 – DOS FATOS. Segundo apurou-se no inquérito civil nº 88/11 desta Promotoria de Justiça da Habitação e Urbanismo (autos em anexo), nas Estradas Pedro Simão Cremm e Martinho Jacob, ambas situadas no bairro de Itaquaxiara, nesta cidade de Itapeverica da Serra, existem dois cursos d'água que, em época de chuva, enchem, transbordam e provocam enchentes em tais locais, ocasionando risco

para a população local. (Processo Judicial nº 0000008-32.2012.8.26.0268, Comarca de Itapeperica da Serra, 3ª Vara Cível, **Petição Inicial**, f. 3, grifo nosso).

SÍNTESE DOS FATOS ARTICULADOS NA INICIAL. Segundo alega o Ilustre membro do Parquet, apurou-se no inquérito civil nº 88/11 da Promotoria de Justiça da Habitação e Urbanismo, que **nas Estradas Pedro Simão Cremm e Martinho Jacob, ambas situadas no bairro de Itaquaxiara, nesta cidade de Itapeperica da Serra, existem dois cursos d'água que, em época de chuva, enchem, transbordam e provocam enchentes em tais locais, ocasionando risco para a população local.** (Processo Judicial nº 0000008-32.2012.8.26.0268, Comarca de Itapeperica da Serra, 3ª Vara Cível, **Contestação**, f. 145, grifo nosso).

Segundo apurou-se no inquérito civil nº 88/11 desta Promotoria de Justiça da Habitação e Urbanismo (autos em anexo), **nas Estradas Pedro Simão Cremm e Martinho Jacob, ambas situadas no bairro de Itaquaxiara, nesta cidade de Itapeperica da Serra, existem dois cursos d'água que, em época de chuva, enchem, transbordam e provocam enchentes em tais locais, ocasionando risco para a população local.** (Processo Judicial nº 0000008-32.2012.8.26.0268, Comarca de Itapeperica da Serra, 3ª Vara Cível, **Razões de Recurso de Apelação**, f. 253, grifo nosso).

Inconformado, o Recorrente insiste com as teses apresentadas inicialmente, alegando que **nas Estradas Pedro Simão Cremm e Martinho Jacob existem dois cursos d'água que, em época de chuva, enchem, transbordam e provocam enchentes no entorno de tais locais, ocasionando à risco população, já que a tubulação não produz o resultado de captação que deveria [...].** (Processo Judicial nº 0000008-32.2012.8.26.0268, Comarca de Itapeperica da Serra, 3ª Vara Cível, **Contrarrazões de Apelação**, f. 276, grifo nosso).

III. Ministério Público do Estado de São Paulo ajuizou ação civil pública ambiental em face do Município de Itapeperica da Serra. Sustenta que **nas estradas Pedro Simão Cremm e Martinho Jacob, ambas situadas no bairro de Itaquaxiara, existem dois cursos d'água, que, em época de chuva, enchem, transbordam e provocam enchentes no entorno de tais locais, ocasionando risco para a população.** (Processo Judicial nº 0000008-32.2012.8.26.0268, Comarca de Itapeperica da Serra, 3ª Vara Cível, **Parecer da Procuradoria Geral de Justiça**, f. 288, grifo nosso).

Por outro lado, a repetição da terminologia técnica, extraída de pareceres e laudos, pode se alterar ao longo da ação judicial e incorrer em erros e ambiguidades. Ela pode, também, receber complementos e predicados, que visam direcionar a ação judicial no sentido desejado pelo agente que a utiliza, como observado em relação ao uso corrente de termos como “chuvas excepcionais”, “chuva recorde”, “evento excepcional”, etc., utilizados sem o embasamento técnico e validação.

O caso de Bragança Paulista, envolvendo o assoreamento de corpo d'água em decorrência da realização de movimentação de terra em condomínio residencial, exemplifica a alteração da terminologia no decorrer da ação judicial.

*Num processo de assoreamento tem-se que levar em consideração que não só **dejetos, solo ou sedimentos que são contidos em caixas de contenção**, por serem maiores e mais pesados, figuram entre os responsáveis pelo assoreamento, pois o solo e/ou sedimentos menores, diluídos nas águas pluviais, vide a cor vermelha e barrenta tão comumente vista nos rios nas épocas das chuvas, são as maiores responsáveis pelo assoreamento de rios, lagos [...]. (Processo Judicial nº 0010464-63.2012.8.26.0099, Comarca de Bragança Paulista, 4ª Vara Cível, Laudo pericial, f. 598, grifo nosso).*

*A Associação [...] busca a improcedência da demanda ao argumento de que restou comprovado nos autos que a causa do assoreamento do Lago do Orfeu é difusa e, por isso, o percentual a que foi condenada para custear o desassoreamento a ser feito pelo Município é descabido, mormente, porque o Loteamento [...] é o único que contém **sistema de contenção de resíduos sólidos**. (Processo Judicial nº 0010464-63.2012.8.26.0099, Comarca de Bragança Paulista, 4ª Vara Cível, Parecer do Ministério Público sobre os recursos de apelação, f. 900, grifo nosso).*

*Apela a Associação (fls. 838/849, vol. 5); diz que [...] desde a implantação do loteamento [...] há **sistema (caixa de contenção) que impede o deslocamento de resíduos sedimentares** para as bocas de lobo em períodos de chuva; apesar de haver outros loteamentos ao redor do Lago Orfeu, é o único a possuir projetos aprovados na Prefeitura Municipal, inclusive no que concerne ao escoamento, captação e contenção de água fluvial e seus sedimentos [...]. O perito [...] indicou, por fim, a existência de **áreas em torno do lago que contribuem para o carreamento de material particulado**. (Processo Judicial nº 0010464-63.2012.8.26.0099, Comarca de Bragança Paulista, 4ª Vara Cível, Acórdão de recurso de apelação, f. 917/921, grifo nosso).*

Enquanto essa apropriação pode ter um caráter estratégico na petição inicial, na contestação e em demais peças jurídicas apresentadas pelos advogados, visando o convencimento do juiz, na sentença ela pode mostrar-se prejudicial, resultando em decisões equivocadas e injustas: inocentando agentes responsáveis por uma determinada ação, culpando aqueles inocentes ou não possibilitando a compreensão do nexos causal entre os argumentos apresentados e o fato ocorrido.

Um exemplo, nesse sentido, refere-se ao caso do “flash flood” de Biescas, ocorrido na Espanha, na região dos Pirineus, resultando na morte de 87 pessoas que estavam acampadas no *camping Las Nieves*, soterrado durante o episódio. O caso foi intensamente noticiado, atraindo a contribuição de dezenas de especialistas e se arrastando por um longo processo judicial. Na esfera civil, depois de numerosos recursos, as indenizações foram pagas aos parentes das vítimas, porém na esfera criminal, os agentes do órgão de bacia hidrográfica e do governo provincial não foram responsabilizados, pois na visão dos juízes, com base nos documentos técnicos aportados ao processo, não havia como prever a ocorrência do evento.

Ainda assim, poucos anos antes, o licenciamento do camping havia sido inicialmente indeferido por um técnico do órgão de bacia, diante do histórico da bacia hidrográfica e de sua condição de alto risco às inundações súbitas e movimentos de massa. O técnico foi afastado de suas atribuições pouco depois e a instalação do camping autorizada (GUTIÉRREZ; GUTIÉRREZ; SANCHO, 1998; AYALA-CARCEDO; CANTOS, 2002).

Anos após o caso, diversos relatórios técnicos e artigos científicos produzidos em paralelo ao processo judicial, que não foram contemplados como prova, apontaram que os cálculos de Tempo de Retorno (TR) utilizados nos documentos técnicos apresentados no processo judicial estavam equivocados. De acordo com esses documentos, não se tratava de evento com TR acima de 500 anos, considerado como imprevisível na legislação espanhola, de forma que sua ocorrência era passível de previsão, caso estudos adequados tivessem sido conduzidos ou exigidos pelos agentes da administração envolvidos (GUTIÉRREZ; GUTIÉRREZ; SANCHO, 1998; AYALA-CARCEDO; CANTOS, 2002).

Evidentemente não é possível exigir de um juiz ou advogado a verificação do cálculo de tempo de retorno, já que essa é a função do perito ou especialista chamado ao processo judicial. Porém esse é um caso que demonstra que a ambiguidade de um conceito e, portanto, das técnicas para obtê-lo, pode representar um desfecho com consequências sérias na decisão de uma ação judicial.

Evidentemente, também existem exceções, como casos nos quais o vocabulário técnico é incorporado à sentença, por exemplo, demonstrando que o juiz ou desembargador, se apropriou daqueles conceitos e construiu uma compreensão sobre os termos, para embasar sua decisão.

Por exemplo, no caso da ação judicial de Guarujá, envolvendo condomínio residencial parcialmente edificado em área de foz de curso d'água em estuário, foi possível observar que um dos desembargadores responsáveis pelo julgamento do recurso de apelação, embasou sua decisão na terminologia relacionada à hidrodinâmica da foz do canal fluvial e à existência de risco geológico-geotécnico. Tais termos foram extraídos do parecer técnico do Instituto Geológico apresentado no processo judicial, e demonstram a importância que tais termos assumem no momento de embasar a decisão de juízes e desembargadores.

4.3.2. TERMINOLOGIA JURÍDICA

As ambiguidades não estão restritas aos documentos técnicos, como pareceres e laudos periciais, e não técnicos que compõem as ações judiciais analisadas. As ambiguidades ocorrem, também, nos próprios instrumentos legais que regem a instauração das ações judiciais ambientais.

O conceito de nascente é um bom exemplo. Esse termo foi observado na pesquisa como um dos termos mais problemáticos, gerando grande número de demandas para constatar sua ocorrência e eventual intervenção em sua APP. A definição do conceito expressa na legislação, em especial na Lei Federal nº 12.651 de 2012, que instituiu o Código Florestal (BRASIL, 2012a), apresenta compreensão restrita do termo, que permite seu contorno e,

consequentemente, abre caminho para transgressão ambiental. No dispositivo, as nascentes são definidas como afloramentos naturais dos lençóis freáticos, perenes e formadores de cursos d'água. Os olhos d'água, por sua vez, são definidos como afloramentos naturais que podem ser intermitentes. O conceito de mina d'água, muito utilizado nos documentos jurídicos analisados, não é definido.

Nas ações judiciais envolvendo o termo “nascente” como um dos pontos controvertidos principais, o que se observou foi uma tentativa de descaracterizar a nascente, e consequentemente, sua APP, alegando não se tratar de afloramento natural, e sim resultante de atividades antrópicas, como a realização de movimentação de terra.

A Lei Federal 12.651 de 2012 apresenta a seguinte definição do termo Área de Preservação Permanente:

II – Área de Preservação Permanente APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas; (BRASIL, 2012a, Artigo 3º, Capítulo I).

O artigo 6º ainda estabelece que, por decisão do Chefe do Poder Executivo, podem ser consideradas APPs os locais de importância para proteção do solo contra erosão ou mitigação de riscos de inundação e movimentos de massa, para proteção de restingas, veredas, várzeas e áreas úmidas, para preservação da fauna e flora ameaçada de extinção, proteção de sítios históricos ou de valor paisagísticos, científico ou cultural, e ao longo de rodovias e ferrovias.

Nesse sentido, um afloramento ainda que causado por atividade antrópica, como cortes e aterros, desempenha as funções ambientais previstas na definição de APP, como a preservação de recursos hídricos, a garantia da estabilidade geológica e a proteção do solo. Porém, por não serem caracterizados como naturais, tais afloramentos não se enquadram no conceito previsto na legislação e, portanto, não condicionam a proteção da respectiva faixa de APP, possibilitando a intervenção no local e sua supressão.

O caso de Bragança Paulista, envolvendo movimentação de terra em propriedade para implantação de edifícios comerciais, é ilustrativo dessa discussão. A ACP de autoria do Ministério Público visava a recuperação de danos ambientais resultantes do aterramento de extensa área, incluindo a supressão de nascente e de curso d'água. Foram apresentados diversos pareceres técnicos, de instituições públicas, como o DPRN e o IG, e de consultorias privadas, além da realização da perícia técnica, realizada conjuntamente por engenheiro agrônomo e geólogo. Os trechos a seguir foram extraídos dessa ação judicial.

“Assim, ao contrário do que foi afirmado pelo requerido [...], no local não existe nenhuma nascente. Ainda que um dia, devido ao excesso de chuva tenha aparecido ou venha a aparecer no local alguma umidade ou afloramento de lençol aquático, conforme conclusão do expert acima mencionado, tal não configurará nascente que gera área de proteção permanente.” (Processo Judicial nº 0010369-09.2007.8.26.0099, Comarca de Bragança Paulista, 2ª Vara Cível, Contestação, f. 531).

“Vale a pena chamar atenção para duas situações que normalmente confundem os observadores [...]. A primeira refere-se a terrenos localmente rebaixados [...] com dificuldade natural de escoamento superficial de águas de chuva. Há nessas situações a possibilidade de formação de uma camada subsuperficial de argilas hidromórficas que, por sua impermeabilidade, dificultam a infiltração e proporcionam a sustentação de uma camada superficial saturada ou úmida especialmente em períodos chuvosos. São situações que sugerem, erroneamente, uma classificação como nascente difusa. [...] essas águas de infiltração podem resultar na formação de “lençóis suspensos” ou “empoleirados” e acabam aflorando à superfície de um terreno declivoso antes de atingir o lençol freático propriamente dito. Uma situação que, pelas definições conceituais estabelecidas não pode ser caracterizada como uma nascente.” (Processo Judicial nº 0010369-09.2007.8.26.0099, Comarca de Bragança Paulista, 2ª Vara Cível, Laudo Pericial Complementar, f. 1.309).

“O relatório da vistoria [...] não é conclusivo no apontamento da nascente que existiria no local; da leitura, não é possível concluir com a clareza necessária que os afloramentos apontados são na área de interesse deste processo, bem como se são, de fato, nascentes, ou se representam alagamentos resultados de acúmulo de águas pluviais. Como bem apontado pelo perito [...], existe imensa dificuldade em diferenciar nascentes e olhos d'água de aglomerações de água que tenham como origem infiltração de águas superficiais [...]” (Processo Judicial nº 0010369-09.2007.8.26.0099, Comarca de Bragança Paulista, 2ª Vara Cível, Acórdão do Recurso de Apelação, p. 22).

Essa situação é particularmente problemática nas ações judiciais ambientais pois para julgamento do caso, o juiz precisa da comprovação do fato, ou seja, da transgressão da lei. O juiz irá analisar o caso do ponto de vista do Direito, interpretando as normas, mas tendo como base a ocorrência de um fato, como o dano ambiental. Caso o fato não esteja efetivamente provado, o juiz não pode contemplar os pedidos da autora da ação e atestar sua procedência.

Nesse sentido, a redução do conceito de “nascente” ao afloramento natural do lençol freático tem reverberado em decisões que permitem a manutenção do dano ambiental, ao invés de incentivar sua recuperação, e que criam jurisprudência e caminhos argumentativos para outras situações semelhantes de transgressão ambiental. Foi possível observar, por exemplo, que as ações ambientais analisadas na pesquisa envolvendo intervenção ou supressão em APP de nascente, utilizaram linha argumentativa semelhante, buscando descaracterizar a nascente como natural e abordá-la por meio de outros termos, como “afloramentos” ou “surgências d’água”.

Os conceitos relacionados aos riscos ambientais, dentre os quais o geomorfológico, são igualmente ambíguos na legislação. A Lei Federal nº 6.766 de 1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, condiciona a autorização ao parcelamento apenas aos locais que não apresentem riscos de inundação, contaminação, geológicos, em função da declividade ou que se apresentem como áreas protegidas (BRASIL, 1979).

A aprovação da Lei Federal nº 12.608 de 2012, que estabelece a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), resultou na incorporação e modificação de alguns dispositivos da lei de parcelamento do solo urbano, dentre os quais o Artigo 12, referente a aprovação dos projetos de loteamento e desmembramentos pela Prefeitura Municipal. Tal aprovação é condicionada aos requisitos constantes na carta geotécnica de aptidão à urbanização, no caso dos municípios constantes no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos e hidrológicos correlatos (BRASIL, 1979, 2012b). No entanto, ambos os dispositivos legais não estabelecem a definição e os referenciais de conceitos importantes, como: deslizamento de grande impacto, inundação brusca, carta geotécnica e carta geotécnica de aptidão à urbanização.

A PNPDEC modificou, também, dispositivos da Lei Federal nº 10.257 de 2001, denominada Estatuto das Cidades, acrescentando no Artigo 42-A, a obrigatoriedade do Plano Diretor dos municípios incluídos no cadastro citado previamente, contemplar o mapeamento das áreas suscetíveis a ocorrência de deslizamentos, inundações ou processos geológicos e hidrológicos correlatos, medidas de mitigação dos impactos de desastres e planejamento das ações de prevenção e realocação da população de áreas de risco (BRASIL, 2001). Porém, esses conceitos tampouco são definidos nesse instrumento legal. Adicionalmente, o parágrafo 1º desse Artigo estabelece, que o mapeamento de tais áreas deve levar em conta as cartas geotécnicas. Nesse parágrafo apenas o termo “carta geotécnica” é utilizado e não “carta geotécnica de aptidão à urbanização”.

O Decreto nº 7.275 de 2010, que regulamenta a PNDC e estabelece os parâmetros para declaração de calamidade pública em situação de desastres, apresenta definições importantes, como o conceito de desastre, porém os termos citados anteriormente não são definidos por esse instrumento (BRASIL, 2010). Essa situação pode ser visualizada, também, no Código Florestal, nos artigos associados à regularização fundiária de áreas urbanas inseridas em APP. Os Artigos 64 e 65 utilizam conceitos como “risco geotécnicos”, “áreas de risco”, “fragilidades ambientais” e “movimentos de massa”, dentre os quais “deslizamento”, “queda” e “corrida de lama”, conforme trecho extraído a seguir.

*Art. 65. Na regularização fundiária de interesse específico dos núcleos urbanos informais inseridos em área urbana consolidada e que ocupem Áreas de Preservação Permanente não identificadas como **áreas de risco**, a regularização ambiental será admitida por meio da aprovação do projeto de regularização fundiária, na forma da lei específica de regularização fundiária urbana.*

§ 1º O processo de regularização ambiental, para fins de prévia autorização pelo órgão ambiental competente, deverá ser instruído com os seguintes elementos:

I - a caracterização físico-ambiental, social, cultural e econômica da área;

*II - a identificação dos recursos ambientais, dos passivos e **fragilidades ambientais** e das restrições e potencialidades da área;*

[...]

*VI - a identificação das áreas consideradas **de risco de inundações e de movimentos de massa rochosa, tais como deslizamento, queda e rolamento de blocos, corrida de lama e outras definidas como de risco geotécnico;***

[...]

VIII - a avaliação dos riscos ambientais [...]” (BRASIL, 2012a, grifo nosso).

Evidentemente, o legislador, responsável pela redação da lei, evita restringi-la em excesso, possibilitando sua aplicação em diferentes casos e conforme a interpretação do juiz, responsável pela garantia da lei na sociedade. Essa é a característica do nosso Direito, que integra a família romano-germânica, na qual o legislador busca um ponto de equilíbrio ao formular a regra, evitando sua generalização excessiva, para que esta não deixe de atuar como guia seguro à prática, mas que permita sua aplicação à um número suficientemente amplo de situações (DAVID, 1996). Nesse contexto, a interpretação do juiz passa a desempenhar papel central, cuja importância se reflete no emprego pelo legislador, deliberadamente ou não, de termos e expressões desprovidas de precisão (DAVID, 1996).

A importância atribuída à prática na aplicação da lei é o que confere à jurisprudência seu papel como uma das principais fontes do Direito. Ainda que com menor status quando comparada às leis, a jurisprudência possui a função de deixar mais claras as regras formuladas com caráter muito geral pelo legislador, fornecer segurança jurídica e permitir a atualização e modificação das regras de direito, adaptando-as e atualizando-as de acordo com o contexto atual da sociedade sem que o sistema jurídico entre em colapso (DAVID, 1996).

Nesse sentido, diante da ausência de uma conceituação clara dos termos referentes às ciências da terra na legislação, como expostos acima, a jurisprudência poderia desempenhar papel importante no estabelecimento de uma compreensão clara desses conceitos. Isso não se verificou na prática, conforme observado na análise das ações judiciais e dos acórdãos realizada nessa pesquisa, mas poderia ser um dos caminhos para construção de uma compreensão e utilização mais clara dos termos.

Por outro lado, apesar de existir bibliografia extensa sobre tais conceitos e a metodologia utilizada, por exemplo, na elaboração de cartas geotécnicas e mapeamento de áreas de risco, a literatura técnica nem sempre apresenta consensos em relação a definição desses termos, como abordado anteriormente. A ausência de sistematizações e de consensos sobre os termos na academia e entre profissionais das ciências da terra reverbera na ausência de clareza, também, na jurisprudência e, em última instância, na legislação. Esse quadro demonstra a importância de retomar as discussões conceituais e as sistematizações, sobretudo em relação aos conceitos que integram a legislação.

Rodrigues (2015), ao analisar os textos e incidências geográficas nos Códigos Florestais de 1932, 1965, 1986 e 2012, ressalta que ainda que algumas das categorias protegidas por esses instrumentos tenham como referências espaciais conceitos da geomorfologia, como os conceitos de leito maior e menor, esses dispositivos não abarcam a proteção desses sistemas como um todo, considerando as interações entre solos, água e vegetação. Para a autora, previamente a redação desses dispositivos, seria necessário trabalhar e operacionalizar esses conceitos, para então criar instrumentos técnicos e, em um terceiro momento, capacitar perícias para fiscalização, licenciamento, identificação de passivos e de responsabilidades. Caso contrário, diante da redução do rigor científico e das dificuldades na compreensão e

aplicação desses conceitos, são criadas oportunidades para replicar equívocos e para transgressão ambiental.

A sistematização dos conceitos é fundamental na sua posterior incorporação na jurisprudência, diante de sua importância como uma das fontes de direito, mas principalmente na legislação, apesar do caráter mais genérico que essa apresenta no direito da família romano-germânica, já que conforme exposto por David (1996), a lei é na sociedade atual, a melhor técnica para enunciar regras claras:

Finalmente, a lei pelo rigor da redação que comporta, parece ser a melhor técnica para enunciar regras claras, numa época em que a complexidade das relações sociais obriga a conferir prioridade, entre os elementos de uma solução justa, às preocupações de precisão e clareza. (DAVID, 1996, p. 92).

4.3.3. A PERÍCIA TÉCNICA E A ATUAÇÃO DE ESPECIALISTAS

A leitura e sistematização das 32 ações judiciais selecionadas demonstraram que os exames periciais foram realizados em pouco menos da metade das ações, totalizando 15 laudos periciais analisados (equivalente a 47%). Em relação aos acórdãos analisados esse número foi um pouco superior, totalizando exatamente metade das ações judiciais nas quais os acórdãos estavam inseridos.

Esses 15 laudos periciais foram elaborados por 23 peritos, tendo em vista que alguns dos exames periciais contaram com a atuação de equipes multidisciplinares, com até 6 profissionais envolvidos. A maior parte dos peritos apresentava formação no campo das engenharias, em quantidade equivalente a 78%, com destaque aos engenheiros civis, agrônomos e florestais (Figura 65).

Figura 65 - Formação profissional dos peritos nas ações judiciais analisadas



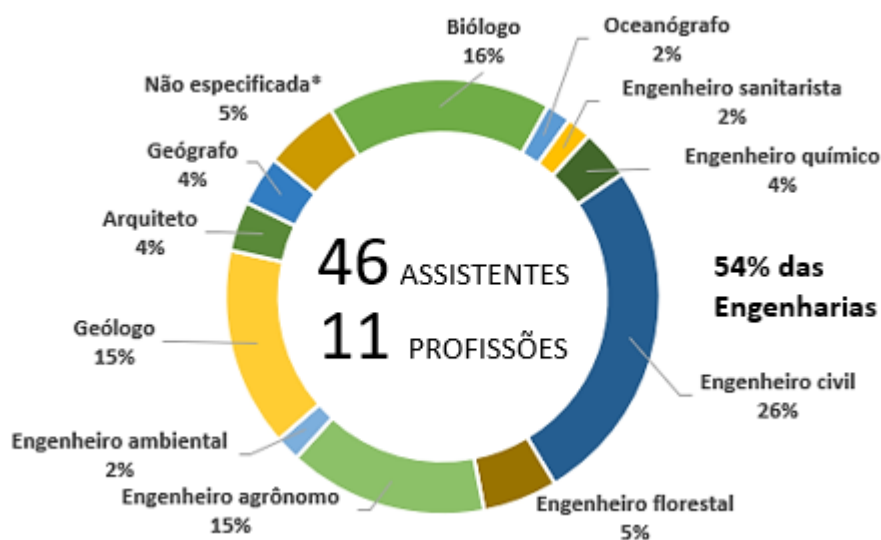
Fonte: Elaborado pela autora

Dentre as disciplinas das ciências da terra, observou-se a atuação unicamente de geólogos, em 3 perícias, porém em nenhum dos casos atuando sozinho e, sim, a convite do

perito oficial nomeado ao cargo, para integrar equipes multidisciplinares. Nesses casos, esses profissionais atuaram em conjunto com engenheiros agrônomos, engenheiros florestais, biólogos e cartógrafos.

Os assistentes técnicos das partes (autores e réus) que acompanharam a realização das perícias nas ações judiciais analisadas, apresentaram formação profissional mais diversa, dispondo complementarmente de dois geógrafos, dois arquitetos e um oceanógrafo. Ainda assim, 54% dos assistentes técnicos eram formados no campo das engenharias. Os geólogos tiveram uma participação maior, contribuindo com 8 pareceres técnicos (Figura 66).

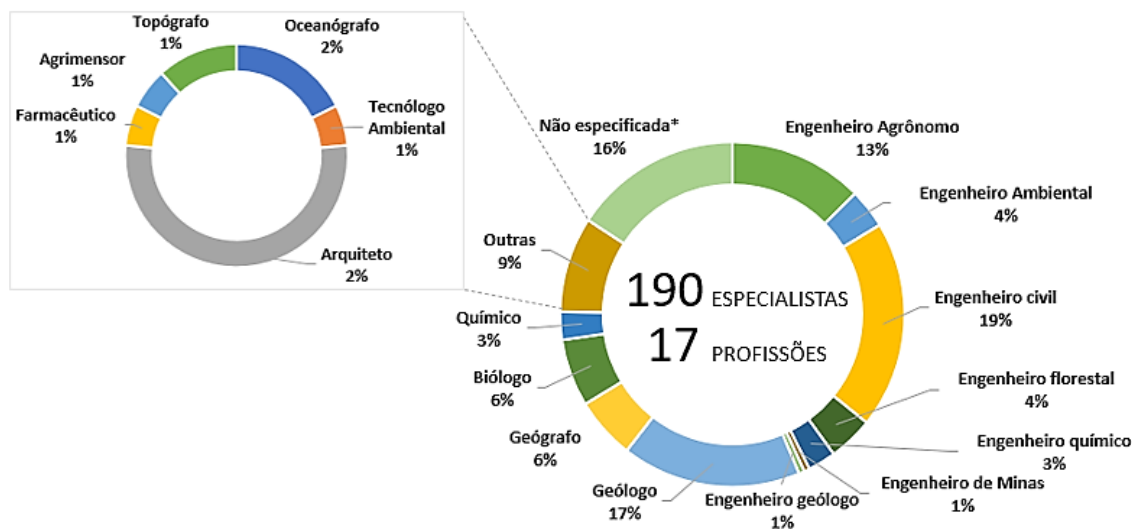
Figura 66 - Formação profissional dos assistentes técnicos nas ações judiciais analisadas



Fonte: Elaborado pela autora

Nos casos analisados foram apresentadas grandes quantidades de pareceres e relatórios técnicos, a maior parte dos quais elaborado por instituições governamentais. Foram analisados 156 pareceres técnicos, inseridos nas 32 ações judiciais selecionadas. Tais pareceres foram realizados por 190 especialistas provenientes de 17 áreas de formação. Nesse âmbito, os profissionais das engenharias tiveram sua participação reduzida, para 44%, ao passo que o número de geólogos aumentou significativamente, representando 17%, bem como o número de geógrafos, que cresceu proporcionalmente, quando comparado ao número de profissionais da disciplina atuando como peritos e assistentes técnicos (Figura 67).

Figura 67 - Formação profissional dos especialistas responsáveis pelos pareceres técnicos



Fonte: Elaborado pela autora

Os números apresentados acima atestam a baixa participação dos profissionais das ciências da terra em exames periciais, atuando como peritos ou assistentes técnicos. Dentre esses profissionais, destaca-se a limitada atuação dos geógrafos, que sequer integram as equipes de perícias multidisciplinares, nem mesmo para auxiliar na aplicação de técnicas de cartografia, geoprocessamento e realização de análises espaciais, atuações mais reconhecidas dos geógrafos fora do ambiente acadêmico.

O reduzido número de geólogos como peritos e, sua participação como assistente na perícia e não como perito nomeado oficialmente pelo juiz, demonstra que existe uma demanda pela participação desses profissionais, solicitada sobretudo pelos outros especialistas, porém sua contribuição ainda é pouco reconhecida pelos demais agentes que atuam em processos judiciais, em especial, os advogados e o juiz. Esse último é de especial importância, pois é quem realiza a seleção e nomeação do profissional ao cargo, ainda que tal escolha possa ser questionada pelas partes.

Tal questionamento pode ocorrer motivado pelo envolvimento do perito com uma das partes do processo, como grau de parentesco ou relação de trabalho anterior, ou diante da incompatibilidade da formação profissional do perito com os conhecimentos necessários ao esclarecimento técnico da lide. Os casos de Atibaia e de Bragança Paulista ilustram bem essa questão.

Na primeira ação judicial, o perito foi designado para esclarecer as causas das enchentes no município de Atibaia no final do ano de 2010 e a parcela de responsabilidade da SABESP na sua ocorrência, em decorrência das ações de gerenciamento das barragens do Sistema Cantareira, responsável pelo abastecimento público de parte da RMSP. O Município solicitava que a SABESP fosse responsabilizada e condenada, entre outras ações, ao desassoreamento do rio Atibaia e à adoção de práticas distintas no gerenciamento do sistema em situações de emergência associada às épocas de precipitações intensas. O perito designado ao caso pelo juiz foi um engenheiro industrial, que realizou a perícia

individualmente, mas cuja atribuição ao caso foi questionada pelo Município por meio de petição, parcialmente extraída abaixo.

Conforme revelam os quesitos formulados pelas partes, a perícia a ser realizada neste feito é de alta complexidade, exigindo do expert incumbido do encargo sólidos conhecimentos e vivência concreta em temas específicos ligados às engenharias hidráulica, geológica e de grandes construções (barragens). [...] Por outro lado, o timbre utilizado pelo Dr. [...] revela ser ele engenheiro que atua na área cível, notadamente em avaliações imobiliárias. Em vista dessas considerações e sem qualquer desmerecimento ao Dr. [...] – o Município entende oportuno, para a garantia do resultado da complexa e custosa perícia que iniciar-se-á, seja o ilustre perito convidado a fornecer maiores informações acerca de seu histórico profissional com ênfase em sua experiência nos ramos da engenharia cujo conhecimento será exigido para desempenho dos trabalhos periciais em questão (engenharia hidráulica, geológica e de recursos hídricos relacionados à barragens). (Processo Judicial nº 0010486-51.2010.8.26.0048, Comarca de Atibaia, 2ª Vara Cível, Petição intermediária da Prefeitura da Estância de Atibaia, f. 1.431/1.433).

Na sequência, em despacho realizado pelo juiz, este determinou a manutenção do perito, já que seria a incumbência desse profissional dispensar-se do encargo caso considerasse não ter a formação necessária para a realização do exame, conforme previsto em legislação.

Vistos. Fls. 1437-1438: Indefiro o pedido de substituição do perito, pois, além de ser da confiança do Juízo, tem o dever de recusar sua nomeação, caso julgue não possuir conhecimento técnico suficiente para elaborar o laudo, o que não acontece, até o presente momento, no caso desses autos. (Processo Judicial nº 0010486-51.2010.8.26.0048, Comarca de Atibaia, 2ª Vara Cível, Despacho 1º juiz de Direito, Fábio Franco de Camargo, f. 1.454).

O caso de Bragança Paulista possui relevância, também, pois trata-se de caso no qual a atuação de geólogo é solicitada por uma das partes, em conjunto com a atuação de profissional da área florestal. A ação judicial foi motivada pela realização de terraplanagem em propriedade privada, incluindo a disposição irregular de entulho e resíduos sólidos. A investigação iniciada em inquérito civil apontava ao aterramento de nascente e curso d'água durante a movimentação de terra.

Após a apresentação de diversos pareceres técnicos, foi determinada a realização da perícia para averiguar a existência da nascente e curso d'água na propriedade e a incidência das respectivas APP. O terceiro perito nomeado pelo juiz possuía formação em engenharia civil. O Ministério Público se posicionou contrário à sua nomeação, conforme trecho extraído a seguir.

*Em que pese os esclarecimentos feitos pelo perito [...] entendo que o referido perito não possui a qualificação necessária para a realização da perícia em comento. Isto porque, a perícia a ser realizada na área é sabidamente complexa. Para atingir seu objetivo, ela deve obrigatoriamente conter uma **abordagem holística, abrangente, panorâmica sobre todo e qualquer dano** [...] em especial, nas áreas de preservação permanente caracterizadas pelo curso d'água e nascente, razão pela qual, há*

necessidade do profissional nomeado ter formação sobre engenharia florestal ou agrônoma, sem prejuízo, evidentemente, da atuação de outros profissionais, tais como biólogo e geólogo. Partindo de tal premissa, verifica-se [...] que sua formação é de Engenharia Civil, o que, no meu modesto entender, não habilita a desenvolver o trabalho para o qual foi nomeado. [...] Feitas tais considerações, o Ministério Público requer a substituição do perito nomeado pelo Juízo a fls. 1144/1148 para um perito que possua formação em engenharia florestal, agrônoma, ou em biologia. (Processo Judicial nº 0010369-09.2007.8.26.0099, Comarca de Bragança Paulista, 2ª Vara Cível, Petição intermediária do Ministério Público, f. 1.176/1.177, grifo nosso).

Apesar de o Ministério Público sugerir a participação de geólogo no caso, sua participação é aventada como uma complementação à necessária contribuição de profissional da área florestal e, como consta, poderia ser substituída pela atuação de biólogo. Esse caso, no entanto, possui como ponto contravertido a ocorrência de nascente na propriedade. A leitura dos documentos anteriores já permitia compreender que se tratava de discussão envolvendo ponto de afloramento do lençol freático, em decorrência de corte realizado durante a movimentação de terra e, se tal fluxo poderia ser considerado como nascente e enquadrado na legislação florestal.

Trata-se, assim, de questão iminente relacionada ao meio físico, de competência dos especialistas das ciências da terra. Portanto, a colocação do Ministério Público era pertinente, porém apenas para solicitar a substituição por profissional nessa área, escolha essa que não se limita apenas ao geólogo, e se estende, no mínimo, aos geógrafos.

Essa situação põe em evidência um desconhecimento das competências e atribuições dos profissionais que atuam nas ciências da terra, em especial, dos geógrafos. A participação nula dos geógrafos como peritos e quase nula como assistentes técnicos, demonstra que esses profissionais não encontram lugar nesse campo de atuação. Este desconhecimento, em especial, em relação à geografia física, respalda esse quadro.

Outra explicação pode recair no desconhecimento por parte desses profissionais, geógrafos, geólogos e outros especialistas em ciências da terra, sobre a possibilidade de atuação na perícia ambiental. Isso reverbera na ausência de cadastros desses profissionais junto aos Tribunais de Justiça, impossibilitando a nomeação como peritos. Atualmente, o rito de designação de peritos no Estado de São Paulo requer a consulta ao cadastro²⁴ de profissionais habilitados para perícia, salvo exceções. O cadastro é realizado pelo próprio profissional, que precisa comprovar sua formação e especialidade na área de atuação. Nesse sentido, não se pode esperar que os profissionais das ciências da terra sejam mais nomeados como peritos se eles sequer se cadastram para tal.

²⁴ Trata-se do cadastro de Auxiliares de Justiça, no qual podem se cadastrar peritos, leiloeiros, tradutores, intérpretes, administradores e outros. Ele pode ser acessado por magistrados e servidores de todas as comarcas e regiões judiciárias do Estado de São Paulo. O cadastro é realizado junto à página eletrônica do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo.

Por outro lado, esse quadro não explica o número reduzido desses profissionais como assistentes técnicos, já que essa atribuição é de livre escolha das partes da ação judicial. Seria possível, então, enquadrá-lo na primeira explicação, acerca do desconhecimento das atribuições e possibilidades de atuação de tais profissionais. Tal interpretação deve ser feita com cautela quando se trata dos assistentes técnicos do Ministério Público. Este órgão possui braço técnico próprio, composto de Assistentes Técnicos de Promotoria (ATP), profissionais concursados, responsáveis pela instrumentalização técnica dos processos judiciais dos quais o MP é parte, pelo acompanhamento da perícia e emissão de pareceres técnicos.

Uma terceira explicação está relacionada a atuação dos Conselhos Profissionais. O exemplo a seguir ilustra essa questão, no qual o juiz, por meio de despacho, solicita o auxílio do CREA na indicação de profissionais habilitados para realização do exame pericial. O trecho foi extraído da ação de Bragança Paulista, citada anteriormente, envolvendo movimentação de terra em propriedade e possível supressão de nascente. Foram nomeados três peritos, que ou não se pronunciaram ou recusaram o encargo, antes do aceite do especialista que de fato realizou a perícia.

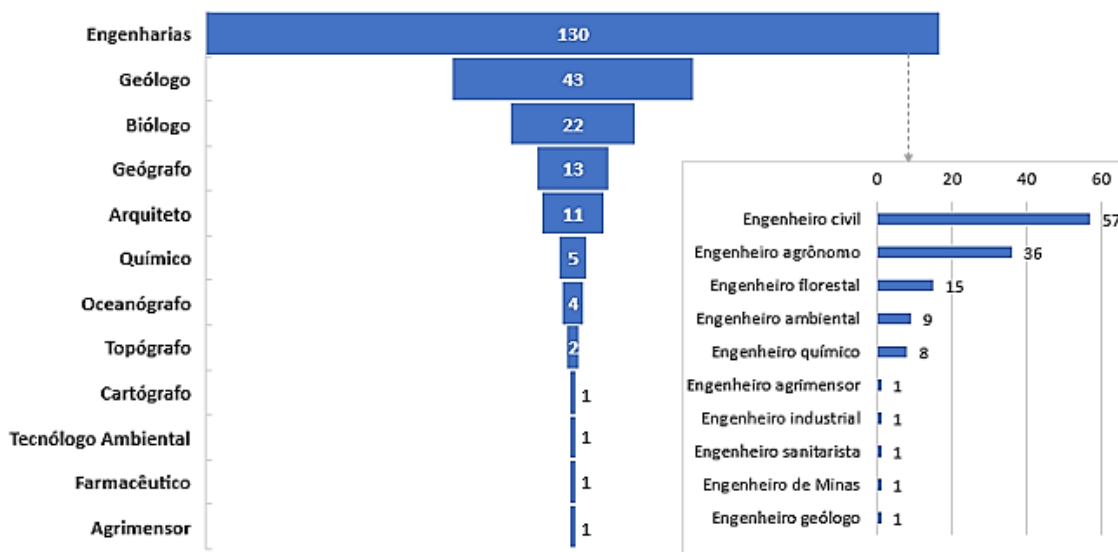
Vistos,

Considerando-se a falta de profissionais de engenharia habilitados na área Ambiental e Urbanística, fora determinado ofício ao Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura (CREA-SP) solicitando bons préstimos de indicar a este juízo profissionais que possam se habilitar e atuar como peritos nessas áreas específicas, no processo nº 352/05 dessa Vara. Aguarde-se, pois, as indicações e habilitações. (Processo Judicial nº 0010369-09.2007.8.26.0099, Comarca de Bragança Paulista, 2ª Vara Cível, Despacho 1º juiz de Direito, Júlio César dos Santos).

Apesar de o excerto acima solicitar ao CREA a indicação de profissionais de engenharia, a reflexão é válida. É evidente que o CREA irá se restringir à indicação de tais profissionais, atendendo o que lhe foi solicitado, ainda que na ação judicial outros profissionais abrangidos por esse mesmo conselho profissional fossem mais indicados, como é o caso dos geólogos e geógrafos. Esse não é o único caso, dentre as ações analisadas, no qual o juiz solicita auxílio ao CREA, demonstrando que, no âmbito de tais conselhos, são necessárias campanhas de informação sobre a possibilidade de atuação em perícias e incentivo ao cadastro dos profissionais, sobretudo diante do baixo número de profissionais cadastrados e da clara dificuldade dos magistrados em nomear tais peritos.

A análise das ações judiciais demonstrou, também, a participação massiva dos profissionais da área das engenharias, em especial da engenharia civil. A Figura 68, abaixo, apresenta a formação de todos os profissionais responsáveis pelos pareceres técnicos analisados, ocupando o cargo de peritos, assistentes técnicos ou como especialistas.

Figura 68 - Formação profissional de todos os especialistas envolvidos nos pareceres técnicos e laudos periciais das ações analisadas

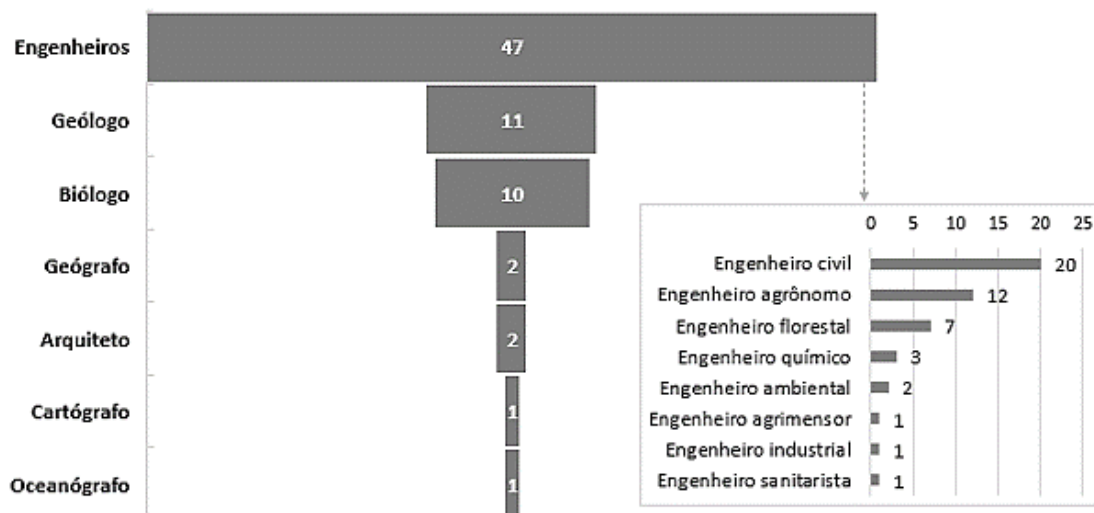


Fonte: Elaborado pela autora

É possível observar a predominância dos engenheiros na produção dos documentos técnicos, que representam 49% de todos os profissionais. Ainda assim, na própria engenharia existe uma discrepância, com o predomínio dos engenheiros civis em relação às demais engenharias, seguidos dos engenheiros agrônomos. Esse número é relativo, já que existe um número maior de engenheiros civis atuando profissionalmente quando comparado com as demais especialidades das engenharias.

A participação dos engenheiros se torna ainda maior quando considerados, apenas, os peritos e assistentes técnicos das partes (Figura 69). Nesse contexto, os engenheiros passam a representar 64%, ao passo que a participação dos geólogos reduz a 15% e dos geógrafos a apenas 2%. Novamente é observado o predomínio na participação de engenheiros civis.

Figura 69 - Formação profissional de peritos e assistentes técnicos



Fonte: Elaborado pela autora

O CREA é o conselho de classe que representa os profissionais das engenharias, mas também geólogos, geógrafos, topógrafos e agrimensores. A maior participação dos engenheiros pode ser interpretada como uma priorização na atuação de tais profissionais nas perícias e como especialistas em ações judiciais, já que, como destacado anteriormente, esse órgão é consultado com frequência para indicação de profissionais habilitados ao encargo.

Frequentemente, também, esse conselho é alertado nos casos de peritos que, após assumirem a nomeação, não apresentam o respectivo laudo pericial, sem justificativa formal para sua desistência, conforme previsto na legislação que rege a perícia nas instâncias civil e penal (BRASIL, 2015). A presença dos Conselhos Profissionais, em especial do CREA nas ações judiciais envolvendo fenômenos do meio físico, demonstra o papel desses órgãos na situação verificada.

Os números apresentados demonstram, também, a participação de maior número de profissionais na elaboração de pareceres técnicos fora do contexto da perícia judicial. Nesse âmbito, 190 profissionais atuaram na elaboração de tais pareceres. Foram analisados, ao total, 156 pareceres técnicos integrantes das 32 ações judiciais selecionadas.

Algumas das ações apresentaram até 17 pareceres técnicos inseridos nos autos da ação judicial. Tal número, evidentemente, variou conforme a complexidade do caso, de forma que a média de pareceres técnicos por ação judicial é mais baixa, em torno de 5 pareceres. De todas as maneiras, quando comparada com o número de exames periciais realizados, em apenas 15 casos, a quantidade de pareceres técnicos representa um ponto importante de discussão.

As dificuldades associadas à realização da perícia oficial estão no cerne dessa questão. Foi possível observar na análise dos casos uma extensa discussão sobre os honorários

periciais, em relação ao valor estipulado pelo perito e sobre o responsável pelo adiantamento de parte desse valor para início dos trabalhos, se o réu ou o autor²⁵.

O pagamento pela realização do exame pericial, consubstanciado no laudo, está condicionado à conclusão da ação judicial. Mas diante da complexidade do assunto e da necessidade de gasto antecipado pelo perito com deslocamento, análises laboratoriais e obtenção de produtos, como fotografias aéreas e imagens de satélite, este pode solicitar ao juiz o adiantamento de parte do valor estipulado, uma prática comum nos processos judiciais.

O juiz pode atender integralmente ao pedido do perito ou estipular uma porcentagem a ser paga do valor solicitado, assim como qual das partes integrantes da ação judicial irá realizar o pagamento. Em algumas ações esse ponto costuma gerar grande discussão, prolatando seu tempo de decurso, já que cada parte entende ser obrigação da outra (réu, corré ou autora) realizar o pagamento.

No caso do Guarujá, por exemplo, a responsabilidade pelo pagamento dos honorários periciais resultou em recurso em segunda instância, por meio de Agravo de Instrumento, cujo desembargador teve que decidir qual das partes realizaria o pagamento. Nesse caso em particular, a perícia foi solicitada no início da ação, no ano de 2001, com a apresentação dos quesitos e nomeação da primeira perita designada. Até novembro de 2019 a perícia ainda não havia sido realizada, com a substituição do perito nomeado e a discussão dos honorários periciais.

Ao final, a ação judicial foi decidida com base nos pareceres técnicos acostados, dentre os quais figuravam pareceres do IG, da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo e do órgão de assistência técnica do Ministério Público Estadual. Ainda assim, a ausência da perícia gerou descontentamento entre as partes a ponto de que o desembargador responsável pelo Acórdão do recurso de apelação teve que destacar a possibilidade de a convicção do juiz ser formada independentemente da realização do exame pericial.

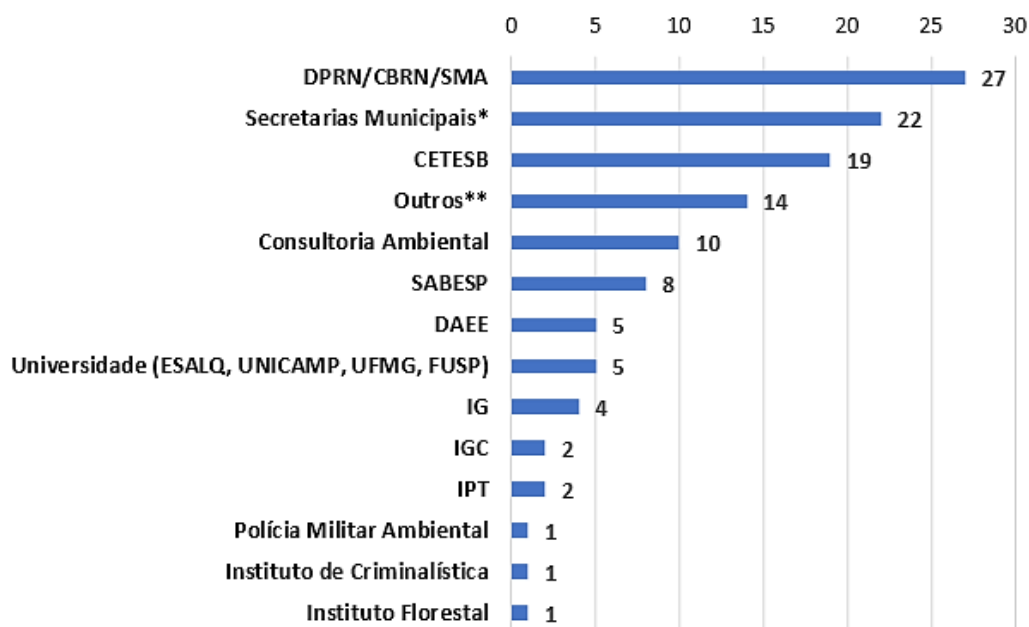
A dificuldade para nomeação do perito, diante dos problemas associados à questão do adiantamento dos honorários periciais, pode ser observada, também, em despacho do juiz responsável pelo caso, em 2005:

A perita nomeada anteriormente declinou da nomeação (fls. 2439). O último perito nomeado [...] foi intimado pessoalmente via fone da nomeação em 02 de dezembro de 2003 (fls. 2481) e até hoje não se apresentou, apesar de insistentes promessas ao juízo. Em razão de sua desídia, fica destituído da nomeação neste ato. Este magistrado está há mais de 30 dias tentando obter respostas de peritos que queiram assumir tal encargo, gratuitamente, em diligências que se revelaram até o momento infrutíferas. (Processo Judicial nº 0005044-16.2000.8.26.0223, Comarca de Guarujá, 2ª Vara Cível, Despacho 1º juiz de Direito, Guilherme da Costa Manso Vasconcellos, f. 2.581).

²⁵ A doutrina, no Direito Ambiental, estabelece a inversão do ônus da prova, ou seja, cabe ao réu provar que não foi responsável pelos danos ambientais causados e a inexistência do nexos de causalidade, visando priorizar a proteção ambiental. Nesse sentido, o réu costuma geralmente arcar com os honorários periciais, salvo exceções.

Essa situação tem redundado na solicitação de pareceres técnicos aos órgãos governamentais, como a Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, o IG e o IPT (Figura 70).

Figura 70 - Órgãos públicos responsáveis pela realização dos pareceres técnicos analisados



Fonte: Elaborado pela autora

A maioria das ações judiciais analisadas na pesquisa apresentam essa situação, cuja decisão do juiz é baseada nos relatórios e pareceres técnicos de instituições, sem a necessidade de solicitar a perícia oficial. Nesses casos, são frequentes os questionamentos de uma das partes sobre a imparcialidade dos documentos e dos órgãos responsáveis por sua elaboração, já que quase sempre, na área do Direito Ambiental, os casos envolvem diretamente agentes do Estado e particulares.

A perícia oficial do juiz tem como objetivo garantir uma opinião de um *expert* isento e, portanto, a objetividade do laudo pericial. De todas as formas, o que se constata é o posicionamento do juiz e dos desembargadores, em casos de recurso envolvendo a necessidade da perícia, de que esta deve ser requisitada apenas quando os documentos presentes nos autos do processo não sejam suficientes para seu convencimento. Na maioria dos casos analisados, os inúmeros pareceres técnicos acostados aos Autos pelas partes foram utilizados como base para a decisão do juiz, ainda que esta tenha sido questionada por uma das partes em recursos, como o de apelação.

Dois acórdãos analisados ilustram essa questão. Em ambos, os recursos de apelação foram providos pelo Desembargador para anulação da sentença diante da necessidade de realização da prova pericial para comprovação do nexo de causalidade e responsabilização dos agentes. O trecho, abaixo, foi extraído de Acórdão proferido em recurso de apelação de ação judicial da Comarca de Sorocaba, envolvendo a ocorrência de processos erosivos e assoreamento de corpo d'água.

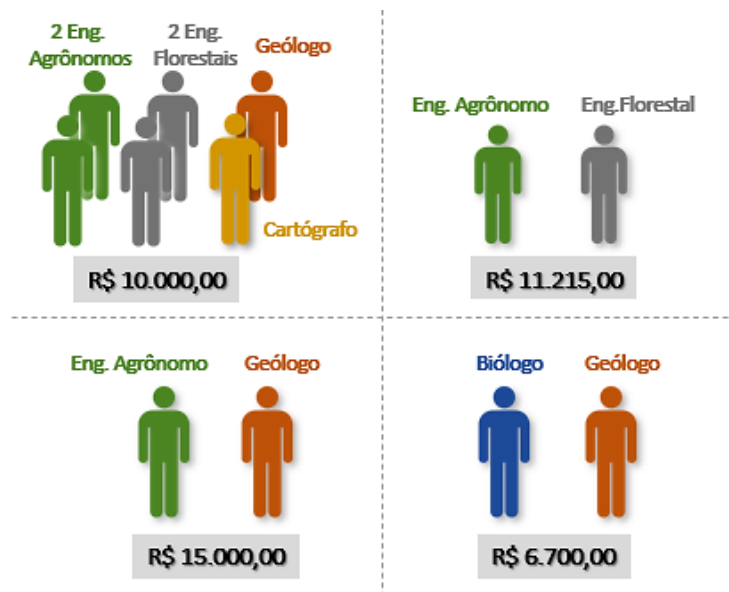
Em que pese a existência de três laudos técnicos ambientais [...] apontando para substancial participação das obras no 'Residencial [...]' na eclosão e no agravamento dos danos ambientais existentes no local, erosão do solo e assoreamento dos cursos d'água, especialmente o lago existente no condomínio 'Village [...]' entendo ser necessária instauração do contraditório antes de ordenar-se a realização de medida irreversível e de grande porte como o desassoreamento de um reservatório de água. [...] se impõe a cassação do "decisum" para que as dúvidas ora levantadas, e que persistem sem esclarecimentos, sejam dirimidas por prova pericial, e não meros laudos e pareceres que, segundo demonstrados, são insuficientes à apuração dos danos ocorridos, suas causas e consequências; sobre a possibilidade de reparação e responsabilização do degradador. (Processo Judicial nº 0026203-22.2012.8.26.0602, Comarca de Sorocaba, Acórdão de recurso de apelação, registro do Acórdão: 2017.0000332355, p. 17/19).

Essa redução e resistência à realização das perícias oficiais, conforme observado nos processos analisados, leva a uma reflexão dupla: por um lado, o aumento de casos envolvendo a esfera ambiental e, em particular o meio físico, demonstra que a atuação dos especialistas será cada vez mais necessária, sobretudo diante da complexidade desses casos; por outro, pode ser que essa atuação se restrinja cada vez mais à participação como assistentes técnicos, contratados independentemente pelas partes ou em uma instituição, como o CAEX, ou também, nas perícias extrajudiciais, como em *due diligences*, por exemplo.

A complexidade dos assuntos ambientais e, em particular, dos casos envolvendo fenômenos do meio físico é um aspecto importante. Nas ações judiciais analisadas foi difícil realizar a divisão entre as ações que integrariam cada grupo de análise (erosão e assoreamento, movimento de massa, inundação e risco), já que a maioria tangenciava todos os universos. Por exemplo, as ações envolvendo erosão e assoreamento, muitas vezes se referiam ao aumento do risco de episódios de inundação (universo de análise de risco e inundação), ou algumas ações envolveram simultaneamente a ocorrência de áreas de risco de inundação e movimentos de massa, como no caso da ação de Embu das Artes.

Tal complexidade tem reverberado no aumento das perícias realizadas por equipes multidisciplinares. Dentre as 15 perícias analisadas, 4 foram realizadas por equipes multidisciplinares (27%), três das quais por equipes de dois profissionais e uma com seis. Apesar do número de profissionais, os honorários periciais não foram muito superiores à quantia média verificada nos laudos, na ordem de R\$ 13.100,00. O maior valor cobrado dentre as equipes, por exemplo, foi R\$ 15.000,00 em perícia envolvendo a participação de dois profissionais, um engenheiro agrônomo e um geólogo (Figura 71).

Figura 71 - Equipes multidisciplinares que atuaram nas ações analisadas e respectivos honorários periciais



Fonte: Elaborado pela autora

A complexidade dos casos envolvendo fenômenos do meio físico está relacionada, também, à variedade de técnicas utilizadas na realização dos exames periciais e na elaboração de pareceres técnicos. O trabalho de campo é a principal técnica, já que a averiguação dos danos, sua extensão, a atribuição de responsabilidades e sugestão de medidas de recuperação, requer que o profissional reconheça fisicamente a sua ocorrência. O trabalho de campo é, também, fundamental para compreensão do entorno da área em litígio, de especial importância nos fenômenos do meio físico, mas também para buscar evidências, colher depoimentos, amostras e realizar outros exames que necessitem a presença física do especialista no local.

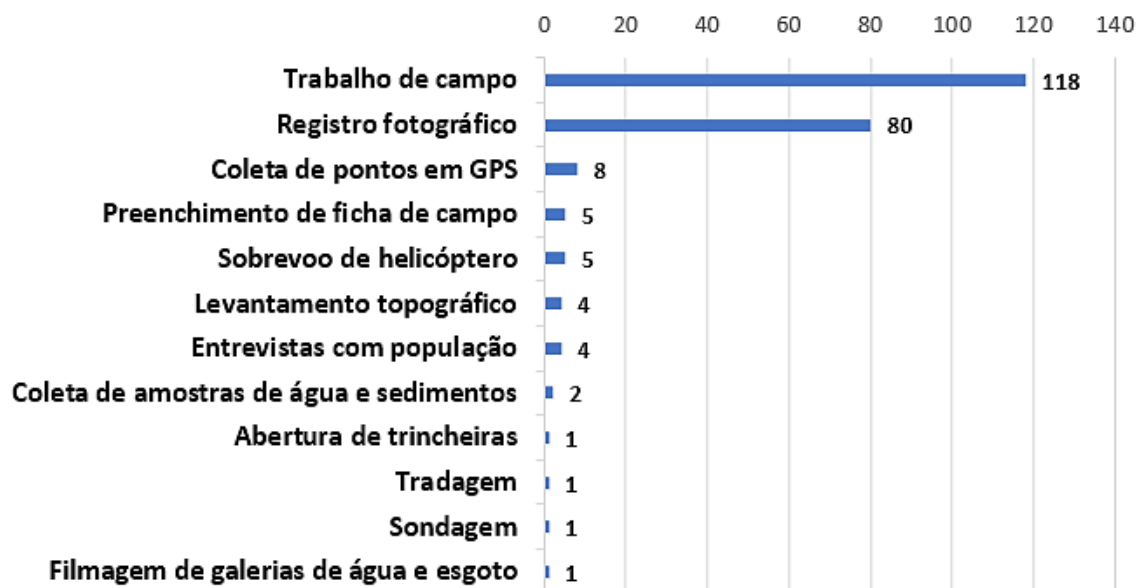
Por esse motivo, a maior parte dos laudos e pareceres técnicos analisados utilizaram essa técnica. Em alguns poucos pareceres o exame se restringiu à análise documental, sobretudo nos casos envolvendo a apreciação e contra argumentação dos laudos periciais ou nos pedidos de esclarecimentos acerca do licenciamento ambiental de atividades, que exige a análise das licenças e dos estudos ambientais apresentados para sua obtenção.

Os trabalhos de campo foram acompanhados, em sua maioria, da documentação do campo por meio do registro fotográfico, apresentado nos laudos e pareceres ao longo do texto ou em capítulo específico. Na maioria dos casos, as fotografias possuem legendas, contextualizando o conteúdo das fotos. Por outro lado, nenhum dos relatórios fotográficos analisados apresentou informações quanto à localização e ângulo de visada das fotos, com sobreposição em carta topográfica ou imagem de satélite, por exemplo. Essa ausência, em alguns casos, reduziu o valor do registro realizado pelo especialista, dificultando sua compreensão e, conseqüentemente, sua utilidade na resolução do litígio.

Além do trabalho de campo, foram utilizadas outras técnicas, porém em menor número, como levantamentos topográficos, preenchimento de fichas de campo, realização de entrevistas com a população residente no entorno e sobrevoos de helicóptero para obtenção

de imagens aéreas oblíquas. A Figura 72, a seguir, apresenta as técnicas utilizadas em campo pelos especialistas.

Figura 72 - Técnicas utilizadas pelos especialistas em campo para realização dos documentos técnicos analisados

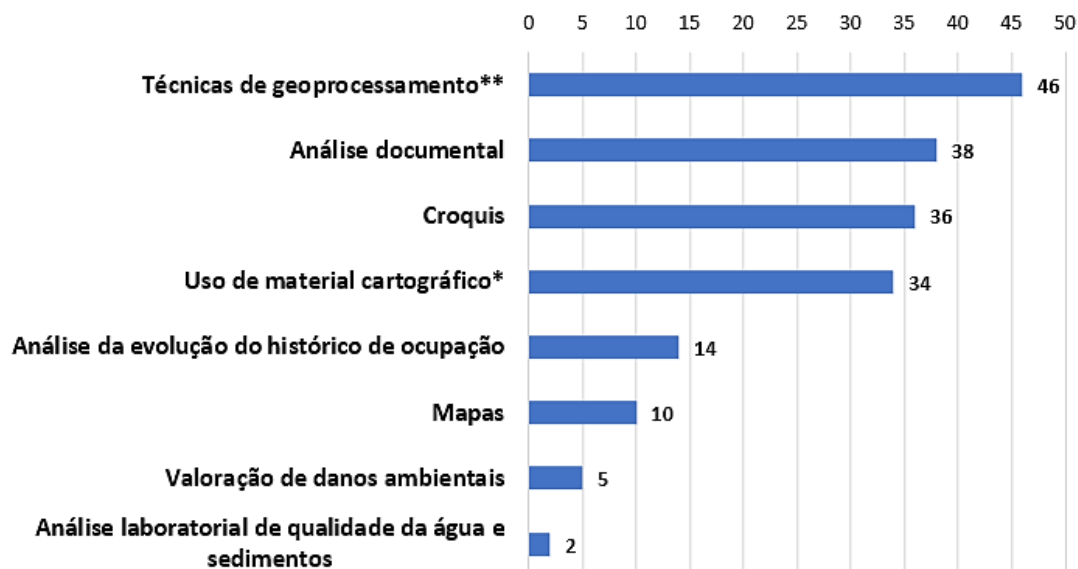


Fonte: Elaborado pela autora

Constatou-se a frequente utilização de técnicas de geoprocessamento, como a sobreposição de vetores dos limites da propriedade e de outras áreas sobre imagens de satélites, fotos aéreas e cartas topográficas. A maior parte foi realizada por meio do software Google Earth, em alguns casos de maneira manual, envolvendo a utilização de papel vegetal e canetas coloridas, e em menor número, por meio da utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Os pareceres apresentaram muitos croquis, contendo tais sobreposições ou com esboços esquemáticos dos limites e das relações espaciais entre os elementos. Por outro lado, foram verificados poucos mapas em seu sentido *stricto sensu*, ou seja, contendo todos os elementos e convenções cartográficas para ser considerado como tal (escala gráfica, grade de coordenadas, legenda e norte). A maior parte das figuras resultantes da utilização de técnicas de geoprocessamento, por exemplo, não apresentava escala gráfica e norte, assim como ausentes as coordenadas geográficas, não permitindo seu dimensionamento e localização exata. Esses casos foram considerados como croquis na presente análise (Figura 73).

Figura 73 - Técnicas pelos especialistas em gabinete para realização dos documentos técnicos analisados



Fonte: Elaborado pela autora

A baixa utilização desses elementos dos mapas demonstra a ausência de domínio sobre a sua imprescindibilidade para compreensão das relações espaciais entre os objetos, sua escala espacial, e ao estudo da dinâmica e evolução dos fenômenos envolvendo o meio físico. Em oito pareceres técnicos foram realizadas análises evolutivas do histórico de ocupação, por meio de fotografias aéreas históricas e imagens de satélite, identificadas, majoritariamente, em pareceres do IG e do CAEX.

Apenas em três pareceres técnicos foi apresentada valoração dos danos ambientais. A estimativa dos custos para reparação dos danos ou indenização dos danos considerados irreversíveis, é uma demanda constante do Ministério Público, que na maioria dos casos a solicitou nos quesitos colocados aos peritos. A maior parte destes, no entanto, não apresentou a estimativa, alegando em síntese a inexistência de dano e a impossibilidade de atribuir valores aos bens ambientais, tendo em vista seu valor inestimável.

As lacunas observadas em relação às técnicas utilizadas pelos especialistas, em especial, os peritos, resultam em pareceres técnicos e laudos periciais pouco úteis ao deslinde do processo judicial. Entre as ações analisadas, foram frequentes os casos nos quais as partes questionaram as conclusões do laudo e solicitaram sua imprestabilidade, de modo que juízes e desembargadores em repetidas situações tiveram que esclarecer às partes que o laudo pericial poderia ser desconsiderado pelo juiz, baseando sua decisão em outros elementos dos autos do processo judicial para formar sua convicção.

O caso de Itapeverica da Serra é um exemplo interessante acerca da insuficiência de laudos e pareceres técnicos. O caso envolve a ocorrência de enchentes em local de interceptação de curso d'água pelo eixo viário, em função das deficiências no sistema de drenagem instalado pela Municipalidade. O Ministério Público, autor da ação judicial, havia apresentado os seguintes pedidos na petição inicial, com base em parecer técnico de engenheiro civil apresentado durante a fase de inquérito:

2) *Concessão da medida liminar determinando ao réu que, promova o afastamento do risco, devendo para tanto, proceder:*

2.2) **Correção do leito dos referidos cursos d'água e a construção de canais livres nestes, de seção quebrada, com 1,70 de lado, as quais se darão após necessários estudos preliminares, cálculos e projetos executivos que levem o poder público à chamada intervenção definitiva, com a realização de obras civis que correspondam à eliminação dos riscos a que a região se submete a cada período de **grandes precipitações**, tudo no prazo de 360 (trezentos e sessenta) dias a contar do deferimento da liminar;**

2.2.1) *E, o projeto executivo apontado no item 2.2 exige algumas etapas: A) o levantamento topográfico planialtimétrico, **determinando com precisão as bacias hidrográficas e pluviométricas existentes**; B) A adoção dos 'parâmetros de projeto', através de registros e normas técnicas; C) A realização dos 'cálculos', conservando-se em memoriais para posteriores constatações e eventuais correções, e D) a feitura do "projeto executivo" tão detalhado quando se possa, tudo no prazo de 120 (cento e vinte) dias a contar do deferimento da liminar." (Processo Judicial nº 0000008-32.2012.8.26.0268, Comarca de Itapeverica da Serra, 3ª Vara Cível, Petição inicial, fls. 20/21, grifo nosso).*

O juiz de 1ª instância julgou improcedentes os pedidos do Ministério Público, por concluir que invadiam a competência administrativa do Município de implementar ações de acordo com as verbas orçamentárias disponíveis, ainda que a necessidade da canalização do curso d'água tivesse sido comprovada na ação judicial.

A despeito das razões da improcedência, os trechos sublinhados da petição inicial de autoria do Ministério Público, com base em parecer de seu assistente técnico, deixam flagrantes a imprecisão conceitual de ambos, já que se trata de citação direta do documento técnico. São exemplos de tais imprecisões, construções como "correção do leito", "grandes precipitações" e "bacias pluviométricas".

A ideia de "correção do leito" pressupõe inerente condição natural de inexatidão ou imperfeição dos cursos d'água, conceito este sob evidente influência sanitarista. A debilidade de parâmetros para consubstanciar o pedido, leva as argumentações a serem sustentadas em qualificadores imprecisos, como "grandes precipitações", que mais geram ruídos no processo e oferecem espaço à contra-argumentação, do que esclarecem o problema de inundações.

Algo semelhante pode-se mencionar sobre a ideia de "bacias pluviométricas", que nem sequer existe no campo das ciências da terra. Esta expressão pode induzir o uso de técnicas específicas de modelagem chuva-vazão. Dessa forma, corre-se o risco de serem desconsideradas abordagens mais amplas, envolvendo análises de Intensidade-Duração-Frequência, modelagens hidráulicas, cartografias geomorfológicas, análises espaciais evolutivas, entre outras, que poderiam subsidiar melhor a apreciação pelo juiz e pelas partes.

No âmbito desse mesmo processo judicial, o recurso de apelação posteriormente apresentado pelo MP foi provido em 2ª instância, pela 1ª Câmara Reservada ao Meio Ambiente, porém também gerou debate entre os desembargadores, de forma que o 3º juiz apresentou o voto vencido. Nesse documento, ele descreve as razões pelas quais discorda da decisão dos demais desembargadores:

*O inquérito civil foi instaurado a pedido do morador vizinho ao córrego; mencionou a insuficiência dos tubos de passagem sob a estrada e a retenção de água nos períodos de chuva forte, mas não trouxe absolutamente nenhuma prova ou indício do alegado. A propriedade se situa em zona rural com ocupação de baixa densidade, não há construção ou residência próxima ao córrego e **não se sabe quando, como, em que extensão, quais danos foram provocados pelas enchentes**. O engenheiro que subscreveu o laudo extrajudicial (fls. 106/129, vol. 1) calculou a vazão do córrego a partir do recorde pluviométrico para o local registrado em 15-11-1979 de 82,8 mm/m² em 24 horas, sem indicar qual a precipitação média nas várias estações do ano durante os vários anos, qual precipitação o sistema atual comporta e com que frequência essa vazão é ultrapassada. O exame das fotografias juntadas ao laudo [...] não indicam nenhuma anomalia além daquelas descritas pelos técnicos da Prefeitura; as fotografias somadas à absoluta **ausência de demonstração da frequência, intensidade e abrangência da enchente** torna incompreensível a movimentação do Ministério Público para resolver um problema não provado, de abrangência local, que não provoca dano a coisa ou pessoa e que não envolve o risco mencionado na inicial e na apelação. O laudo extrajudicial não resolve a questão técnica, pois não se condena a Prefeitura a executar programa baseado na precipitação recorde ocorrida 35 anos antes. (Processo Judicial nº 0000008-32.2012.8.26.0268, Comarca de Itapeçerica da Serra, 3ª Vara Cível, Acórdão do Recurso de Apelação, f. 309/310, grifo nosso).*

O excerto do voto vencido do desembargador, indica claramente a limitação da escolha dos dados e técnicas utilizadas no parecer técnico do especialista para calcular a vazão extraordinária ao qual o trecho do córrego estaria submetido e, com isso, comprovar a necessidade das obras e atendimento integral dos pedidos do autor. Isto demonstra que as lacunas de técnicas empregadas por especialistas, incluindo os peritos, podem decorrer em pareceres pouco úteis ao deslinde do processo judicial.

5. CONCLUSÕES

As questões colocadas aos especialistas que atuam nas perícias aplicadas ao meio físico se dividem em 2 grandes níveis. O primeiro se refere ao nível mais abrangente, envolvendo uma linha comum que conecta todas as perícias ambientais: a investigação sobre a ocorrência de danos ambientais ou de atividades que possam resultar em sua ocorrência, bem como, a identificação dos agentes que de alguma maneira contribuíram ou contribuem para tal. Nas perícias ambientais aplicadas aos processos do meio físico, as questões colocadas aos especialistas seguem essa linha geral, já que o objetivo mais amplo se mantém o mesmo.

Em um nível mais específico, as questões se concentram em torno de alguns pontos que apresentam debate mais intenso, conforme verificado a partir da análise das ações judiciais e acórdãos selecionados. Ainda que as ações apresentem méritos e circunstâncias muito variados, com diferentes agentes envolvidos e atividades antrópicas diversas concorrendo para promoção dos danos ambientais, existem questionamentos de fundo em comum, aos quais todas as ações parecem remeter. Tais questionamentos podem ser resumidos predominantemente nos seguintes tópicos:

- **Existência ou não de nascente nas áreas em litígio e o conceito de nascente adotado**, permitindo descaracterizá-la ou não, caso seja esse o interesse da parte. Nas ações judiciais relacionadas a esse tópico, a existência de nascente é questionada com o objetivo de descaracterizar a ocorrência de dano ambiental, em particular, o de intervenção em APP de nascente, protegida pela legislação ambiental.
- **Existência ou não de assoreamento**. Nas ações judiciais relacionados à ocorrência de processos erosivos, a maioria apresenta como preocupação de fundo a contribuição das atividades antrópicas realizadas pelo(s) réu(s) e do material removido e transportado pelos agentes erosivos, ao assoreamento de corpos d'água existentes no entorno, em especial quando se trata de reservatórios para abastecimento público. Nestas ações, na maioria das vezes, o questionamento enfoca a ocorrência ou não do assoreamento, de forma que ao perito é colocada a incumbência de comprovar se este efetivamente ocorreu, como resultado de quais ações e por quais agentes. Nesse sentido, não foi questionado o conceito de assoreamento e sua aceção, mas sim a sua constatação.
- **Caracterização ou não de voçorocas como curso d'água**. Similarmente ao verificado em relação ao conceito de nascente, nas ações judiciais envolvendo o desenvolvimento e evolução de voçorocas, o ponto contravertido da demanda passa a se centrar na existência ou não do processo erosivo, suas dimensões e se este pode ser considerado como curso d'água, e conseqüentemente, da incidência ou não de APP de curso d'água.
- **Existência ou não de risco ambiental**. A terminologia associada aos riscos ambientais é frequente nas ações judiciais analisadas, tendo em vista o uso difundido desses termos e a compreensão comum sobre a necessidade da rápida adoção de medidas visando preveni-los e mitigá-los. Está muito presente, principalmente, nos argumentos dos autores das ações, na maior parte dos casos do Ministério Público, em pedidos

para celeridade no julgamento do caso ou no deferimento de liminares. Nessas situações, os demais documentos acostados nos autos das ações judiciais buscam reforçar ou descaracterizar a existência do risco, de forma que é frequente a argumentação dos réus de que os riscos foram completamente eliminados e, portanto, da improcedência da ação judicial.

Diante do exposto acima, foi possível observar que os conceitos que apresentam maior confusão terminológica são: (i) as nascentes, de forma que predomina o uso de termos derivados ou relacionados, visando reforçar ou enfraquecer a argumentação jurídica, como “nascentes difusas”, “surgências d’água”, “afloramentos do lençol freático”, etc. (ii) “Voçorocas”, “ravinas” e “sulcos”, em relação às dimensões dessas morfologias e se essas podem ser consideradas como integrantes da rede de drenagem e, portanto, sujeitas à incidência de APP. (iii) O conceito de risco, ainda que a definição do termo muitas vezes seja clara, no momento no qual se discute a eliminação dos riscos, é possível observar uma compreensão limitada do termo.

Por outro lado, os conceitos que apresentaram maior aderência em seu uso com as definições preconizadas na geomorfologia, foram: (i) “assoreamento”, ainda que as técnicas utilizadas para sua constatação tenham sido objeto de questionamento, o uso do conceito foi coerente com as definições no âmbito das próprias ações judiciais e em relação à definição da geomorfologia; e (ii) “enchente” e “alagamento”, utilizados na maior parte dos casos com sentido próximo ao adotado e recomendado nessa pesquisa, com base na literatura da geomorfologia, ainda que existem discordâncias acerca da definição desses conceitos nas próprias ciências da terra.

Em relação aos movimentos de massa, foi possível observar a predominância no uso dos termos “escorregamento” e “deslizamento”, como sinônimos e com o sentido de designar a ocorrência de um movimento de massa geral, sem especificação de sua tipologia e dos mecanismos atuantes em sua deflagração. Os termos “movimento de massa” e suas tipologias, “queda de blocos” e “corridas”, foram raramente empregados e quando ocorreram, estiveram restritos aos documentos técnicos, como pareceres e laudos periciais, apresentando sentido coerente com aquele adotado na geomorfologia.

Essas ambiguidades no uso dos termos e as confusões existentes no emprego de conceitos, alguns dos quais com diferenças sutis em relação à sua definição, é observada nas próprias definições extraídas da literatura da geomorfologia e das ciências da terra, sistematizadas no capítulo anterior.

A etapa de avaliação e seleção das definições dos termos, extraídas da literatura sistematizada, evidenciou alguns aspectos importantes: (i) nem todas apresentam a mesma concepção de geomorfologia, enquanto ciência dedicada ao estudo das formas, materiais e processos; (ii) nem todas possuem as mesmas bases teóricas; (iii) algumas privilegiam a descrição da morfologia nas definições, não abrangendo os mecanismos atuantes e as características dos materiais; (iv) outras privilegiam alguns domínios morfoclimáticos, como os meios temperado e árido, enfatizando processos geomorfológicos menos importantes no meio tropical úmido e reduzindo a explicação daqueles característicos desses domínios; e (v) foram evidenciados, também, problemas nas traduções da literatura, sobretudo em língua

inglesa, resultando na redução e empobrecimento dos conceitos durante o processo de tradução.

É interessante destacar, também, que apesar de levantadas as definições de dicionários, glossários e enciclopédias da geomorfologia e das ciências da terra, estas não foram posteriormente selecionadas como base à redação da definição recomendada dos termos. Isso se verificou diante das características das definições extraídas de tais referências, excessivamente sintéticas e incompletas, limitando-se comumente à descrição das morfologias, mas não abordando os mecanismos atuantes, os fatores de predisposição e deflagração, e as características dos materiais. Em suma, são definições que visam ser práticas, mas que abrem espaço às ambiguidades, sobretudo quando apropriadas por agentes de outras áreas do conhecimento.

Além da confusão terminológica em relação aos conceitos citados acima, observaram-se lacunas nos documentos que compõem as ações judiciais analisadas, em relação a outros conceitos mais abrangentes e fundamentais na geomorfologia: a compreensão das escalas espaciais e temporais e da magnitude e frequência dos fenômenos do meio físico.

Um aspecto mais abrangente, refere-se à ausência da abordagem sistêmica no trato dos fenômenos do meio físico. Nas ações judiciais analisadas a visão é predominantemente linear, com relações diretas, como exemplificado pelo caso das nascentes: se não pode ser caracterizada como nascente, então não ocorreu dano ambiental. O caso de Bragança Paulista ilustra essa questão. Na ação judicial, que versava sobre a possível supressão de nascente por aterro, o laudo pericial visou descaracterizar sua ocorrência defendendo que se tratava de afloramento do lençol freático resultante das intervenções no terreno. Nesse caso, ainda que não tratasse de nascente de acordo com a definição constante no Código Florestal, trata-se, ainda assim, de afloramento de água cuja interferência tem consequências ambientais e, portanto, pode ser abrangida pela definição de nascente do respectivo estatuto.

O mesmo pode ser dito em relação a compreensão das voçorocas como curso d'água ou não. Apesar de não ser um curso d'água tal qual abrangido pela legislação ambiental, trata-se de processo primordial da evolução da rede de drenagem e ao equilíbrio do relevo. Portanto, a atividade antrópica que resulta no desenvolvimento e evolução de tais formas, deve ser considerada como promotora de desequilíbrio no ambiente e, nesse sentido, de dano ambiental.

Essa discussão demonstra que os processos do meio físico, a não ser que representem risco iminente à população, como no caso dos movimentos de massa de maior magnitude, não são considerados como dano ambiental. É o caso, por exemplo, do fenômeno do rastejo, processo do meio físico integrante do grupo de movimentos de massa, porém com baixa taxa de movimentação, na ordem de mm/ano. Esse fenômeno não ensejou nenhuma das ações judiciais e sequer foi citado, mesmo em laudos e pareceres técnicos inseridos em ações judiciais relacionadas à ocorrência de erosão e assoreamento. Em compensação, apesar de sua baixa magnitude, o processo de rastejo é o responsável pela maior parte da perda de solo agricultável em todo o mundo, de forma que o dano ambiental resultante de sua ocorrência é patente.

A ausência de compreensão da escala espacial e da magnitude dos fenômenos do meio físico, resulta em lacunas no dimensionamento do dano ambiental. As ações judiciais envolvendo o desenvolvimento de processos erosivos exemplificam esse caso. Nos documentos constantes nos autos de tais ações, é frequente a utilização de qualificadores, como “intensa erosão”, “processo erosivos agressivos”, “grande dimensão”, etc. A utilização de tais termos, em contrapartida, possibilita o questionamento das partes.

São frequentes, assim, sequências de pareceres técnicos que questionam o tamanho efetivo da erosão, ou que utilizam termos visando desqualificá-la. A utilização do termo “grotas” é também bastante recorrente, sobretudo para justificar o aterramento de tais formas sem a autorização e conhecimento do poder público, e descaracterizar o dano ambiental.

Em relação à escala temporal, o caso de Bragança Paulista é um bom exemplo. Nessa ação judicial, que envolvia a movimentação de terra em área com suposta nascente, o perito afirmou categoricamente a inexistência da nascente, pois em vistoria na área não havia verificado sua ocorrência. Entretanto, a área havia sido objeto de terraplanagem ocupando praticamente toda a propriedade, demonstrando a clara possibilidade de que a nascente tivesse sido suprimida antes da movimentação.

O perito foi questionado acerca da limitação temporal de sua inspeção, inclusive por meio da impugnação do laudo e do pedido por parte do Ministério Público de que fosse atestada a imprestabilidade da perícia. Novamente, em laudo complementar, o perito atestou a inexistência da nascente, argumentando que, inclusive, a carta topográfica oficial não apresentava sua existência, bem como de curso d’água na propriedade em litígio.

Além do problema associado à questão da limitação da escala espacial da cartografia oficial, o perito demonstrou claro desconhecimento sobre a evolução dos fenômenos do meio físico e do processo de ocupação da paisagem. O desconhecimento das técnicas passíveis de serem utilizadas para reconstruir tal histórico, pode estar no cerne da relutância em realizar tal análise por parte do perito.

Esse aspecto está relacionado à formação profissional dos especialistas que atuam nas ações judiciais envolvendo fenômenos do meio físico, a maior parte dos quais proveniente da área das engenharias, em especial da engenharia civil. A baixa participação de profissionais das ciências da terra, sobretudo como peritos e assistentes técnicos e, em especial, geógrafos e geólogos com atuação na geomorfologia, tem resultado em documentos técnicos contendo essas e outras lacunas.

Tais deficiências contribuem ao enfraquecimento do papel do exame pericial no esclarecimento das demandas, em muitos casos de pouca utilidade ao juiz e, ao mesmo tempo, permitem a apropriação de ambiguidades provenientes do discurso técnico e sua transformação em argumento jurídico pelas partes, sobretudo nos pontos não devidamente abordados e esclarecidos pelos peritos.

Nesse sentido, foi possível verificar por meio da pesquisa que a utilização da terminologia das ciências da terra por especialistas, advogados e juízes ocorre de forma diversa daquela preconizada por essas disciplinas. No âmbito dos laudos periciais e pareceres

técnicos produzidos pelos especialistas envolvidos em tais ações, foram verificadas importantes deficiências na utilização do referencial teórico-metodológico das ciências da terra, em especial em relação a abordagem sistêmica, as escalas espaciais e temporais e ao estudo da magnitude e frequência de processos do meio físico.

A reduzida participação de *experts* com formação nas ciências da terra contribuiu para esse quadro, considerando que tais profissionais foram em poucas ocasiões convocados a atuar nas ações judiciais, diante da preferência por profissionais das engenharias, sobretudo como peritos. A responsabilidade, também, por essa limitada atuação pode ser imputada aos profissionais e conselhos de classe que, por um lado, não incentivam seu cadastro como auxiliares de justiça e atuação em tais perícias e, por outro, perpetuam a restrição dos saberes das ciências da terra ao ambiente acadêmico.

O desconhecimento acerca da atuação das ciências da terra em perícias e nas ações judiciais ambientais, assim como o discurso essencialmente acadêmico e pouco acessível, contribuíram à inexistência de manuais e referências contendo um corpo teórico-metodológico básico das ciências da terra aplicadas às perícias ambientais e ações judiciais envolvendo fenômenos do meio físico.

A hipótese da pesquisa foi, portanto, verificada, confirmando a existência de ambiguidades nos conceitos e nos procedimentos teórico-metodológicos utilizados, possibilitando questionamentos e apropriações indevidas pelas partes. Em alguns casos foi possível comprovar que as sentenças e decisões realizadas nas ações judiciais analisadas, que tiveram como base tais documentos técnicos, foram tomadas apoiando-se em conceitos e procedimentos ambíguos e, em alguns casos, diante de divergências e incertezas do próprio grupo de magistrados acerca das causas e extensão dos danos no sistema ambiental.

As definições sistematizadas no capítulo referente aos resultados representam um esforço de desambiguar os termos verificados como confusos ou problemáticos na análise dos processos judiciais, além de orientar os agentes envolvidos nas ações judiciais envolvendo estas temáticas, em especial os peritos.

Não se trata de defender que a utilização ou concepção de um termo é mais correta que a de outro, ou que os especialistas em ciências da terra precisam utilizar apenas um termo, em detrimento de outros. O objetivo é apontar uma preferência por um determinado termo, quando sua utilização abrir espaço para uma ambiguidade, como verificado nos casos analisados.

Tal finalidade apresenta extrema relevância ao se considerar que as ambiguidades podem favorecer determinados interesses, que se apropriam delas com finalidades políticas e econômicas, promovendo a redução do rigor científico e a possibilidade de transgressão ambiental.

Esse resultado visou, ainda, demonstrar a contribuição do referencial teórico-metodológico das ciências da terra, e em especial, da geomorfologia, na realização das perícias ambientais e na apropriação do discurso técnico pelos demais agentes envolvidos em tais ações judiciais (juízes, advogados, órgãos técnicos, réu e autor, etc.).

A pesquisa comprovou ainda que a contribuição limitada das ciências da terra nas ações judiciais analisadas resultou em ambiguidades que se reproduziram, se repetiram e se propagaram em diversos documentos ao longo das ações, bem como na desconsideração de laudos periciais e relatórios técnicos por parte dos juízes, que não conseguiram reconhecer em tais documentos os esclarecimentos necessários à solução dos litígios, utilizando-se de outros elementos para embasar sua decisão.

A geomorfologia aplicada, e em especial, a geomorfologia antropogênica pode contribuir ao preenchimento dessa lacuna, auxiliando na avaliação dos danos ambientais, em sua mitigação e sobretudo, em sua prevenção.

A ação antrópica sobre a superfície, em especial nas áreas urbanas, exerce um papel importante na mudança da espacialidade e das taxas dos processos do meio físico, e tem resultado na acentuação de tais taxas, em mudanças nas frequências dos processos e recorrência de eventos extremos, climatológicos, hidrológicos e geomorfológicos, em escala regional e local.

O número das ações judiciais ambientais tem aumentado significativamente nos últimos anos, ensejando a criação de Câmaras e Turmas julgadoras especializadas, como a 1ª e a 2ª Câmaras Reservadas ao Meio Ambiente no Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo. As ações judiciais envolvendo diretamente o meio físico representam uma fatia desse total, verificada em cerca de 12%, porém com tendência de igual crescimento, diante do aumento no número de desastres ambientais.

A continuidade da pesquisa, para além da tese de doutorado, consiste no desenvolvimento de um manual orientativo voltado aos agentes que atuam em ações judiciais envolvendo fenômenos do meio físico, em especial aos peritos e assistentes técnicos. O glossário dos termos abrangidos na pesquisa contendo as definições aqui recomendadas, deverá integrar tal documento, e é apresentado no Apêndice B.

Tal manual irá abordar a investigação do dano ambiental sob a ótica da análise sistêmica e morfodinâmica, considerando múltiplas escalas espaciais e temporais e os efeitos associados às interferências antrópicas no funcionamento dos processos do meio físico. Deverá, ainda, tendo em vista a complexidade das questões investigadas em tais ações judiciais, abordá-las de maneira multidisciplinar e a partir de uma análise evolutiva, apoiada principalmente na observação em campo e na cartografia sistemática e temática.

Em suma, tal documento visará instrumentalizar os profissionais com os recursos teóricos e metodológicos que o permitam compreender o caso sob uma perspectiva das ciências da terra. Dentre os ganhos resultantes da inclusão do referencial teórico-metodológico das ciências da terra e, em especial, da geomorfologia antropogênica na atuação desses profissionais, destacam-se:

- (i) Avaliação e dimensionamento mais precisos dos danos ambientais, identificação das causas e responsabilização dos agentes;
- (ii) Respostas mais precisas ao juiz e às partes envolvidas no processo;

- (iii) Rigor metodológico, ampliando a precisão e a confiabilidade dos laudos periciais;
- (iv) Maior precisão e potencial de efetividade das medidas de prevenção, controle, mitigação, recuperação e reparação propostas.

Em resumo, perícias ambientais desenvolvidas com maior rigor metodológico, menos ambiguidades e com maior ganho à sociedade e ao meio ambiente.

É importante que os profissionais das ciências da terra participem de perícias ambientais, buscando incentivar seus colegas de profissão à atuação nessa área e disponibilizando seus conhecimentos para tal. Isso deve ser acompanhado, evidentemente, de uma compatibilização do discurso científico, tornando-o mais acessível aos profissionais de outras áreas e, sobretudo, aos advogados e juízes que atuam nas ações judiciais ambientais.

Caso contrário, esse esforço corre o risco de tornar-se inócuo, sobretudo no momento atual, de questionamento da figura do especialista, do papel da Ciência e do próprio conceito de “verdade”.

REFERÊNCIAS²⁶

ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, v. 47, p. 107–124, 2002.

ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology and Disaster Prevention. In: ALCÁNTARA-AYALA, I.; GOUDIE, A. S. (Ed.). **Geomorphological Hazards and Disaster Prevention**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. p. 269–278.

ALCÁNTARA-AYALA, I.; GOUDIE, A. S. **Geomorphological hazards and disaster prevention**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

ALCÁNTARA-AYALA, I.; OLIVER-SMITH, A. ICL Latin-American Network: on the road to landslide reduction capacity building. **Landslides**, v. 11, n. 2, p. 315–318, 19 abr. 2014. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10346-013-0464-7>>.

ALCÁNTARA-AYALA, I.; OLIVER-SMITH, A.; BURTON, I.; LAVELL, A. M. **Forensic Investigations of Disasters (FORIN): a conceptual framework and guide to research**. IRDR FORIN ed. Beijing: Integrated Research on Disaster Risk, 2016.

ALLABY, M. **Oxford Dictionary of Earth Sciences**. 3. ed. Oxford: Oxford University Press, 2008.

AMARAL, R. do; RIBEIRO, R. R. Inundações e enchentes. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. DO (Ed.). **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir**. 3ª ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015. p. 39–52.

ARAÚJO, L. A. de. Perícia Ambiental em Ações Civis Públicas. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Ed.). **Avaliação e Perícia Ambiental**. 16 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2017. p. 173–216.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro: 2012.

AUGUSTO FILHO, O. Caracterização Geológico-Geotécnica voltada à Estabilização de Encostas: Uma Proposta Metodológica. (ABMS / ABGE, Ed.) In: 1ª Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas - COBRAPE, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: 1992.

AUGUSTO FILHO, O. Escorregamentos em Encostas Naturais e Ocupadas: Análise e Controle. In: BITAR, O. Y. (Ed.). **Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente**. São Paulo: ABGE / IPT, Divisão de Geologia, 1995. p. 77–100.

AYALA-CARCEDO, F. J. El sofisma de la imprevisibilidad de las inundaciones y la responsabilidad

²⁶ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6023) e as Diretrizes para Apresentação de Dissertações e Teses da USP (FUNARO et al., 2016).

social de los expertos. Una análisis del caso español y sus alternativas. **Boletín de la A.G.E**, v. 33, p. 79–92, 2002.

AYALA-CARCEDO, F. J.; CANTOS, J. O. **Riesgos Naturales**. 1ª ed. Barcelona: Editorial Ariel S.A., 2002.

BAKER, V. R. Geomorphological understanding of floods. **Geomorphology**, v. v. 10, p. 139–156, 1994.

BAKER, V. R. Hypotheses and Geomorphological Reasoning. In: RHOADS, B. L.; THORN, C. E. (Ed.). **The Scientific Nature of Geomorphology**. London: Wiley-Blackwell, 1996. p. 57–85.

BAKER, V. R.; KOCHER, R. C.; PATTON, P. C. **Flood Geomorphology**. New York: John Wiley & Sons, 1988.

BATES, R. L.; JACKSON, J. A. **Glossary of Geology**. 3rd. ed. Alexandria, Virginia, USA: American Geological Institute, 1987.

BAULIG, H. **Vocabulaire Franco-Anglo-Allemand de Geomorphologie**. Paris: Les Belles Lettres, 1956.

BERGES, B. **Geomorfologia urbana histórica aplicada à análise de inundações no Córrego da Mooca – São Paulo/SP**. 2013. Universidade de São Paulo, 2013.

BIERMAN, P. R.; MONTGOMERY, D. R. **Key Concepts in Geomorphology**. New York: W. H. Freeman and Company Publishers, 2014.

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2007.

BINNIE, S. A.; SUMMERFIELD, M. A. Rates of Denudation. In: SHRODER, J. F.; STOFFEL, M.; MARSTON, R. A. (Ed.). **Treatise on Geomorphology - Volume 7 - Mountain and Hillslope Geomorphology**. London: Elsevier, 2013. p. 66–72.

BRUNSDEN, D. Geomorphological events and landform change. **Zeits. Fur Geom.**, v. 40, p. 273–288, 1996.

BRUNSDEN, D. Geomorphological roulette for engineers and planners: some insights into an old game. **Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology**, v. 35, p. 101–142, 2002.

BRUNSDEN, D. Relaxation Time. In: GOUDIE, A. S. (Ed.). **Encyclopedia of Geomorphology**. London: Routledge, 2004. p. 838–840.

BRUNSDEN, D.; DOORNKAMP, J. C.; FOOKES, P. G.; JONES, D. K. C.; KELLY, J. M. H. Large scale geomorphological mapping and highway engineering design. **Quarterly Journal of Engineering Geology**, v. 8, n. 4, p. 227–253, 1975.

BURTON, I. Forensic Disaster Investigations in Depth: A New Case Study Model. **Environment: Science and Policy for Sustainable Development**, v. 52, n. 5, p. 36–41, 31 ago. 2010. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00139157.2010.507144>>.

CARBONEL, D.; RODRÍGUEZ-TRIBALDOS, V.; GUTIÉRREZ, F.; GALVE, J. P.; GUERRERO, J.; ZARROCA, M.; ROQUÉ, C.; LINARES, R.; MCCALPIN, J. P.; ACOSTA, E. Investigating a damaging buried sinkhole cluster in an urban area (Zaragoza city, NE Spain) integrating multiple techniques: Geomorphological surveys, DInSAR, DEMs, GPR, ERT, and trenching. **Geomorphology**, v. 229, p. 3–16, jan. 2015. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169555X14000816>>.

CARDONA, O. D. The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: A necessary review and criticism for effective risk management. In: BANKOFF, G.; FRERKS, G.; HILHORST, D. (Ed.). **Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People**. London: Earthscan, 2004. p. 37–51.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de Defesa Civil, Estudos de Riscos e Medicina de Desastres**. 5. ed. Brasília: Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil, 1998.

CEMADEN. **Enxurradas**. Disponível em: <<http://www.cemaden.gov.br/enxurrada/>>. Acesso em: 10 set. 2020a.

CEMADEN. **Tornados e Trombas d'Água**. Disponível em: <<http://www.cemaden.gov.br/tornados-ciclones-e-furacoes/>>. Acesso em: 10 set. 2020b.

CEMADEN. **Inundação**. Disponível em: <<http://www.cemaden.gov.br/inundacao/>>. Acesso em: 10 set. 2020c.

CERRI, L. E. da S.; AMARAL, C. P. do. Riscos geológicos. In: OLIVEIRA, A. M. DOS S.; BRITO, S. N. A. (Ed.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p. 301–310.

CHICARRO, P. de N. Y. F.; LUNA, I. R. de; RAMOS, J. G.; RECARTE, A. B.; MELÉNDEZ, B. M. **Diccionario de Geologia Y Ciencias Afines**. [s.l.] Editora Labor, 1957.

CHORLEY, R. J. Geomorphology and General Systems Theory. **U.S. Geological Survey Prof. Paper**, n. 500b, p. 10 p., 1962a.

CHORLEY, R. J. Geomorphology and General System Theory. **U.S. Geological Survey Prof. Paper**, n. 500b, p. 10p., 1962b.

CHORLEY, R. J.; SCHUMM, S. A.; SUGDEN, D. E. **Geomorphology**. London: Methuen & Co., 1984.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgar Blucher, 1974.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgar Blucher, 1981.

CLARO, M. S. **Unidades Morfológicas Complexas na Bacia Hidrográfica do Córrego da Tapera, São Paulo, SP**. 2013. Universidade de São Paulo, 2013.

COOKE, R. U.; DOORNKAMP, J. C. **Geomorphology in Environmental Management: A New Introduction**. 2. ed. USA: Claredon Press, 1990.

COQUE, R. **Geomorfología**. Madrid: Alianza Editorial, 1984.

CROZIER, M. J. Landslide. In: GOUDIE, A. S. (Ed.). **Encyclopedia of Geomorphology**. London: Routledge, 2004a. p. 605–608.

CROZIER, M. J. Slope Stability. In: GOUDIE, A. S. (Ed.). **Encyclopedia of Geomorphology**. London: Routledge, 2004b. p. 969–970.

CROZIER, M. J. Magnitude-Frequency Concept. In: GOUDIE, A. S. (Ed.). **Encyclopedia of Geomorphology**. London: Routledge, 2004c. p. 635-638.

CROZIER, M. J.; GLADE, T. Hazard Assessment for Risk Analysis and Risk Management. In: ALCÁNTARA-AYALA, I.; GOUDIE, A. S. (Ed.). **Geomorphological Hazards and Disaster Prevention**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. p. 221–232.

CRUDEN, D. M.; BELTRAN, L.; KRAUTER, E.; LEFÈBVRE, G.; TER-STEPANIAN, G. I.; ZHOUYUAN, Z. **Multilingual Landslide Glossary**. Richmond, Canada: UNESCO Working Party for World Landslide Inventory, 1993.

CRUDEN, D. M.; VARNES, D. J. Landslide Types and Processes. In: TURNER, A. K.; SCHUSTER, R. L. (Ed.). **Landslides Investigation and Mitigation; Transportation Research Board**. Washington: Transportation Research Board, 1996. p. 36–75.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. DA (Ed.). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. 9ª ed. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 211–252.

D'ANCONA, M. **Pós-verdade: A nova guerra contra os fatos em tempos de Fake News**. Barueri, SP: Faro Editorial, 2018.

DAVID, R. **Os Grandes Sistemas do Direito Contemporâneo**. 3ª ed. São Paulo: Martins Fontes,

1996.

DIKAU, R. Mass Movements. In: GOUDIE, A. S. (Ed.). **Encyclopedia of Geomorphology**. London: Routledge, 2004. p. 644–653.

DOUGLAS, I. **The urban environment**. London: Edward Arnold, 1983.

DOUGLAS, I. Urban Metabolism, Material Flows and Sustainable Development: a geoenvironmental perspective. In: 4th International Symposium on Environmental Geotechnology and Global Sustainable Development, Boston, USA. **Anais...** Boston, USA: 1998.

DOUGLAS, I.; SPENCER, T. **Environmental change and tropical geomorphology**. London: George Allen & Unwin, 1985.

DUNKERLEY, D. L. Sheet Flow. In: THOMAS, D. S. G. (Ed.). **The Dictionary of Physical Geography**. 4^a ed. London: Wiley-Blackwell, 2016a. p. 480.

DUNKERLEY, D. L. Rill. In: THOMAS, D. S. G. (Ed.). **The Dictionary of Physical Geography**. London: Wiley-Blackwell, 2016b. p. 448.

DUNKERLEY, D. L. Recurrence Interval. In: THOMAS, D. S. G. (Ed.). **The Dictionary of Physical Geography**. 4. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2016c. p. 435–436.

DYLIK, J. The significance of slope in geomorphology. **Bulletin de la Societ des Sciences et des ettres de L dz**, v. XIX, n. 3, 1968.

ECO, H. **Os Limites da Interpreta o**. São Paulo: Editora Perspectiva, 1995.

ELORZA, M. G. **Geomorfología**. Madrid: Pearson Educación, 2008.

EMMETT, W. W. Gully Erosion. In: FAIRBRIDGE, R. W. (Ed.). **The Encyclopedia of Geomorphology**. New York: Reinhold, 1968. p. 517–519.

ESTAIANO, J. C. **Impactos da minera o de areia em plan cias fluviais me ndricas da bacia hidrográfica do alto Tietê: O caso do rio Embu-Guaçu, São Paulo – SP**. 2007. Universidade de São Paulo, 2007.

EVANS, M. G. Sedimentation. In: GOUDIE, A. S. (Ed.). **Encyclopedia of Geomorphology**. London: Routledge, 2004. p. 938–941.

FAIRBRIDGE, R. W. **The Encyclopedia of Geomorphology**. New York: Reinhold, 1968a.

FAIRBRIDGE, R. W. Degradation. In: FAIRBRIDGE, R. W. (Ed.). **The Encyclopedia of**

Geomorphology. New York: Reinhold, 1968b. p. 249–250.

FAVIS-MORTLOCK, D. Rill. In: GOUDIE, A. S. (Ed.). **Encyclopedia of Geomorphology**. London: Routledge, 2004. p. 852–853.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. do. Movimentos de Massa: Uma Abordagem Geológico-Geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Ed.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. p. 123–194.

FF. **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Várzea do Rio Tietê**. São Paulo: Fundação Florestal, Universidade de São Paulo, 2013.

FISCHER, E. Der Mensch als geologischer Faktor. **ZDGG – German Journal of Geology**, v. v. 67, p. p.106-148, 1915.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias Atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FORNASARI FILHO, N.; BRAGA, T. de O.; GALVES, M. L.; BITAR, O. Y.; AMARANTE, A. **Alterações no Meio Físico decorrentes de Obras de Engenharia**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 1992.

FORNASARI FILHO, N.; FARIA, M. S. C. Relevo e Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, A. M. DOS S.; MONTICELI, J. J. (Ed.). **Geologia de Engenharia e Ambiental**. São Paulo: ABGE, 2018. p. 204–228.

FULLEN, M. A.; CATT, J. A. Soil Erosion. In: GOUDIE, A. S. (Ed.). **Encyclopedia of Geomorphology**. London: Routledge, 2004. p. 977–981.

FUNARO, Vânia Martins Bueno de Oliveira (Coord.). Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP. 3. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, Sistema Integrado de Bibliotecas da USP - SIBiUSP, 2016.

GAO, P. Rill and Gully Development Processes. In: SHRODER, J. F.; STOFFEL, M.; MARSTON, R. A. (Ed.). **Treatise on Geomorphology - Volume 7 - Mountain and Hillslope Geomorphology2**. London: Elsevier, 2013. p. 122–131.

GOUDIE, A. S. Human influence in geomorphology. In: VITEK, J. D.; GIARDINO, J. R. (Ed.). **Geomorphology: the Research Frontier and Beyond**. London: Elsevier, 1993. p. 37–59.

GOUDIE, A. S. **The changing earth - Rates of geomorphological processes**. Oxford: Blackwell, 1995.

GOUDIE, A. S. **Encyclopedia of Geomorphology**. London: Routledge, 2004.

GOUDIE, A. S. Global warming and fluvial geomorphology. **Geomorphology**2, v. v. 79, n. n. 3-4, p. 384–394, 2006.

GOUDIE, A. S. Geomorphological hazards and global climate change. In: ALCANTARA-AYALA, I.; GOUDIE, A. S. (Ed.). **Geomorphological Hazards and Disaster Prevention**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. p. 245–256.

GOUDIE, A. S. **The Human Impact on the Natural Environment**. 7ª ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013.

GOUDIE, A. S. **Alphabetical Glossary of Geomorphology**. London: International Association of Geomorphologists, 2014.

GOUDIE, A. S.; VILES, H. A. **The Earth Transformed: An Introduction to Human Impacts on the Environment**. London: Wiley-Blackwell, 1997.

GOUDIE, A. S.; VILES, H. A. **Geomorphology in the Anthropocene**. Cambridge: Cambridge University Press, 2016.

GOVERS, G. Sheet Erosion, Sheet Flow, Sheet Wash. In: GOUDIE, A. S. (Ed.). **Encyclopedia of Geomorphology**. London: Routledge, 2004. p. 947–949.

GREGORY, K. J.; DUNKERLEY, D. Flood. In: THOMAS, D. S. G. (Ed.). **The Dictionary of Physical Geography**. London: Wiley-Blackwell, 2016b. p. 212.

GREGORY, K. J.; LEWIN, J. Making concepts more explicit for geomorphology. **Progress in Physical Geography**, v. 39, n. 6, p. 711–727, 2015.

GREGORY, K. J.; LEWIN, J. A hierarchical framework for concepts in physical geography. **Progress in Physical Geography**, v. v. 42, n. 6, p. 721–738, 2018.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, J. A. T.; CUNHA, S. B. (Ed.). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. 9ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 149–209.

GUERRA, A. T. **Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 5. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1978.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. São Paulo: Blucher, 1984.

GÜNTHER, W. R.; CICCOTTI, L.; RODRIGUES, A. C.; BOSCOV, M. E. G. O Desafio da Avaliação da

Resiliência Comunitária aos Desastres: Uso de Indicadores. In: GÜNTHER, W. R.; CICCOTTI, L.; RODRIGUES, A. C. (Ed.). **Desastres: Múltiplas abordagens e desafios**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. p. 33–53.

GUPTA, A. Urban Hydrology and sedimentation in the humid tropics. In: COSTA, J. E.; FLEISHER, P. J. (Ed.). **Developments and Applications of Geomorphology**. Berlin: Springer, 1984. p. 240–267.

GUPTA, A. The Hazardousness of High-magnitude Floods. In: ALCÁNTARA-AYALA, I.; GOUDIE, A. S. (Ed.). **Geomorphological Hazards and Disaster Prevention**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. p. 97–109.

GUTIÉRREZ, F. Hazards associated with karst. In: ALCÁNTARA-AYALA, I.; GOUDIE, A. S. (Ed.). **Geomorphological Hazards and Disaster Prevention**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. p. 161–175.

GUTIÉRREZ, F.; GUTIÉRREZ, M.; SANCHO, C. Geomorphological and sedimentological analysis of a catastrophic flash flood in the Arás drainage basin (Central Pyrenees, Spain). **Geomorphology**, v. 22, p. 265–283, 1998.

HACK, J. T. Interpretation of erosional topography in humid temperate regions. **American Journal of Sciences**, v. v. 258-A, p. 80–97, 1960.

HART, M. G. **Geomorphology: Pure and Applied**. London: George Allen & Unwin, 1986.

HEARN, G. J. Engineering geomorphology for road design in unstable mountainous areas: lessons learnt after 25 years in Nepal. **Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology**, v. 35, n. 2, p. 143–154, 2002. Disponível em: <<http://qjgeh.lyellcollection.org/cgi/doi/10.1144/1470-9236/2000-56>>.

HERALDO DE ARAGÓN. La riada de Biescas, en fotos de Heraldo de Aragón. Heraldo de Aragón, Zaragoza, 07 ago. 2018. Disponível em: <<https://www.heraldo.es/multimedia/imagenes/aragon/la-riada-de-biescas-en-fotos-de-heraldo-de-aragon/7/>>. Acesso em: 28 dez. 2020.

HIGHLAND, L. M.; BOBROWSKY, P. **The Landslide Handbook – A guide to understanding landslides**. Tradução a ed. Reston, Virginia: USGS, 2008.

HOLE, F. D. Erosion. In: FAIRBRIDGE, R. W. (Ed.). **The Encyclopedia of Geomorphology**. New York: Reinhold, 1968. p. 317–320.

HOOKE, J. **Geomorphology in environmental planning**. New York: John Wiley & Sons, 1988.

HOWARD, A. D. Geomorphological systems: equilibrium and dynamics. **American Journal of Science**, v. 263, n. 4, p. 302–312, 1965.

HOWELL, J. V. **Glossary of Geology and Related Sciences**. Washington D.C.: American Geological Institute, 1957.

HUGGETT, R. **Physical Geography: The Key Concepts**. Abingdon: Routledge, 2010.

HUNGR, O.; LEROUEIL, S.; PICARELLI, L. The Varnes classification of landslide types, an update. **Landslides**, v. 11, n. 2, p. 167–194, 30 abr. 2014. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10346-013-0436-y>>. Acesso em: 3 set. 2018.

HUTCHINSON, J. N. Mass Movements. In: FAIRBRIDGE, R. W. (Ed.). **Encyclopedia of Geomorphology**. New York: Reinhold, 1968. p. 688–695.

IBAPE. **Glossário de terminologia básica aplicável à engenharia de avaliações e perícias do IBAPE/SP**. São Paulo: IBAPE-SP, 2002.

IBGE. **Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

IBGE. **Manual técnico de geomorfologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

IPT; CPRM. **Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações - 1:25.000 - Nota Técnica Explicativa**. São Paulo; Brasília: IPT/CPRM, 2014.

JOHNSON, A. I. **Land Subsidence**. Wallingford, Oxfordshire, UK: International Association of Hydrological Sciences - IAHS, 1991.

JOLY, F. Point de vue sur la géomorphologie. **Annales de Géographie**, v. 86, n. 477, p. 522–541, 1977. Disponível em: <https://www.persee.fr/doc/geo_0003-4010_1977_num_86_477_17626>.

KUSKY, T. **Encyclopedia of Earth Science**. New York: Facts on File Inc., 2005.

LANE, S. N. Flash Flood. In: THOMAS, D. S. G. (Ed.). **The Dictionary of Physical Geography**. 4. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2016. p. 211.

LAMOREAUX, P. E.; SOLIMAN, M. M.; MEMOM, B. A.; LAMOREAUX, J. W.; ASSAAD, F. A. **Environmental Hydrogeology**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2009.

LAWLER, D. Bank Erosion. In: GOUDIE, A. S. (Ed.). **Encyclopedia of Geomorphology**. London: Routledge, 2004. p. 48–52.

LEINZ, V.; LEONARDOS, O. H. **Glossário Geológico**. 3ª ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1982.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, G.; MILLER, J. P. **Fluvial Processes in Geomorphology**. San Francisco: Freeman, 1964.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, G.; MILLER, J. P. **Fluvial Processes in Geomorphology**. San Francisco: Freeman, 1964.

LICKER, M. D. **Mcgraw-Hill Dictionary of Earth Science**. 2. ed. USA: McGraw-Hill, 2003.

LIMA, C. R. **Urbanização e intervenções no meio físico na borda da bacia sedimentar de São Paulo. Uma abordagem geomorfológica**. 1990. Universidade de São Paulo, 1990.

LÓCZY, D.; SÜTO, L. Human activity and geomorphology. In: GREGORY, K. J.; GOUDIE, A. S. (Ed.). **The Sage Handbook of Geomorphology**. London: Sage Publications, 2011. p. 260–278.

LUPIA-PALMIERI, E. **Erosion**. London: Routledge, 2004.

LUZ, R. A. D. **Geomorfologia Original do Rio Pinheiros entre os Bairros de Pinheiros, Butantã e Cidade Jardim, São Paulo (SP)**. 2010. Universidade de São Paulo, 2010.

LUZ, R. A. D. **Mudanças geomorfológicas na planície do rio Pinheiros, São Paulo (SP) ao longo do processo de urbanização**. 2015. Universidade de São Paulo, 2015.

LUZ, R. A. D.; RODRIGUES, C. Anthropogenic changes in urbanised hydromorphological systems in a humid tropical environment: River Pinheiros, São Paulo, Brazil. **Zeits. Fur Geom.**, v. v. 59, p. 109–135, 2015.

LYOTARD, J.-F. **A Condição Pós-moderna**. 17ª ed. Rio de Janeiro: Editora José Olímpio, 1998.

MARQUES, J. S. Ciência Geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Ed.). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. 9ª ed. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 23–50.

MARSH, G. P. **Man and Nature: Or Physical Geography as Modified by Human Action**. Michigan: C. Scribner, 1864.

MENDES, R. M. Colapso e Subsidência de Solos. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. DO (Ed.). **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir**. 3. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015. p. 85–98.

MILARÉ, E. **Direito do Ambiente – A Gestão Ambiental em Foco: Doutrina, Jurisprudência, Glossário**. 7ª ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2011.

MONTGOMERY, D. R. Erosion. In: THOMAS, D. S. G. (Ed.). **The Dictionary of Physical Geography**. 4ª ed. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2016. p. 193.

MORISAWA, M. Rivers. In: FAIRBRIDGE, R. W. (Ed.). **The Encyclopedia of Geomorphology**. New York: Reinhold, 1968. p. 952–957.

MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C. **Da originalidade do sítio urbano de São Paulo às formas antropogênicas: aplicação da abordagem da Geomorfologia Antropogênica na Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí, Região Metropolitana de São Paulo**. 2010. Universidade de São Paulo, 2010.

MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C.; RODRIGUES, C. Mudanças morfológicas e efeitos hidrodinâmicos do processo de urbanização na bacia hidrográfica do rio Tamanduateí - RMSP. **Geosp - Espaço e Tempo**, v. v. 21, p. 257–283, 2017.

MUKAI, T. **Direito Ambiental Sistematizado**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2002.

NAKAZAWA, V. A.; PRANDINI, F. L.; DINIZ, N. C. Subsídências e Colapsos de Solo em Áreas Urbanas. In: BITAR, O. Y. (Ed.). **Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente**. São Paulo: ABGE / IPT, Divisão de Geologia, 1995. p. 101–133.

NIR, D. **Man, a geomorphological agent - An introduction to Anthropic Geomorphology**. Jerusalem: The Hebrew University, 1983.

NUNES, L. H. **Urbanização e desastres naturais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

OGURA, A. T. Análise de Riscos Geológicos em Planos Preventivos de Defesa Civil. In: BITAR, O. Y. (Ed.). **Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente**. São Paulo: ABGE / IPT, Divisão de Geologia, 1995. p. 203–217.

OLIVEIRA, M. A. T. de. Processos Erosivos e Preservação de Áreas de Risco de Erosão por Voçorocas. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. DA; BOTELHO, R. G. M. (Ed.). **Erosão e Conservação dos Solos**. 9ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p. 57–100.

OLIVEIRA, R. P. de. **Semântica: 6º período**. (Curso de ed. Florianópolis: LLV/CCE/UFSC, 2012.

ONU. **Vivir con el Riesgo: Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres**. Edição em ed. Ginebra, Suíça: Naciones Unidas (ONU), 2004.

OXFORD. **Oxford Dictionary of Science**. 5ª ed. Oxford: Oxford University Press, 2005.

PANIZZA, M. **Environmental Geomorphology**. Amsterdam: Elsevier Science, 1996.

PANIZZA, M. **Manuale di geomorfologia applicata**. Milano: F. Angeli, 2005.

PAZZOTTI, A. C. **Enxurrada no rol dos riscos ambientais: ausência ou falta de definição precisa?** 2014. Universidade de São Paulo, 2014.

PIZZATO, E.; GRAMANI, M. F. Mapeamento geotécnico aplicado aos riscos geológicos de movimentos gravitacionais de massa. In: GÜNTHER, W. R.; CICCOTTI, L.; RODRIGUES, A. C. (Ed.). **Desastres: Múltiplas abordagens e desafios**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. p. 211–229.

POEHLS, D. J.; SMITH, G. J. **Encyclopedic Dictionary of Hydrogeology**. San Diego: Academic Press, 2009.

QUEIROZ, E. P. **Perícia Ambiental - Aspecto legal da perícia e como realizar perícia em peixe e carvão vegetal**. Campo Grande: Editora e Impressora Centro Oeste Ltda, 2014.

RAO, A. R.; HAMED, K. H. **Flood Frequency Analysis**. Florida: CRC Press, 2000.

RASSAM, G. N.; GRAVESTIJN, J.; POTENZA, R. **Multilingual Thesaurus of Geosciences**. UK: Pergamon Books, 1987.

REID, I. Flash Flood. In: GOUDIE, A. S. (Ed.). **Encyclopedia of Geomorphology**. London: Routledge, 2004. p. 376–378.

RODRIGUES, C. **Geomorfologia Aplicada - Avaliação de experiências e de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiros**. 1997. Universidade de São Paulo, 1997.

RODRIGUES, C. On anthropogeomorphology. In: Conferência Regional de Geomorfologia, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: 1999.

RODRIGUES, C. A Teoria Geossistêmica e sua Contribuição aos Estudos Geográficos e Ambientais. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. 14, p. 112–122, 2001.

RODRIGUES, C. A urbanização da metrópole sob a perspectiva da Geomorfologia: tributo a leitura geográficas. In: CARLOS, A. F. A.; OLIVEIRA, A. U. DE (Ed.). **Geografias de São Paulo: representações e crise da metrópole**. 1ª ed. ed. São Paulo: Editora Contexto, 2004. p. 89–114.

RODRIGUES, C. Morfologia Original e Morfologia Antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. 17, p. 101–111, 2005.

RODRIGUES, C. Avaliação do impacto humano da urbanização em sistemas hidromorfológicos. Desenvolvimento e aplicação de metodologia na Grande São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. 20, p. 111–125, 2010a.

RODRIGUES, C. A Urbanização da Metrópole sob a Perspectiva da Geomorfologia: Tributo a

Leituras Geográficas. In: CARLOS, A. F. A.; OLIVEIRA, A. U. DE (Ed.). **Geografias de São Paulo: representações e crise da metrópole**. São Paulo: Editora Contexto, 2010b. p. 89–114.

RODRIGUES, C. Atributos ambientais no ordenamento territorial urbano : o exemplo das planícies fluviais na metrópole de São Paulo Atributos ambientais no ordenamento territorial urbano : o exemplo das planícies fluviais na metrópole de São Paulo. **Geosp - Espaço e Tempo**, v. 19, n. 2, p. 325–348, 2015. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/102805>>.

ROSENFELD, C. L. Geomorphological Hazard. In: GOUDIE, A. S. (Ed.). **Encyclopedia of Geomorphology**. London: Routledge, 2004. p. 423–427.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. 6, p. 17–29, 1992.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. 8, p. 63–74, 1994.

ROSS, J. L. S. Análises e Sínteses na Abordagem Geográfica do Planejamento Ambiental. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. 9, 1995.

ROSS, J. L. S. Inundações e Deslizamentos em São Paulo: Riscos da Relação Inadequada Sociedade Natureza. **Revista Territorium**, p. 15–23, 2001.

ROSS, J. L. S. Landforms and environmental planning: potentialities and fragilities. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. especial, p. 38–51, 2012. Disponível em: <<http://citrus.uspnet.usp.br/rdg/ojs/index.php/rdg/article/view/367/444>>.

RUFFELL, A.; MCKINLEY, J. Forensic geoscience: applications of geology, geomorphology and geophysics to criminal investigations. **Earth-Science Reviews**, v. 69, n. 3–4, p. 235–247, mar. 2005. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0012825204000960>>.

SALOMÃO, F. X. T.; IWASA, O. Y. Erosão e Ocupação Rural e Urbana. In: BITAR, O. Y. (Ed.). **Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente**. São Paulo: ABGE / IPT, Divisão de Geologia, 1995. p. 31–57.

SANTORO, J. Erosão Continental. In: **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir**. 3ª ed. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015. p. 53–70.

SANTOS, Á. R. dos. **Geologia de Engenharia: Conceitos, Método e Prática**. São Paulo: ABGE, 2002.

SCHUMANN, A. H. **Flood Risk Assessment and Management - How to specify hydrological loads, their consequences and uncertainties**. Bochum, Germany: Springer, 2011.

SCHMUDDE, T. H. Flood Plain. In: FAIRBRIDGE, R. W. (Ed.). **Encyclopedia of Geomorphology**. London: Reinhold, 1968. p. 359–362.

SCHUMM, S. A. **To Interpret the Earth: 10 ways to be wrong**. London: Cambridge University Press, 1991.

SCHUMM, S. A. Erroneous perceptions of fluvial hazards. **Geomorphology**, v. 10, p. 129–138, 1994.

SCHUMM, S. A. **Threshold, Geomorphic**. In: GOUDIE, A. S. (Ed.). **Encyclopedia of Geomorphology**. London: Routledge, 2004. p. 1.051–1.052.

SCHUMM, S. A. Forensic Geomorphology. **GSA Today**, p. 42–43, 2005.

SELBY, M. J. **Hillslope materials and processes**. 2ª ed. Oxford: Oxford University Press, 1982.

SHERLOCK, R. L. **Man as a Geological Agent – An account of his action on inanimate nature**. London: H. F. & G. Whiterby, 1922.

SILVA, J. de P. **Expansão urbana e evolução geomorfológica em remansos de reservatórios: Análise comparativa de duas bacias hidrográficas em Guarapiranga, São Paulo**. 2005. Universidade de São Paulo, 2005.

SIMONETT, D. S. Landslides. In: FAIRBRIDGE, R. W. (Ed.). **Encyclopedia of Geomorphology**. London: Reinhold, 1968. p. 639–641.

SSSA. **Glossary of Soil Science Terms**. Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America, 1987.

STÉVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

STRAHLER, A. N. Equilibrium theory of erosional slopes, approached by frequency distribution analysis. **American Journal of Sciences**, v. v. 248, p. 673–696, 1950.

STRAHLER, A. N. Dynamic basis of geomorphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. v. 63, p. 923–938, 1952.

SUGUIO, K. **Dicionário de Geologia Sedimentar e Áreas Afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. São Paulo: Blucher, 2003.

SUMMERFIELD, M. A. **Global Geomorphology**. New York: Pearson Education Limited, 1991.

SZABÓ, J.; DÁVID, L.; LÓCZY, D. **Anthropogenic geomorphology: a guide to man-made landforms**. Netherlands: Elsevier, 2010.

TAVARES, R. Clima, Tempo e Desastres. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. DO (Ed.). **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir**. 2. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015. p. 111–146.

THOMAS, D. S. G. **The Dictionary of Physical Geography**. 4^a ed. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2016.

THOMAS, W. L. **Man's Role in Changing the Face of the Earth**. London: Chicago Press, 1956.

TINKLER, K. J. Gorge and Ravine. In: GOUDIE, A. S. (Ed.). **Encyclopedia of Geomorphology**. London: Routledge, 2004. p. 486–487.

TOGNON, A. A. **Glossário de Termos Técnicos de Geologia de Engenharia e Ambiental**. 2. ed. São Paulo: ABGE, 2012.

TOMINAGA, L. K. **Avaliação de Metodologias de Análise de Risco a Escorregamentos: Aplicação de um ensaio em Ubatuba, SP**. 2007. Universidade de São Paulo, 2007.

TOMINAGA, L. K. Escorregamentos. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. DO (Ed.). **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir**. 3. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015a. p. 27–38.

TOMINAGA, L. K. Análise e mapeamento de risco. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. DO (Ed.). **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir**. 3. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015b. p. 149–160.

TOOTH, S.; VILES, H. A. **10 reasons why Geomorphology is important**. London: British Society for Geomorphologists, 2014.

TOY, T. J.; HADLEY, R. F. **Geomorphology and Reclamation of Disturbed Land**. Orlando: Academic Press, 1987.

TRICART, J. **Principes et Méthodes de la Géomorphologie**. Paris: Masson et Cie. Éditeurs, 1965.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

UNISDR. **Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres**. Edição em ed. Ginebra, Suíça: Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR), 2009.

VARNES, D. J. **Landslide hazard zonation : A review of principles and practice**. Paris: UNESCO Press, 1984.

VENEZIANI, Y. **A abordagem da geomorfologia antropogênica e de modelagens hidrológica e hidráulica na bacia do Córrego Três Pontes (SP) para determinação de picos de vazão e da vulnerabilidade a inundações**. 2014. Universidade de São Paulo, 2014.

VERSTAPPEN, H. T. **Geomorphology and environment. Inaugural adress**. [s.l: s.n.].

VEYRET, Y. **Dicionário do Meio Ambiente**. Edição bra ed. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2012.

VEYRET, Y. **Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2015.

WALTHAM, T. Subsidence. In: GOUDIE, A. S. (Ed.). **Encyclopedia of Geomorphology**. London: Routledge, 2004. p. 1021–1025.

WARD, A. D.; TRIMBLE, S. W. **Environmental Hydrology**. 2ª ed. ed. Boca Raton: Lewis Publishers, CRC Press, 2003.

WELLS, N. A. Gully. In: GOUDIE, A. S. (Ed.). **Encyclopedia of Geomorphology**. London: Routledge, 2004. p. 503–506.

WHITTEN, D. G. A.; BROOKS, J. R. V. **Diccionario de Geología**. Versión es ed. [s.l.] Alianza Editorial, 1980.

WOEIKOF, A. De l'influence de l'homme sur la nature. **Annales de Géographie**, v. v. 51, p. 193–215, 1901.

WOHL, E. E. Flood. In: GOUDIE, A. S. (Ed.). **Encyclopedia of Geomorphology**. London: Routledge, 2004. p. 378–380.

YOUNG, A. **Slopes**. Edinburgh: Oliver & Boyd, 1972.

ZOCHIO, M. F. **Qualidade dos laudos periciais emitidos na Comarca de São Paulo**. 2010. Universidade de São Paulo, 2010.

APÊNDICE A

ACÓRDÃOS JUDICIAIS SELECIONADOS

Foram analisados 60 Acórdãos proferidos pela 1ª Câmara Reservada ao Meio Ambiente, do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo, no âmbito de recursos de Apelação (Tabela-Apêndice 1).

Tabela-Apêndice 1 - Acórdãos selecionados para análise

Nº	Nº do Processo	Comarca	Termo*
1	0001565-08.2013.8.26.0369	Monte Aprazível	Erosão
2	0002189-49.2008.8.26.0493	Rejente Feijó	Erosão
3	9158413-46.2009.8.26.0000	Mairiporã	Erosão
4	0004039-95.2011.8.26.0344	Marília	Erosão
5	0006652-96.2001.8.26.0099	Bragança Paulista	Erosão
6	0065902-40.2008.8.26.0576	São José do Rio Preto	Erosão
7	0008663-91.2005.8.26.0153	Cravinhos	Erosão
8	0007854-42.2011.8.26.0428	Paulínia	Erosão
9	0003085-77.2003.8.26.0587	São Sebastião	Erosão
10	0000207-16.2013.8.26.0334	Monte Aprazível	Erosão
11	0006418-20.2010.8.26.0481	Presidente Epitácio	Erosão
12	0005160-27.2011.8.26.0129	Casa Branca	Erosão
13	0026203-22.2012.8.26.0602	Sorocaba	Erosão
14	0006478-59.2011.8.26.0189	Fernandópolis	Erosão
15	0000264-21.2010.8.26.0534	Santa Branca	Erosão
16	1001762-85.2016.8.26.0224	Guarulhos	Erosão
17	0099280-37.2006.8.26.0000	São Pedro	Erosão
18	0038582-27.2011.8.26.0053	São Paulo	Solapamento
19	0018084-51.2007.8.26.0019	Santa Bárbara do Oeste	Assoreamento
20	0010464.63.2012.8.26.0099	Bragança Paulista	Assoreamento
21	0007933-86.2008.8.26.0505	Ribeirão Pires	Assoreamento
22	0041629-09.2011.8.26.0053	São Paulo	Assoreamento
23	0049644-05.2007.8.26.0506	Ribeirão Preto	Assoreamento
24	0007038-50.2013.8.26.0344	Marília	Assoreamento
25	0005662-12.2010.8.26.0125	Capivari	Assoreamento
26	0004222-59.2004.8.26.0070	Batatais	Assoreamento
27	0025938-61.2013.8.26.0577	São José dos Campos	Assoreamento
28	0013573-76.2011.8.26.0566	São Carlos	Assoreamento
29	0106312-94.2007.8.26.0053	São Paulo	Recalque
30	0003303-95.2011.8.26.0435	Pedreira	Deslizamento
31	0006455-36.2011.8.26.0053	São Paulo	Deslizamento
32	0189436-03.2008.8.26.0000	São Paulo	Deslizamento
33	0012872-53.2013.8.26.0176	Embu das Artes	Deslizamento
34	0002779-17.2010.8.26.0247	Ilhabela	Deslizamento
35	0046924-70.2012.8.26.0577	São José dos Campos	Deslizamento

Nº	Nº do Processo	Comarca	Termo*
36	9158904-53.2009.8.26.0000	Bauru	Escorregamento
37	0040761-11.2011.8.26.0577	São José dos Campos	Desabamento
38	0003435-62.2011.8.26.0659	Vinhedo	Desmoronamento
39	0000553-54.2010.8.26.0242	Igarapava	Desmoronamento
40	0049172-35.2011.8.26.0224	Guarulhos	Inundação
41	0000524-68.2004.8.26.0418	Paraibuna	Inundação
42	0236991-79.2009.8.26.0000	Boituva	Inundação
43	0000669-22.2006.8.26.0300	Jardinópolis	Inundação
44	0010486-51.2010.8.26.0048	Atibaia	Inundação
45	0152602-98.2008.8.26.0000	Teodoro Sampaio	Inundação
46	0006463-21.2006.8.26.0495	Registro	Inundação
47	9067507-10.2009.8.26.0000	Bananal	Enchente
48	0000008-32.2012.8.26.0268	Itapecerica da Serra	Enchente
49	0000546-21.2010.8.26.0579	São Luis do Paraitinga	Enchente
50	0010778-66.2013.8.26.0198	Guararapes	Enchente
51	1002207-30.2016.8.26.0604	Sumaré	Enchente
52	9000011-52.2006.8.26.0037	Araraquara	Enxurrada
53	0005220-57.2006.8.26.0587	São Sebastião	Cheia
54	9206408-55.2009.8.26.0000	Barueri	Cheia
55	0002555-27.2009.8.26.0696	Fernandópolis	Cheia
56	0009892-17.2014.8.26.0268	Itapecerica da Serra	Risco
57	0000612-23.2008.8.26.0368	Monte Alto	Risco
58	0010369-09.2007.8.26.0099	Bragança Paulista	Risco
59	0005044-16.2000.8.26.0223	Guarujá	Risco
60	0042686-05.2002.8.26.0562	Santos	Risco

*Termo utilizado na pesquisa de jurisprudência para seleção dos acórdãos analisados.

APÊNDICE B

GLOSSÁRIO

O glossário está organizado seguindo a proposta de Gregory e Lewin (2015), de categorização funcional dos principais conceitos da geomorfologia, e com base nas divisões adotadas em Coque (1984) e Hart (1986) relativas aos principais processos operantes no sistema geomorfológico. Essa organização foi escolhida, em detrimento da convencional, em ordem alfabética, diante da necessidade de compreensão da articulação e interdependência entre os processos no funcionamento do meio físico, e não enquanto processos isolados.

Os conceitos estão, portanto, divididos em quatro grandes grupos: (i) processos geomorfológicos responsáveis pela remoção dos materiais; (ii) processos e agentes de transporte; (iii) processos de deposição; e (iv) terminologia associada aos riscos geomorfológicos.

PROCESSOS DE REMOÇÃO DOS MATERIAIS

EROSÃO

Ing. Erosion; Fr. Erosion; Esp. Erosión; Ital. Erosione; Al. Erosion

Existem dois níveis de compreensão do conceito de erosão. O primeiro, em uma escala mais abrangente, abarca todo e qualquer processo de desintegração, remoção, transporte e deposição dos materiais da superfície. Essa visão abrangente assume maior importância nos estudos de geomorfologia histórica ou do ponto de vista dos sistemas morfogenéticos atuantes na esculturação do relevo, entendidos enquanto a combinação dinâmica dos diversos processos ocorrendo simultaneamente em uma porção do espaço (COQUE, 1984).

Do ponto de vista da aplicação do conceito de erosão, com objetivos práticos, restringe-se sua compreensão ao conjunto dos processos de remoção de material previamente intemperizado, pela ação dos agentes de erosão, como o impacto das gotas de chuva (por meio do processo de erosão por salpicamento ou *splash*), a ação do escoamento superficial, difuso e concentrado, e do escoamento em canais, a ação da gravidade, do vento, ondas, gelo, etc. Os movimentos de massa, como quedas de blocos e escorregamentos integram esse grupo, enquanto categoria de processos erosivos atuantes nas vertentes, tendo como agente principal a gravidade, auxiliada em maior ou menor medida pela presença da água e por outros agentes (SELBY, 1982; COQUE, 1984; HART, 1986).

Para a erosão ocorrer é necessário que a força de remoção das partículas dos materiais supere a resistência exercida pela coesão entre elas. Para tal, as características físicas e químicas das rochas, do clima, das formas do relevo (morfologia e morfometria) e da vegetação, condicionam e controlam a ocorrência dos processos erosivos, contribuindo em maior ou menor medida à sua ocorrência. É importante considerar como fator, também, a atividade antrópica, responsável não apenas pela intensificação dos processos erosivos, mas favorecendo suas modalidades mais agressivas, ao modificar a composição e a estrutura das

combinações entre os diferentes processos que compõem a erosão (SELBY, 1982; COQUE, 1984; HART, 1986; COOKE; DOORNKAMP, 1990)

O termo erosão envolve o processo de transporte do material, do ponto no qual este foi removido até sua deposição. A deposição, no entanto, é entendida como processo distinto (ver item 4.2.1.4, Assoreamento). A própria ação do material transportado exerce erosão nos demais materiais, por meio da colisão entre eles e do atrito entre as partículas, processo denominado também como abrasão, reduzindo a dimensão de tais materiais.

A água é um dos principais agentes de erosão, porém existem muitos outros, sobretudo climáticos, como o vento, gelo, as variações de temperatura, insolação, a ação de ondas, etc. (GUERRA, 1978; COQUE, 1984; HART, 1986; TOGNON, 2012). Nesse sentido, nas investigações associadas aos processos erosivos, alguns parâmetros adquirem fundamental importância, já que controlam e condicionam à ocorrência e evolução desses processos. São eles: a magnitude e intensidade das precipitações, parâmetros sobre a forma das vertentes e a topografia (referidos na geomorfologia como morfologia e morfometria do relevo), as características dos materiais, a presença de cobertura vegetal, o uso e ocupação da terra e as atividades antrópicas desenvolvidas (SELBY, 1982; COQUE, 1984; HART, 1986; FORNASARI FILHO et al./IPT, 1992).

O comportamento da precipitação está relacionado à energia aplicada por essa sobre a superfície e sua capacidade de provocar erosão. A essa capacidade, denomina-se erosividade. Esse conceito abrange outros processos além da precipitação, e designa a capacidade potencial de qualquer processo em causar erosão (SELBY, 1982; COOKE; DOORNKAMP, 1990). Por outro lado, as características dos materiais influenciam na suscetibilidade destes à ocorrência dos processos erosivos, por meio do fator denominado erodibilidade, que designa a resistência dos materiais à erosão, influenciando diretamente nas taxas e velocidade desse processo (SELBY, 1982; COOKE; DOORNKAMP, 1990).

A topografia e as formas das vertentes influenciam igualmente na ocorrência, intensidade e nos tipos de processos erosivos. Dentre os fatores mais importantes, destacam-se a declividade, o comprimento de rampa (extensão entre o interflúvio, ou topo, e a base da vertente) e a forma dos setores de vertente, côncavos, convexos ou retilíneos, influenciando no comportamento do escoamento. As vertentes côncavas, por exemplo, ao promover a convergência dos fluxos do escoamento superficial e de subsuperfície, são mais afetadas pela erosão do que em relação às vertentes convexas, onde ocorre divergência dos fluxos (SELBY, 1982; FORNASARI FILHO et al./IPT, 1992; ELORZA, 2008).

A cobertura vegetal é outro fator de fundamental importância, pois influencia diretamente: na erosividade dos agentes, reduzindo, por exemplo, a erosão por salpicamento (*splash*) pelas gotas de chuva, ao revestir o solo; e na erodibilidade dos materiais, aumentando sua resistência à erosão, por exemplo, por meio da ação de raízes. Evidentemente, o papel desempenhado pela vegetação irá variar conforme o tipo e a densidade da vegetação, fatores que são diretamente influenciados, por sua vez, pelo clima.

As atividades antrópicas também apresentam grande influência na ocorrência e nas taxas dos processos erosivos, normalmente resultando na sua intensificação. O homem é

entendido, nesse sentido, como agente de erosão, papel desempenhado já desde o estabelecimento da agricultura no período Neolítico e os primeiros ciclos de desmatamento intensivo para usos agrícolas. O império romano, por exemplo, já sofria com a erosão acelerada de suas terras e com o conseqüente rápido assoreamento de suas barragens (COQUE, 1984; HART, 1986).

Dentre as principais ações antrópicas que resultam na intensificação dos processos erosivos, destacam-se a remoção da cobertura vegetal, queimadas, o manejo inapropriado de áreas agrícolas e de pastagem, a abertura de estradas e de eixos de circulação, a realização de cortes e aterros, o mal dimensionamento de dispositivos de drenagem e direcionamento do escoamento superficial, a impermeabilização do solo e a abertura de áreas para ocupação urbana (HART, 1986; COOKE; DOORNKAMP, 1990; FORNASARI FILHO et al./IPT, 1992; GOUDIE, 2013).

Cabe destacar que não se trata apenas da intensificação dos processos erosivos, em decorrência das atividades antrópicas, mas sim da modificação da composição e estrutura das combinações entre os diversos fatores e agentes responsáveis por sua atividade, favorecendo as mais agressivas e resultando em uma aceleração contínua do fenômeno erosivo (COQUE, 1984).

Nas perícias ambientais o fator antrópico é particularmente importante pois os processos judiciais ambientais apresentam como ponto de partida, a ocorrência de algum dano ao meio ambiente que enseje a atuação da justiça para cessá-lo, repará-lo e atestar as responsabilidades pela sua ocorrência. Esse dano na grande maioria das vezes é resultante de alguma atividade antrópica.

As influências das ações humanas nas taxas dos processos erosivos, resultando na sua degradação de forma insustentável, ou seja, que não garante sua reposição, é denominada como erosão acelerada, uma categoria dentre da classificação dos processos erosivos. Trata-se de classificação estabelecida pela literatura das ciências da terra, que divide os processos erosivos em várias categorias, de acordo com os agentes predominantes de erosão (ex. erosão pluvial, erosão fluvial, erosão eólica), de acordo com o mecanismo atuante no desenvolvimento e evolução desses processos (erosão regressiva, erosão diferencial) ou pelo equilíbrio dinâmico entre a perda e a produção de solo.

A erosão acelerada se encontra nesse último grupo de categorias, em classificação que a contrapõem com a erosão natural, também denominada por alguns autores como erosão geológica. Esta última é caracterizada pelo equilíbrio entre as taxas de erosão e as taxas de formação do solo. A erosão acelerada, em contraposição, se refere a ocorrência de processos erosivos em taxa superior a capacidade de formação do solo, não permitindo sua recuperação (HOWELL, 1957; FAIRBRIDGE, 1968b; GUERRA, 1978; COOKE; DOORNKAMP, 1990; SUGUIO, 1998, 2003; GOUDIE, 2004, 2013; BIGARELLA, 2007; FORNASARI FILHO; FARIA, 2018).

A manifestação da erosão acelerada, ou antrópica, na superfície se dá, predominantemente: na formação de sulcos, ravinas e voçorocas, abordadas no subcapítulo seguinte; na ocorrência de movimentos de massa, desde o rastejo, com taxas muito baixas de movimentação, até processos rápidos, como as quedas e corridas; e o assoreamento de cursos

d'água e reservatórios, influenciando na magnitude e frequência de cheias e inundações (COQUE, 1984).

Apesar das atividades antrópicas serem o principal fator na ocorrência da erosão acelerada, este processo pode ocorrer naturalmente, como resultado da interação de fatores climáticos, litológicos, morfológicos e vegetacionais, resultando em paisagens únicas, denominadas na literatura de língua inglesa de “*badlands*”. Estas são paisagens caracterizadas pela formação de voçorocas profundas e regularmente espaçadas, formadas naturalmente ou como resultado da adoção de práticas agrícolas e de pastagem insatisfatórias, tornando-as inaptas à ocupação antrópica (COQUE, 1984).

Diante da tipologia de questões analisadas nas perícias ambientais, a erosão acelerada possui especial importância, seja na sua modalidade mais abrangente, tratando dos processos erosivos gerados pelas atividades antrópicas em geral, seja abordando processos específicos e as morfologias produzidas por estes, como a erosão em sulcos, ravinas e voçorocas.

EROSÃO PLUVIAL

A erosão pluvial é uma das tipologias de processos erosivos, na qual predomina a ação da água como agente de remoção e transporte do material. Ela pode ocorrer nas vertentes por meio de três processos principais: (i) por meio da ação da gota de água da chuva, resultando na erosão por salpicamento ou erosão por “*splash*”; (ii) por meio da ação do escoamento superficial, que pode ser na forma difusa ou concentrada; e (iii) por meio do escoamento subterrâneo, resultando na erosão por “*piping*” ou tubular (HART, 1986).

A erosão pluvial ocorre em função da erosividade, entendida como poder de erosão, das gotas de água da chuva, do escoamento superficial e subterrâneo, e da erodibilidade dos materiais, caracterizada como sua suscetibilidade a sofrer erosão. Nesse sentido, o clima, a litologia, as características do solo, as formas das vertentes e a vegetação, são os fatores que controlam a atividade da erosão pluvial. Acresça-se a essa lista as atividades antrópicas, que afetam direta ou indiretamente todos os demais fatores, com destaque às mudanças promovidas na morfologia das vertentes, na vegetação e no solo (SELBY, 1982).

A erosão por salpicamento (“*splash erosion*”) é o processo resultante da energia das gotas de água da chuva em contato com a superfície, promovendo o destacamento das partículas do solo. Ele desempenha, ainda, três funções: o selamento da camada superficial do solo, diminuindo a infiltração e promovendo o escoamento superficial; a desagregação das partículas, deixando-as soltas para mobilização pelo escoamento superficial difuso; e o transporte de partículas mais finas, pela ação do impacto das gotas na superfície, deslocando-as para jusante, seguindo a declividade da vertente (SELBY, 1982).

A ocorrência desse processo é dependente da quantidade, intensidade e duração da precipitação, mas principalmente da existência e das características da cobertura vegetal, que atuam na interceptação das gotas de água, protegendo o solo. As características litológicas, morfológicas e morfométricas, e de uso da terra também são importantes nas taxas de operação desse processo (SELBY, 1982; HART, 1986).

A erosão pelo escoamento superficial pode ocorrer de forma difusa, denominada também de erosão laminar, ou de forma concentrada em canais preferenciais, levando a formação de sulcos, ravinas e voçorocas.

EROSÃO DIFUSA

Ing. Sheet erosion, sheet wash, unconcentrated wash; Fr. Erosion lumineuse; Esp. Erosión laminar; Ital. Erosione laminare; Al. Schichtflutspülung.

A erosão difusa consiste na remoção dos materiais pela ação do escoamento superficial difuso, ou seja, não concentrado em caminhos preferenciais aparentes. Trata-se de uma tipologia da erosão pluvial, provocada pela atuação da água da chuva, que mobiliza os materiais, especialmente os mais finos, após o processo de desagregação desses pelo impacto das gotas de chuva (erosão por salpicamento).

Esse processo ocorre quando a capacidade de infiltração do solo é excedida diante de precipitações intensas ou prolongadas, tornando o solo saturado e originando o escoamento superficial. O fluxo, no entanto, não apresenta potência suficiente para a formação de canais preferenciais visíveis, como sulcos. O impacto das gotas de água de chuva sobre a superfície, sobretudo quando ausente a vegetação, contribui à redução da taxa de infiltração no solo, bem como atividades antrópicas, como o uso de maquinário agrícola, promovendo a compactação do solo e, conseqüentemente, a redução da infiltração.

O escoamento superficial difuso não é uniforme, apresentando discontinuidades espaciais em função de diversos fatores, como a cobertura vegetal e a morfologia do setor de vertente. Próximo ao interflúvio, o fluxo é menos profundo, adquirindo maior profundidade em direção de jusante. Ele pode, também, dividir-se em função de obstáculos, como raízes e irregularidades da superfície, e formar numerosos filetes de água. Tais obstáculos, em conjunto com a ação das gotas de chuva quando essa ocorre simultaneamente, podem tornar o fluxo mais turbulento em alguns locais, promovendo maior erosão nesses pontos (SELBY, 1982; COQUE, 1984; GOVERS, 2004).

O uso da terra e as atividades antrópicas, também influenciam em sua distribuição espacial, favorecendo sua ocorrência em locais com uso intensivo do solo pela agricultura, em especial mecanizada, ou por pastagem (SELBY, 1982).

Outros fatores que influenciam na ocorrência da erosão laminar são: as características dos materiais, a morfologia e morfometria das vertentes, e a presença e tipologia da cobertura vegetal.

Dentre as características dos materiais, destacam-se os fatores de porosidade e permeabilidade do solo, a umidade e a condutividade hidráulica, a presença de argilas expansíveis, a compactação do solo, o pH e a atividade de organismos e da fauna do solo (endofauna). São fatores que influenciam diretamente nas taxas de infiltração da água da chuva e em sua erodibilidade (SELBY, 1982; COQUE, 1984; HART, 1986).

No que tange às características morfológicas e morfométricas das vertentes, três fatores podem ser destacados: (i) a declividade das vertentes e (ii) sua extensão (também denominada comprimento de rampa, dado pela distância entre o interflúvio e a base da vertente), ambas associadas à velocidade do fluxo e o favorecimento de sua concentração; (ii) a morfologia dos setores de vertente, nas quais predominam a dispersão ou a concentração do fluxo. No caso da erosão difusa, sua ocorrência é mais frequente nas vertentes convexas e retilíneas, que divergem o fluxo, ao passo que as vertentes côncavas, caracterizadas por sua convergência, favorecem a formação do escoamento superficial concentrado (SELBY, 1982; COQUE, 1984)

A ausência de cobertura vegetal resulta na exposição do solo à ação das gotas de água da chuva (erosão por salpicamento), já que a vegetação deixa de interceptá-las e reduzir sua energia cinética. A vegetação possui a capacidade de formar estruturas granulares no solo, favorecendo altas taxas de infiltração, e produzir uma camada de serapilheira, altamente porosa e absorvente, que atua como uma camada protetora do solo. Adicionalmente, a vegetação promove a redução da velocidade do escoamento superficial, prevenindo a formação de canais preferenciais e sua ação erosiva (SELBY, 1982; COQUE, 1984).

As atividades antrópicas compõem outro fator de controle da erosão difusa, já que afetam simultaneamente os demais fatores citados, ao remover a cobertura vegetal, reduzir as taxas de infiltração do solo, promover sua compactação e a mudança em suas características e contribuir ao aumento da erosividade. Destacam-se, nesse sentido, as atividades agrícolas, em especial com o uso de maquinário, que promove a compactação do solo em função do peso aplicado, a pastagem e a urbanização, sobretudo em seus estágios iniciais, envolvendo exposição do solo e realização de cortes e aterros.

Apesar de sua baixa energia, não apresentando potência suficiente para a formação de sulcos, a erosão difusa pode ser muito efetiva na remoção e transporte de materiais (SELBY, 1982). A concentração do escoamento superficial em canais preferenciais representa a interrupção da erosão difusa e descontínua, e a evolução do processo erosivo, resultando na formação de pequenas incisões, como os sulcos, ou podendo resultar na formação de ravinas e voçorocas, abordadas nos subcapítulos posteriores. É importante destacar, no entanto, que essas duas modalidades de escoamento, difuso e concentrado, podem coexistir em uma mesma vertente, de forma que a combinação dos fatores atuantes (clima, solo, vegetação, morfologia e morfometria e atividades antrópicas) e seus efeitos, irá determinar a predominância de um ou outro (COQUE, 1984).

Diante das características da erosão difusa, é recomendada a utilização desse termo (“erosão difusa”), em detrimento das expressões “erosão laminar” ou “erosão em lençol” que: (i) não expressam o processo geomorfológico em operação, se o escoamento superficial difuso ou concentrado, e (ii) não refletem a realidade da superfície do terreno, repleta de irregularidades, e portanto, não permitindo a formação de um fluxo de profundidade uniforme, em lençóis, como subentendido nos termos “laminar” e “lençol”.

EROSÃO EM SULCOS

Ing. Rill; Fr. Rigole; Esp. Reguero; Ital. Ruscellamento; Al. Wasserriss, rinnsal.

A erosão em sulcos pode ser definida como a remoção e transporte de materiais por meio de caminhos preferenciais do escoamento superficial concentrado. A concentração dos fluxos ocorre em função de irregularidades na superfície, decorrentes da morfologia das vertentes, da existência de obstáculos ao fluxo, como afloramentos rochosos e cobertura vegetal. Em decorrência da maior energia adquirida pelo fluxo, agora concentrado, ele é capaz de superar a resistência exercida pelos materiais e destacar as partículas do solo, formando pequenos canais preferenciais, que diante da persistência desse processo, se aprofundam e expandem lateralmente, formando os sulcos. Essas morfologias apresentam pequena dimensão, com profundidade e largura de algumas dezenas de centímetros, em extensão, no entanto, podem atingir dezenas de metros.

A concentração do escoamento, inicialmente difuso e com predomínio da erosão difusa, ocorre em função da presença de irregularidades na vertente, como depressões e convexidades, afloramentos rochosos, cobertura vegetal e outros obstáculos, resultando na concentração do fluxo. Uma vez concentrado, este passa a apresentar energia suficientemente superior à resistência exercida pela coesão entre as partículas do solo, resultando na remoção dos materiais e em seu transporte, em conjunto com os sedimentos já desagregados pela ação erosiva da água da chuva (SELBY, 1982; FAVIS-MORTLOCK, 2004; ELORZA, 2008).

No interior dos sulcos, o fluxo é predominantemente turbulento, com profundidade, velocidade e potência suficiente para aprofundar os canais verticalmente e lateralmente, e transportar materiais de maior granulometria como carga de fundo (ELORZA, 2008; DUNKERLEY, 2016b). A persistência do fluxo concentrado promove o rebaixamento progressivo desses canais preferenciais que, dessa forma, serão ainda mais erodidos, promovendo um feedback positivo que resulta em seu aprofundamento. Dependendo da persistência desse processo, os canais podem ser obliterados pela deposição do material transportado ou proveniente de suas laterais. Caso contrário, eles podem atingir profundidades de algumas dezenas de centímetros (FAVIS-MORTLOCK, 2004).

Algumas variáveis influenciam a formação e desenvolvimento da erosão em sulcos, como a quantidade e intensidade da precipitação. Do ponto de vista da morfologia e morfometria das vertentes, destacam-se a declividade, o comprimento de rampa e a forma, ocorrendo preferencialmente nos setores côncavos, onde ocorre a concentração dos fluxos (ELORZA, 2008; DUNKERLEY, 2016b).

A cobertura vegetal também apresenta grande influência, já que a existência da vegetação reduz o impacto das gotas de água da chuva e favorece o processo de infiltração. Assim, a formação de sulcos ocorre mais frequentemente em áreas desprovidas de vegetação, submetidas às queimadas, pastagem intensiva ou às atividades antrópicas com movimentação de terra, como cortes e aterros, implantação de estradas e fases iniciais de urbanização (COOKE; DOORNKAMP, 1990; GOUDIE, 2013).

Esses canais, inicialmente paralelos, evoluem predominantemente por erosão regressiva, em direção à cabeceira, e pelo processo de captura de canais menores por canais de maior dimensão e profundidade (“*cross-grading*”, no conceito de Horton ou “*micropiracy*”, na literatura), interconectando-se e formando uma rede interligada de canais. Eventualmente, um sulco de maior dimensão, que recebe a contribuição de sulcos menores, pode se transformar em um canal efêmero (SELBY, 1982; POEHLS; SMITH, 2009; DUNKERLEY, 2016b). Esse processo, no entanto, pode não se estender até atingir o interflúvio, uma vez que o escoamento superficial não possui profundidade e força erosiva suficiente para exceder a coesão do solo nesses setores (SELBY, 1982; COOKE; DOORNKAMP, 1990).

Por esse motivo, os sulcos podem ser observados do ponto de vista de seu papel na evolução da rede de drenagem nas bacias hidrográficas, promovendo a expansão da rede e integrando-se posteriormente aos canais fluviais de maior dimensão (COOKE; DOORNKAMP, 1990; POEHLS; SMITH, 2009; DUNKERLEY, 2016b).

Entretanto, sua permanência na paisagem pode ser restrita aos períodos de maior precipitação, desaparecendo posteriormente por meio do preenchimento de tais canais pelo material proveniente de suas laterais, dos setores entre os sulcos, onde ocorre igualmente erosão difusa e por salpicamento.

Por outro lado, em ambientes submetidos à erosão acelerada, ou seja, ao desequilíbrio entre as taxas de remoção e produção de solo (ver item 4.2.1.1), em decorrência principalmente de atividades antrópicas, pode ocorrer a evolução e aprofundamento desses canais, formando as ravinas e, em casos mais avançados, as voçorocas.

EROSÃO EM RAVINAS E VOÇOROCAS

Ravina: Ing. Ravine, gully; Fr. Ravin, ravine; Esp. Cárcana; Ital. Forra, canalone, gola; Al. Wasserrriss, runse, schlucht

Voçoroca: Ing. Gully; Fr. Ravine; Esp. Barranco; Ital. Forra, Canalone, Gola; Al. Runse, Schlucht, Rinne

As ravinas são canais preferenciais formados pela ação do escoamento superficial concentrado e resultado ou não do aprofundamento de sulcos pela ação do fluxo turbulento no interior desses canais, erodindo o fundo e por vezes a lateral, ampliando sua dimensão lateral por solapamento ou contribuição da existência de piping ou encontro com a zona saturada. Apresentam, portanto, maior largura e profundidade quando comparadas aos sulcos, não podendo ser desfeitas naturalmente ou pela ação de simples técnicas agrícolas.

As voçorocas são morfologias resultantes da evolução e aprofundamento de sulcos e ravinas, causados pelo escoamento superficial concentrado, em conjunto com a atuação de outros processos geomorfológicos, como os fluxos subterrâneos, a erosão interna (piping) e movimentos de massa. Nesse sentido, é uma morfologia complexa, resultante da atuação conjunta e, por vezes simultânea, de dois ou mais processos.

De acordo com a literatura consultada, os principais processos geomorfológicos responsáveis pela formação e evolução das voçorocas são: (i) o processo de erosão superficial, pelo escoamento superficial concentrado em sulcos e ravinas; (ii) a erosão interna (*piping*), por meio da abertura, evolução e colapso de túneis internos ao solo utilizados pelo fluxo subsuperficial e para transporte de materiais; (iii) a ocorrência de movimentos de massa, nas laterais do canal ou em sua cabeceira; (iv) a circulação da água subterrânea e os pontos de afloramento do lençol freático, contribuindo à presença constante de umidade e ao incremento da taxa de erosão regressiva (SELBY, 1982; COOKE; DOORNKAMP, 1990; ELORZA, 2008).

Essas morfologias apresentam, normalmente, um setor de cabeceira, que poderá assumir diferentes características morfológicas de acordo com os processos atuantes na evolução da voçoroca e das características dos materiais (EMMETT, 1968; YOUNG, 1972; SELBY, 1982); e um setor de deposição de sedimentos na porção de jusante, normalmente em leque, na confluência entre a voçoroca e o vale fluvial. No setor intermediário, a profundidade geralmente diminui em direção de jusante, enquanto a largura se amplia (EMMETT, 1968).

As voçorocas podem ser constituídas por um único canal ou constituírem conjunto de canais, por meio da atuação da erosão regressiva. Não existe uma convenção acerca das dimensões e das características da seção transversal das voçorocas, apesar de a literatura apontar as medidas de largura e profundidade como superiores a 0,3m e 0,5m, respectivamente, como parâmetro para diferenciação em relação às ravinas e sulcos; e a característica da seção transversal em vale em U ou de fundo plano, contrastando com as ravinas, com vale em V (SELBY, 1982; GUIDICINI; NIEBLE, 1984; COOKE; DOORNKAMP, 1990; GAO, 2013).

As características dos materiais são de fundamental importância na formação dessa morfologia, pois ocorre preferencialmente em solos arenosos e em material inconsolidado, no qual a propensão à erosão é amplificada diante da menor coesão entre as partículas. Pode ocorrer, também, em materiais coluvionares recentemente mobilizados e depositados por movimentos de massa, como escorregamentos (SELBY, 1982).

A cobertura vegetal também influencia na formação e evolução dessas morfologias, que ocorrem preferencialmente em terrenos com solo exposto. Ainda assim, o tipo e a densidade de vegetação são determinantes em sua ocorrência, já que a presença da vegetação reduz o efeito da erosão por salpicamento (*splash*), auxilia na infiltração e redução do escoamento superficial e fornece maior resistência ao solo pela ação das raízes.

As voçorocas podem se formar e evoluir naturalmente, mas as atividades antrópicas desempenham papel importante na aceleração da velocidade desse processo e em sua formação, ao promoverem ações que reduzam a cobertura vegetal e resultem na concentração dos fluxos, como o desmatamento, queimadas, atividades agrícolas intensivas, abertura de estradas e realização de cortes e aterros, sem a devida instalação de dispositivos de drenagem, bem como, a impermeabilização do solo e a urbanização, em especial, quando estas favorecem a concentração dos fluxos. Nesses casos, como já destacado, elas integram a categoria da erosão acelerada, que é definida pelo desequilíbrio entre as taxas de degradação

e de formação dos solos, resultante predominantemente das ações antrópicas (SELBY, 1982; COOKE; DOORNKAMP, 1990).

A combinação entre os tipos de material, a cobertura vegetal e formas de usos e ocupação da terra, influenciados pelas condições climáticas, fornecem características distintas às ravinas e voçorocas, em termos de sua forma e dos mecanismos atuantes na sua evolução.

Uma vez formadas, as voçorocas evoluem rapidamente, de forma complexa, como resultado da atuação conjunta de diferentes processos geomorfológicos, progredindo no sentido de montante. Conforme a erosão regressiva avança, também se acentua a declividade do canal, resultando no aumento da velocidade dos fluxos e, conseqüentemente, de seu poder erosivo, atuando em um feedback positivo (SELBY, 1982). Esse mecanismo faz com que o controle da erosão seja difícil, sendo preferível evitar sua ocorrência, por meio de ações preventivas, diante da complexidade da estabilização desses sistemas, tendo em vista que as causas e mecanismos atuantes em cada situação podem diferir e exigir a adoção de medidas distintas, não sendo possível traçar uma única abordagem (SELBY, 1982).

PROCESSOS E AGENTES DE TRANSPORTE

MOVIMENTO DE MASSA

Ing. Mass movement; mass wasting; Fr. Mouvement masse; mouvement de matière; Esp. Movimiento de masa, transporte en masas; Ital. Movimento di massa, disgregazione in massa, Movimenti di versante; Al. Massenabfall, Massenbewegungen

Os movimentos de massa consistem no processo físico de movimentação de um conjunto de material, seja ele de solo, rocha, rocha alterada ou material inconsolidado, por ação da força da gravidade. Essa movimentação é resultado do balanço entre duas forças atuantes nos sistemas de vertente: a resistência dos materiais e a tensão de cisalhamento, cujo desequilíbrio em favor do segundo acarreta a mobilização e deslocamento do conjunto.

Diferentes fatores podem potencializar essa movimentação, em relação à sua magnitude (potencial de dano) e frequência (ocorrência no tempo), porém a movimentação é decorrência direta da atuação da gravidade. Nesse sentido, esse processo físico pode ser designado, também, como movimento gravitacional de massa.

A água é frequentemente um agente indireto na ocorrência desse processo, já que a tensão de cisalhamento é função do conteúdo de água presente no perfil do solo, em conjunto com a força desempenhada pela gravidade e o peso dos materiais. O aumento do conteúdo de água, em decorrência da elevação do nível d'água ou da pressão exercida pela água intersticial, promove a redução da resistência dos materiais ao cisalhamento. Outros fatores favorecem, também, a redução da resistência, tais como: mudanças nas características físico-químicas dos materiais, como a redução da coesão e do atrito interno do material; e o aumento no número de discontinuidades, como diaclases e fraturas, em função da atuação do intemperismo (SELBY, 1982; HART, 1986; COOKE; DOORNKAMP, 1990).

Diante da importância da ação da água no incremento das tensões e redução da resistência, a precipitação pode ser considerada um dos principais agentes da deflagração dos movimentos de massa, sobretudo no contexto climático no qual se insere o Brasil. As atividades antrópicas podem atuar, também, como agente externo, diminuindo igualmente a resistência dos materiais ou atuando no incremento da tensão de cisalhamento. São também agentes: a ação erosiva da água e do vento, a variação de temperatura, a oscilação do nível d'água, a ação de animais, terremotos e outras vibrações, entre outros (AUGUSTO FILHO, 1995)

Dentre as causas dos movimentos de massa, promovidas pela ação conjunta de tais agentes, destacam-se: (i) a remoção de suporte basal ou lateral da vertente, pela ação fluvial e outros agentes naturais, ou por atividades antrópicas como escavações e cortes; (ii) a perda de material granular pela infiltração, movimentação e saída da água do perfil do solo; (iii) a redução dos parâmetros de resistência pela atuação do intemperismo; (iv) o aumento das tensões e a diminuição da resistência em função do aumento do nível d'água e da coluna d'água em descontinuidades e fraturas; (v) a aplicação de carga e em decorrência do excesso de peso, resultante de atividades antrópicas ou por causas naturais, como o acúmulo de gelo ou material inconsolidado em depósitos de tálus; e (iv) por vibrações naturais ou artificiais, como terremotos, explosões e passagem de veículos pesados (SELBY, 1982; COOKE; DOORNKAMP, 1990; AUGUSTO FILHO, 1995)

Trata-se de um termo amplo, genérico, que abrange um grupo de processos geomorfológicos que integram a dinâmica dos sistemas de vertente. Esses processos geomorfológicos, ou tipos de movimentos de massa, são divididos nas seguintes categorias principais: quedas, tombamentos, escorregamentos e corridas de massa (AUGUSTO FILHO, 1995; CRUDEN; VARNES, 1996; FERNANDES; AMARAL, 2000). Essa classificação, no entanto, pode diferir na literatura de acordo com o autor e a orientação metodológica adotada.

Essa classificação se baseia nos mecanismos atuantes no movimento e no material predominante envolvido, resultando em uma combinação entre os termos, de forma que o tipo de mecanismo e de material são geralmente apresentados em conjunto (p. ex. corrida de detritos). O mecanismo do movimento refere-se, basicamente, à cinemática envolvida no deslocamento do conjunto, ou seja, a forma com a qual o movimento se distribui no conjunto deslocado.

O material condiciona o tipo de movimento na medida da sua resistência às tensões que atuam no conjunto mobilizado (resistência ao cisalhamento). A importância atribuída aos materiais nas classificações de tais processos, demonstra a relevância do estudo destes como um dos tripés da geomorfologia, pois são as suas características e propriedades que permitem compreender a existência de instabilidades na paisagem e que irão colocar em marcha a ocorrência dos processos geomorfológicos (HART, 1986). Por isso, a inserção do tipo de material na terminologia utilizada para descrever o movimento de massa faz-se tão importante, e é convenção na literatura do campo (CRUDEN; VARNES, 1996; HUNGR et al., 2014).

Dentre as propriedades dos materiais que promovem a resistência ao cisalhamento, destaca-se à coesão entre as partículas. Em materiais coesos, a presença de descontinuidades, como falhas e fraturas, reduz a resistência, já que permitem a infiltração da água e a atuação do intemperismo. A quantidade, disposição e orientação dessas descontinuidades é, também, um fator importante, pois determina a circulação da água. Uma rede de descontinuidades bem desenvolvida permite a circulação da água e a redução da pressão exercida pelo acúmulo desta em um determinado ponto. Em materiais pouco coesos, como as areias, a resistência ao cisalhamento é função do atrito entre as partículas e da força da junção entre elas, resultante de sua angularidade e da densidade da consolidação, fatores que controlam o ângulo de resistência ao cisalhamento (COOKE; DOORNKAMP, 1990).

A presença de falhas, fraturas e bandamentos no material rochoso e de descontinuidades no solo constitui, portanto, importante fator condicionante dos movimentos de massa. Estas, por sua vez, em termos de sua geometria e quantidade, são condicionadas pelas características litológicas. Elas permitem a atuação do intemperismo e a circulação da água, condicionam a distribuição das poro-pressões na vertente, influenciando diretamente na sua estabilidade, e criam descontinuidades hidráulicas. A compreensão das características e disposição de tais descontinuidades podem auxiliar na compreensão do tipo de movimento de massa e na prevenção de sua ocorrência, evitando áreas com tais características e orientando a intervenção antrópica em tais locais (FERNANDES; AMARAL, 2000).

Adicionalmente alguns materiais podem sofrer uma redução na resistência ao cisalhamento em determinadas condições, como diante da presença de água no perfil de solo. Alguns minerais de argila, por exemplo, quando molhados, podem ter sua resistência muito reduzida, como é o caso da montmorillonita. As atividades de cortes e escavações nas vertentes podem contribuir ainda mais, nesses casos, permitindo a entrada de água, o aumento da pressão intersticial e a consequente redução da resistência (COOKE; DOORNKAMP, 1990).

A morfologia (forma) do movimento de massa pode ser bom guia na compreensão de suas causas e mecanismos, fornecendo indícios e atuando como uma ferramenta chave no diagnóstico dos movimentos de massa. A forma das vertentes e suas características morfométricas também são fundamentais para identificar os fatores de propensão à sua instabilidade, tais como: (i) a declividade acentuada, que apresenta relação direta com a redução da declividade; (ii) a altitude e amplitude das vertentes; e (iii) sua forma, favorecendo a concentração ou dispersão dos fluxos (COOKE; DOORNKAMP, 1990; FERNANDES; AMARAL, 2000).

A presença de vegetação e os usos da terra são, também, fatores condicionantes, já que influenciam nas taxas de infiltração ou concentração dos fluxos, e incrementando a resistência à tensão de cisalhamento (FERNANDES; AMARAL, 2000).

Cabe destacar, ainda, o papel da precipitação na deflagração dos movimentos de massa. A atuação desse agente é particularmente importante no contexto morfoclimático no qual se insere o Brasil. A precipitação contribui ao aumento do nível d'água e ao

preenchimento de fraturas e descontinuidades nas rochas e no solo, aumentando a poro-pressão e reduzindo a coesão e o atrito entre as partículas, características importantes da resistência dos materiais ao cisalhamento. Ela pode atuar como fator preparatório ou imediato na ocorrência do movimento de massa, dependendo de sua quantidade, intensidade e distribuição no tempo. Esses fatores irão influenciar, também, na tipologia do movimento de massa, como no caso das corridas de massa, que ocorrem apenas após precipitação muito abundante (AUGUSTO FILHO, 1995).

A classificação das diferentes tipologias de movimentos de massa é de grande importância na compreensão das causas desses processos, envolvendo os fatores de predisposição ou condicionantes e os fatores de desencadeamento de tais processos; bem como na análise de risco, permitindo prever sua ocorrência, em termos de sua localização e frequência, e estimar os danos associados à esta.

São fenômenos que podem ser considerados naturais, resultantes da maior força exercida pela gravidade em relação à resistência dos materiais. As atividades antrópicas, entretanto, podem incrementar sua ocorrência e seu potencial de dano, por meio, por exemplo: (i) da remoção da cobertura vegetal e exposição do solo, reduzindo a resistência ao cisalhamento exercida pelas raízes e a remoção da água do perfil do solo pela evapotranspiração; (ii) da realização de cortes e escavações nas vertentes, promovendo a perda de suporte basal; (iii) da implantação de dispositivos de drenagem mal direcionados e dimensionados, promovendo a concentração dos fluxos nas vertentes; (iv) aplicação de carga excessiva ou produção de vibrações temporárias, como explosões e tráfego de veículos pesados; e (v) ocupação de áreas suscetíveis, como vertentes potencialmente instáveis e margens de cursos d'água (HART, 1986; COOKE; DOORNKAMP, 1990; FERNANDES; AMARAL, 2000).

A escala temporal é particularmente importante na compreensão das causas desses processos geomorfológicos, sobretudo quando envolvendo a contribuição das atividades antrópicas. A deflagração do movimento de massa pode se dar anos após a realização de uma escavação ou corte na vertente, resultante da redução paulatina da resistência ao cisalhamento, até o momento do colapso.

A escala temporal é importante, também, em relação ao estado de atividade do movimento de massa, já que eles podem encontrar-se em condições de inatividade apenas quando observados sob uma perspectiva temporal mais reduzida, podendo reativar-se no futuro próximo. Nesses casos, as variáveis morfológicas e morfométricas (relativas à forma) são particularmente importantes, pois permitem distinguir locais objeto de movimentos passados já estabilizados e locais potencialmente instáveis. Também a vegetação e a rede de drenagem podem ser importantes indicadores (COOKE; DOORNKAMP, 1990).

Os movimentos de massa são agentes importantes no processo de denudação e evolução do relevo, ou seja, no esculpuração da paisagem (HUTCHINSON, 1968; SELBY, 1982; CRUDEN; VARNES, 1996). Assim, apesar de serem frequentemente abordados como um campo próprio da geomorfologia, os movimentos de massa também integram o conjunto da erosão, cujos processos são responsáveis pela esculpuração do relevo, ainda que, nesse caso,

o agente principal seja a força da gravidade, em contraposição com os processos erosivos pluviais.

Sua compreensão enquanto campo independente da geomorfologia, ou como parte integrante do conjunto dos processos erosivos, depende do nível de abrangência adotado, se concebido do ponto de vista de toda a geomorfologia, do conjunto de processos que integram o sistema de vertente ou do ponto de vista dos processos geomorfológicos sob influência direta da gravidade. Este último costuma ser adotado com fins práticos, no âmbito da aplicação.

QUEDAS DE BLOCOS

Ing. Fall; Fr. Éboulement, chutes de pierres; Esp. Desprendimientos, caídas de rocas; Ital. Crollo; Al. Fallen, Steinschlag

As quedas se caracterizam pelo desprendimento e deslocamento de material, comumente de rocha, rocha intemperizada ou solo, em vertentes de grande declividade, como resultado da ação da gravidade. Tal deslocamento pode ocorrer em queda livre, usualmente em vertentes com declividades muito acentuadas (acima de 45°) ou por saltos e posterior rolamento, normalmente em vertentes com declividade abaixo de 45° e como resultado de eventual perda de apoio do bloco (SELBY, 1982).

Em contato com a vertente ou com obstáculos, o material pode se fragmentar, até que o deslocamento cesse em área mais plana ou em algum obstáculo. De qualquer forma, independentemente de sua fragmentação, ocorre pouca deformação interna do material durante o processo de queda (DIKAU, 2004; IPT; CPRM, 2014; TOMINAGA, 2015a). Podem envolver um único bloco (matação), de dimensões variadas, um conjunto de blocos ou fragmentos de blocos.

O desprendimento é favorecido pela presença de fraturas, linhas de fraqueza e descontinuidades no material, que permitem a entrada e circulação da água, a atuação do intemperismo e reduzem sua resistência. A quantidade, dimensões e a orientação das fraturas são, portanto, importantes condicionantes ao movimento. Além da atuação do intemperismo nessas linhas preferenciais, a ação dos ciclos de ressecamento e encharcamento, e gelo e degelo também são fatores de preparatórios (SELBY, 1982; DIKAU, 2004; IPT; CPRM, 2014).

São, ainda, fatores de predisposição: a orientação e a declividade da vertente; a direção e mergulho das camadas rochosas; e a presença de cobertura vegetal. Esta é particularmente importante, pois sua existência favorece a interceptação da água da chuva e maior resistência associada à ação das raízes. A vegetação atua, também, no equilíbrio da temperatura, reduzindo oscilações térmicas, que podem contribuir ao movimento (DIKAU, 2004; TOMINAGA, 2015a).

Dentre os fatores de deflagração do movimento, destacam-se a perda de suporte pela remoção de material na base da vertente em função da ação fluvial, marinha ou resultado de intervenções antrópicas, como cortes; a ocorrência de vibrações, como terremotos ou

explosões; e precipitação intensa (SELBY, 1982; COQUE, 1984; DIKAU, 2004; IPT; CPRM, 2014; TOMINAGA, 2015a).

As quedas podem ocorrer em todas as escalas espaciais, ou seja, envolvendo área maior ou com dimensão reduzida, e são geralmente bastante rápidas (AUGUSTO FILHO, 1995; BIERMAN; MONTGOMERY, 2014). Sua velocidade irá, no entanto, variar com base em diferentes fatores, dentre os quais destacam-se a declividade da vertente, sua rugosidade e as características do material (forma e dimensão), influenciando também na trajetória e alcance do material mobilizado (COQUE, 1984; IPT; CPRM, 2014).

Já os tombamentos, que na literatura brasileira, integram a categoria de quedas de blocos, se caracterizam pelo deslocamento de uma coluna de material rochoso ou de solo, a transferência de seu peso para uma base mais estreita, composta por material menos resistente, e sua posterior rotação em torno de um eixo, em direção para fora da vertente (Figura-Apêndice 1). Esta coluna pode, posteriormente, colapsar quando ocorrer a perda de sustentação ou tensão suficiente, porém o movimento não envolve necessariamente o colapso (CRUDEN; VARNES, 1996; DIKAU, 2004).

Figura-Apêndice 1 - Bloco diagrama de tombamentos e quedas



Fonte: Retirado e adaptado de Bierman e Montgomery (2014), Cruden e Varnes (1996) e Cooke e Doornkamp (1990)

Como nas quedas, também a presença de fraturas, linhas de fraqueza e discontinuidades condicionam a sua ocorrência, já que fornecem locais preferenciais para entrada e circulação de água, e atuação do intemperismo. Dentre as causas do movimento, destacam-se igualmente: os ciclos de ressecamento e encharcamento; a ação do intemperismo; e a remoção progressiva de material da base da vertente, causando descompressão suficiente para a formação de rachaduras e início do movimento. A pressão exercida pela água nessas rachaduras e, em especial, na base do conjunto deslocado pode levar ao seu posterior colapso (DIKAU, 2004).

Além da cinemática do movimento, os tombamentos distinguem-se, também, das quedas em relação à sua velocidade, que tende a ser mais devagar, ainda que esse processo possa evoluir para outro tipo de movimento de massa, como um escorregamento, e adquirir conseqüentemente maior velocidade (COOKE; DOORNKAMP, 1990; DIKAU, 2004).

ESCORREGAMENTO

Ing. Slide; Fr. Glissement; Esp. Deslizamiento; Ital. Scivolamento di terreno, Al. Rutschen, gleiten

Os escorregamentos consistem na movimentação de material, seja ele rocha, rocha alterada ou solo, em direção à base e para fora da vertente, como resultado da atuação da gravidade. Possuem, em geral, superfícies de ruptura bem definidas e visíveis, que podem apresentar-se em diferentes números, tipos e morfologias, dando origem a classificações distintas de tipologias de escorregamento. É um movimento de massa geralmente rápido, ainda que sua velocidade irá variar com as características morfológicas e morfométricas da vertente, como a declividade, altura e forma, assim como as características do material envolvido.

Apesar da gravidade ser o principal agente, a água desempenha um papel fundamental em sua deflagração, pois atua na diminuição da resistência ao cisalhamento pelos materiais, ao reduzir sua coesão e seu atrito interno em situações de saturação, mas também exercendo pressões hidrostáticas e hidrodinâmicas em discontinuidades geológicas existentes nos materiais, como falhas e fraturas. A água contribui, também, ao incremento do peso específico dos materiais, resultando em sobrecarga no setor com instabilidade (YOUNG, 1972; SELBY, 1982).

Nesse sentido, a precipitação desempenha um papel importante na deflagração desses processos, por meio da infiltração da água da chuva no perfil do solo e da altura do nível freático, mas também proveniente de vazamentos de tubulações e problemas em dispositivos de drenagem, que podem desempenhar importante papel (YOUNG, 1972; SELBY, 1982; FORNASARI FILHO/IPT, 1992; HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008).

Além da ação da água, outros fatores são, também, importantes no desencadeamento desse processo: a perda de sustentação da base da vertente, como resultado da erosão ou por ações antrópicas, como cortes e escavações; e a ocorrência de vibrações, por explosões ou abalos sísmicos (SELBY, 1982; CROZIER, 2004b; ELORZA, 2008).

A principal classificação existente na literatura distingue entre os escorregamentos rotacionais e os translacionais (SELBY, 1982; CRUDEN; VARNES, 1996). Os primeiros se caracterizam pela movimentação do material por superfícies de ruptura bem definidas em formato côncavo para cima, semelhante ao formato de uma colher. Durante o movimento, o material rotaciona e pode se fragmentar em blocos, de forma que os topos destes ficam inclinados para trás em direção de montante, formando patamares ou até mesmo superfícies com a declividade no sentido contrário (Figura-Apêndice 2). Nesses locais, pode ocorrer o acúmulo de água, que pode promover a continuidade do movimento. Apesar dessa fragmentação do material, ocorre pouca deformação interna. No cume, próximo à escarpa principal, o movimento é quase vertical, cedendo em direção à base (YOUNG, 1972; SELBY, 1982; DIKAU, 2004; ELORZA, 2008).

Figura-Apêndice 2 - Bloco diagrama de escorregamento rotacional e translacional



Fonte: Retirado e adaptado de Bierman & Montgomery (2014)

Os escorregamentos rotacionais ocorrem preferencialmente em materiais homogêneos e solos espessos, contendo grande quantidade de falhas, fraturas e outras descontinuidades. Sua ocorrência é favorecida, também, em aterros antropogênicos (CRUDEN; VARNES, 1996; HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008; TOMINAGA, 2015a). Os escorregamentos rotacionais podem, ainda, evoluir regressiva e lateralmente, e de forma contínua, caso ocorra a presença de água no perfil do solo e conforme as características dos materiais, até que a vertente adquira menor declividade e a estabilidade seja restaurada (SELBY, 1982; CRUDEN; VARNES, 1996).

Sua velocidade pode variar de rápida a muito devagar, ao longo de dias, e podem ocorrer individualmente ou em conjunto, sobretudo quando articulados e promovendo a desestabilização da vertente em cadeia, podendo coalescer e formar um único complexo. Podem, ainda, ser frequentemente reativados, principalmente em função da perda de suporte basal pela erosão fluvial (SELBY, 1982; BIERMAN; MONTGOMERY, 2014).

Os escorregamentos translacionais, por sua vez, se caracterizam pelo deslocamento do material sobre um plano, ou seja, com superfície de ruptura não circular e praticamente sem rotação do material, seguindo preferencialmente fraturas e descontinuidades pré-existentes. Ocorrem normalmente na camada mais superficial, de 0,5 a 5,0 metros de profundidade, com pouca inclinação para trás, mas podem atingir maiores extensões caso a declividade da vertente seja mais acentuada (SELBY, 1982; COQUE, 1984; CRUDEN; VARNES, 1996; DIKAU, 2004; TOMINAGA, 2015a).

São os movimentos de massa mais comuns e a probabilidade de sua ocorrência é maior logo após episódios de chuva intensa e com duração suficiente para aumentar rapidamente o nível d'água, preencher fraturas e descontinuidades e resultar no aumento da pressão

hidrostática (SELBY, 1982). Podem ser rápidos ou mais lentos, dependendo das características do material e da umidade presente (BIERMAN; MONTGOMERY, 2014)

Na literatura brasileira há ainda a designação dos escorregamentos em cunha, caracterizados pela existência de dois planos de fraqueza que se interseccionam, resultando no deslocamento do material no formato de um prisma ao longo do eixo de intersecção. Ocorrem em relevos com forte controle estrutural, normalmente em maciços rochosos alterados ou em cortes por estradas (AUGUSTO FILHO, 1992, 1995; TOMINAGA, 2015a).

Os escorregamentos podem evoluir para outros movimentos de massa, como as corridas, diante da quantidade de água presente nos materiais ou de seu aumento ao longo do trajeto, ao percorrer o leito de um canal fluvial, por exemplo (SELBY, 1982; HUNGR; LEROUEIL; PICARELLI, 2014; TOMINAGA, 2015a). A diferenciação entre essas duas tipologias de movimento de massa pode ser realizada com base na quantidade de água envolvida e na deformação interna dos materiais deslocados, já que no caso das corridas o material se comporta como um fluido (SELBY, 1982).

Outro aspecto importante é que o conjunto de materiais deslocado pelos escorregamentos pode represar um curso d'água, dando origem a um novo risco geomorfológico, associado à inundação abrupta à jusante, caso tal barramento natural se rompa. Tal situação é muito destacada na literatura, por ser de comum ocorrência (DIKAU, 2004; HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008; HUNGR; LEROUEIL; PICARELLI, 2014).

CORRIDAS DE MASSA

Ing. Flow; Fr. Éboulement, Coulée; Esp. Colada, flujos; Ital. Colata; Al. Fliessen, murgang

As corridas são movimentos de massa caracterizados pela movimentação espacialmente contínua do material, com velocidades e comportamento que se assemelham a movimentação de uma solução viscosa ou líquida.

A liquefação é a principal causa da formação das corridas, resultante da presença de água em excesso na vertente, ocasionando a perda do atrito interno e da coesão dos materiais, em virtude da destruição de sua estrutura; ou em decorrência de vibrações produzidas naturalmente, como em terremotos, ou artificialmente, como por explosões e estacamento em obras civis (SELBY, 1982; GUIDICINI; NIEBLE, 1984; ELORZA, 2008).

Nesse sentido, a disponibilidade de água é de fundamental importância, de forma que sua ocorrência está normalmente atrelada a episódios de precipitação intensa ou contínua, em quantidade suficiente para encharcamento do solo, que atua como fator de deflagração do movimento. Em seu trajeto, o conjunto deslocado pode adentrar um canal fluvial ou fluxo preferencial de água preexistente, adquirindo maior quantidade de água e material, por meio da erosão dos leitos e das margens do canal. Nesses casos, o volume e a velocidade do movimento são incrementados, bem como a magnitude deste processo e, conseqüentemente, os danos causados por ele (CRUDEN; VARNES, 1996; HUNGR; LEROUEIL; PICARELLI, 2014; TOMINAGA, 2015a).

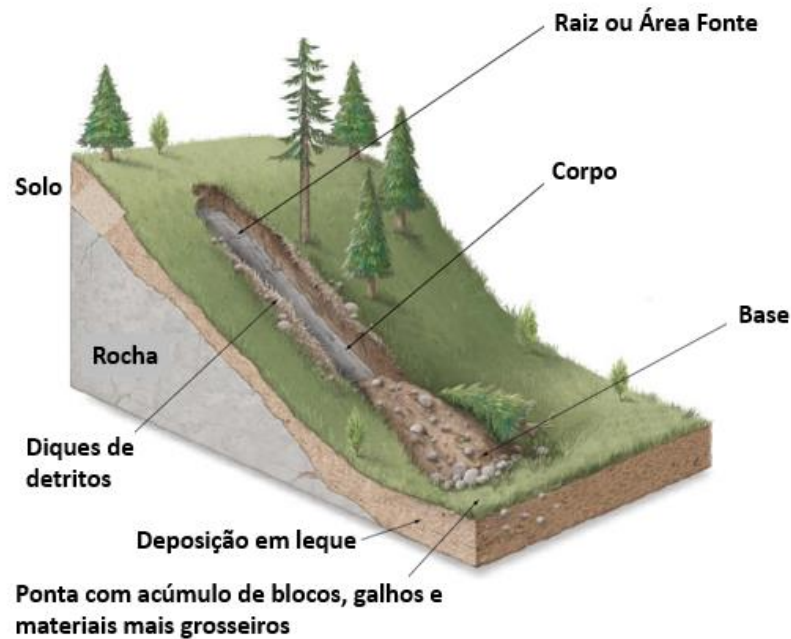
Podem ser geradas, também, a partir de escorregamentos, tendo como distinção a maior quantidade de água, a perda de coesão do material, a alta taxa de deslocamento e a grande deformação interna da massa mobilizada durante a ocorrência do processo.

As características dos materiais envolvidos atuam como fator de predisposição à sua ocorrência, sobretudo em relação às suas propriedades, que lhe conferem maior ou menor resistência e condicionam sua deformação quando sob pressão. Dentre as características, destacam-se a porcentagem de minerais de argila presentes no solo, o limite de liquidez e o índice de plasticidade, propriedades que influenciam diretamente no atrito interno dos materiais e, portanto, em sua resistência (SELBY, 1982).

Nessa tipologia de movimento, as características dos materiais apresentam maior importância enquanto fatores de predisposição do que a declividade das vertentes, já que as corridas podem ocorrer em vertentes menos acentuadas. Ainda assim, a morfologia das vertentes contribui à sua ocorrência, preferencialmente nos setores côncavos, caracterizados pela concentração dos fluxos do escoamento superficial e de subsuperfície. A cobertura vegetal atua, também, na predisposição e deflagração do movimento, em função de seu papel na interceptação da chuva, na transpiração e no aumento da resistência dos materiais pela ação de raízes. Sua remoção pode atuar como um fator de deflagração (SELBY, 1982; GUIDICINI; NIEBLE, 1984).

Diante de suas características e dos mecanismos atuantes, as corridas podem ser divididas em três setores: a raiz, onde o movimento de inicia, normalmente associado à ocorrência de escorregamento; o corpo, ao longo do qual ocorre o deslocamento do material; e a base, onde ocorre a sua deposição (Figura-Apêndice 3). O trajeto se assemelha a um formato de língua. Quando a corrida percorre um canal fluvial ou fluxo preferencial de água, ela erode suas margens e fundo, obtendo maior quantidade de materiais e água, mas também deposita materiais de mais grosseiros ao longo das margens, formando diques (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; BIERMAN; MONTGOMERY, 2014).

Figura-Apêndice 3 - Bloco diagrama de corrida de massa



Fonte: Retirado e adaptado de Bierman e Montgomery (2014)

A deposição dos materiais irá ocorrer em áreas planas à jusante, formando leques, normalmente de alta declividade e com a granulometria invertida, ou seja, os blocos rochosos e materiais de maior dimensão são depositados mais próximos à superfície e à frente da área de deposição, ao passo que os materiais mais finos ficam sobrepostos por estes. Isso ocorre em função das características do fluxo em deslocamento, cuja densidade e viscosidade, em conjunto com as forças atuantes de dispersão e empuxo, permitem que os blocos, galhos e materiais mais grosseiros sejam transportados suspensos no fluxo.

É comum que a deposição do material ocorra em diversas frentes já que durante a movimentação podem se formar pequenas barragens naturais com os materiais depositados. Assim, as corridas de massa podem apresentar caráter cíclico, com a possibilidade de reativação e remobilização do material (CRUDEN; VARNES, 1996; HUNGR; LEROUEIL; PICARELLI, 2014).

O material transportado apresenta, usualmente, grande diversidade, envolvendo solo, blocos rochosos de dimensões variadas e troncos de árvores, coletados durante a movimentação do conjunto. Diante do grande conteúdo de água e sua possível movimentação em um canal fluvial, as corridas de massa estão normalmente associadas a processos de inundação após a ocorrência do movimento (CRUDEN; VARNES, 1996; HUNGR; LEROUEIL; PICARELLI, 2014; IPT; CPRM, 2014; TOMINAGA, 2015a).

Assim como os demais movimentos de massa, as corridas também apresentam subtipos, variando conforme a classificação adotada. Na literatura, as classificações variam em função do material predominante e, sobretudo, da proporção entre a quantidade de água e o volume de material sólido, dando origem à diferentes termos, como: corrida de detritos e corrida de lama, na literatura brasileira (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; TOMINAGA, 2015a). Os diferentes tipos estão relacionados, também, às velocidades adquiridas pelo conjunto

deslocado, que pode movimentar-se mais vagarosamente (m/ano) ou rapidamente (km/h ou m/s), resultando nesse último caso em maiores danos (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; CRUDEN; VARNES, 1996).

DESLIZAMENTO

Ing. Landslide; Fr. Glissement, glissement de terrain, glissement de terre; Esp. Deslizamiento, deslizamiento de terreno; Ital. Scivolamento di terreno, frana, Al. Bergstürze, erdrutsch

O termo deslizamento é um termo genérico, que designa a movimentação para baixo e para fora da vertente de um conjunto de materiais, seja ele de solo, rocha, solo e rocha, ou material intemperizado, por ação da gravidade. Outros agentes contribuem, também, à sua ocorrência, em especial a ação da água, que atua na redução da resistência dos materiais e aumento das tensões responsáveis pela movimentação. Porém, o agente principal é a gravidade.

As características dos materiais conferem maior ou menor predisposição à instabilidade e movimento da vertente, sobretudo o estado de intemperização, a existência e disposição de falhas, fraturas e descontinuidades nas rochas; a coesão, a estrutura e composição mineralógica do solo. Outros fatores de predisposição, nesse caso externos, referem-se às características da cobertura vegetal ou uso da terra e o contexto climático, favorecendo episódios de precipitação mais intensa e de maior duração (SELBY, 1982; AUGUSTO FILHO, 1995; CROZIER, 2004b).

A precipitação integra, também, o conjunto de fatores preparatórios ao movimento, promovendo o intemperismo e a saturação do solo; e o conjunto de fatores de deflagração, quando em intensidade e duração suficientes para elevar o nível d'água e a coluna d'água presente nas fraturas, aumentando as tensões, e por outro lado, reduzindo a resistência dos materiais, em função da ação da água (SELBY, 1982; AUGUSTO FILHO, 1995).

São, também, fatores de deflagração: a perda de sustentação basal da vertente, por erosão fluvial ou marinha; a execução de cortes e escavações mal dimensionados; os efeitos de vibrações, como abalos sísmicos, explosões ou a circulação de veículos pesados (SELBY, 1982; COOKE; DOORNKAMP, 1990; AUGUSTO FILHO, 1995; CROZIER, 2004b).

As atividades antrópicas integram o conjunto de fatores preparatórios e de deflagração, em decorrência da remoção da cobertura vegetal e da realização de atividades que promovam distúrbios nas vertentes, como mudanças em sua morfologia e remoção de material de sua base. As diferentes modalidades de intervenção antrópica são responsáveis, ainda, pela criação de novas morfologias (formas), em geral complexas, onde atuam variáveis naturais e antrópicas simultaneamente.

O caso do escorregamento rotacional ocorrido na Favela Nova República, em outubro de 1989, é ilustrativo dessa situação. O movimento mobilizou, predominantemente, material tecnogênico (incluindo entulho de construção civil e lixo) proveniente de aterro implantado ilegalmente durante cerca de cinco anos no local, resultante da urbanização do entorno. O

aterro fora desenvolvido sob anfiteatro de nascentes com concavidade acentuada em planta e em perfil, caracterizando local preferencial de concentração dos fluxos, mas também de contato entre os remanescentes dos pacotes sedimentares do Terciário e o embasamento cristalino (RODRIGUES, 2010b).

Como comprovou-se posteriormente em estudo conduzido pelo IPT, a deflagração do movimento não ocorreu em função de evento de chuva intensa na data ou nos dias que antecederam o ocorrido, como é característico dos escorregamentos rotacionais, mas em função do rompimento de adutora de abastecimento público. Ao movimentar-se pelas descontinuidades de permeabilidade existentes entre os dois materiais (tecnogênicos e originais justapostos) a água reduziu sua coesão interna, detonando o movimento, que resultou no soterramento de habitações existentes na base da vertente. O caso demonstrou a importância das novas morfologias e dos materiais tecnogênicos resultantes de atividades antrópicas, em especial urbanas, no desencadeamento de movimentos de massa de caráter complexo, envolvendo novos agentes e mecanismos (RODRIGUES, 2010b).

A compreensão das características dos movimentos de massa, em especial, dos materiais envolvidos, dos mecanismos operantes e da velocidade de deslocamento, permite sua classificação em uma das tipologias que integram esse conjunto de processos geomorfológicos. Adicionalmente, a compreensão do modo de deformação do material durante o evento, a geometria do conjunto deslocado e o conteúdo de água, auxiliar a distinguir entre os diferentes tipos (SELBY, 1982).

Por ser um termo genérico, a definição de “deslizamento” não se preocupa com a explicação da gênese do movimento, não fazendo distinção sobre o tipo de material envolvido, o mecanismo atuante na movimentação e suas características, bem como, sua velocidade de deslocamento. Recomenda-se, portanto, sua utilização restrita apenas a tais situações, nas quais não se sabe o tipo de material e mecanismos envolvidos, bem como a velocidade de sua ocorrência.

Tal utilização é especialmente importante no contexto das ações judiciais envolvendo o meio físico, já que na maioria das vezes, tais características serão objeto de posterior investigação no laudo pericial e em relatórios técnicos, e possivelmente ficarão restritas a tais documentos. Nesse sentido, recomenda-se a utilização do termo “deslizamento” nas demais peças judiciais, como nas petições iniciais, contestações, memoriais, peças recursais, sentenças e decisões.

DESMORONAMENTO E DESABAMENTO

Os termos “desmoronamento” e “desabamento” possuem um sentido genérico associado à ocorrência de colapsos em intervenções antrópicas, como edificações, galpões industriais e estruturas lineares, envolvendo, em geral, material antropogênico.

Enquanto definição genérica, a utilização desses termos não envolve o detalhamento dos mecanismos operantes e das características dos materiais envolvidos, dificultando a compreensão de suas causas. Seu caráter generalista permite que tais termos englobem uma

série de fenômenos distintos, dificultando a realização de perícias para determinar suas causas, responsabilidades e medidas de prevenção e mitigação dos danos. Não é, portanto, recomendada a utilização dessa terminologia no meio acadêmico e técnico, principalmente no âmbito de perícias ambientais.

A própria ausência desses dois termos na literatura, conforme verificado, está relacionada a sua baixa utilização no âmbito técnico, que prefere o emprego dos termos “deslizamento” e “movimento de massa” em contextos mais gerais, ou o detalhamento de sua tipologia.

Outro fator que motiva a substituição dos termos “desmoronamento” e “desabamento” por termos mais específicos, como “movimento de massa”, refere-se ao enquadramento de ambos como tipos penais no Código Penal (BRASIL, 1941), conforme o Artigo 256 (ato de causar desabamento ou desmoronamento).

Sua inclusão, além de suscitar a responsabilização penal, demonstra que se tratam de ações que afetam o patrimônio e podem resultar na lesão de pessoas, de forma que sua definição está atrelada às consequências direta à sociedade, como o colapso de uma edificação, por problemas em sua estrutura ou em função de uma movimentação de terra mal executada. Nesse sentido, esses termos podem ou não estar relacionados a ocorrência de um movimento de massa, porém designam as consequências deste e não as causas e mecanismos atuantes.

SUBSIDÊNCIA E RECALQUE

Recalque: Ing. Settlement, consolidation; Fr. Affaissement, compactage; Esp. Asentamiento; Ital. Compattazione; Al. Absenkung, Verdichtung

A subsidência consiste no movimento vertical descendente da superfície como resposta à ocorrência de processos diversos abaixo desta, naturais ou resultantes de atividades antrópicas. O rebaixamento da superfície é uma resposta ao incremento das forças atuantes nos materiais, à redução da resistência realizada por estes ou uma somatória de ambos. As forças atuantes consistem na força gravitacional, exercida pelo peso dos materiais sobrepostos, e a atuação da água intersticial, exercendo pressão entre os grãos dos sedimentos (COOKE; DOORNKAMP, 1990).

Nesse sentido, as características dos materiais atuam como principais fatores de predisposição à ocorrência do movimento, que pode ser lento ou gradual, dependendo de tais características. São importantes as seguintes propriedades: a compressibilidade do material, sua permeabilidade, seu comportamento elástico (permite que o material retorne ou não ao seu estado original após a compressão), o grau de saturação, a quantidade de minerais de argila e a porosidade do material. Essa última é especialmente importante, já que o rebaixamento ocorre reduzindo a proporção de vazios no solo e promovendo mudanças em suas propriedades (COOKE; DOORNKAMP, 1990).

Além das características dos materiais, são fatores igualmente importantes na predisposição e deflagração desse processo: a quantidade total de força aplicada, sua duração e frequência (COOKE; DOORNKAMP, 1990).

Dentre as causas naturais, destacam-se: (i) a dissolução de rochas carbonáticas; (ii) a erosão interna e o desenvolvimento do processo de *piping*; (iii) a ação do próprio peso exercido pelas camadas de sedimento; (iv) a atividade vulcânica e deformações tectônica; (v) o derretimento da camada de permafrost; e (vi) ocorrência de vibrações, produzidas por terremotos (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; COOKE; DOORNKAMP, 1990).

As atividades antrópicas podem gerar ou acelerar o processo de subsidência, por meio: (i) da extração de quantidades elevadas de água subterrânea, óleo e gás; (ii) a aplicação de grande carga por edificações e estruturas; (iii) vibrações, produzidas por explosões, por exemplo (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; COOKE; DOORNKAMP, 1990)

O movimento pode ser brusco, caracterizando os colapsos, ou gradativo, dependendo das causas, das características dos materiais e da atuação de outros fatores que podem contribuir no aumento da velocidade, como o vazamento de dutos da rede coletora de água. Alguns sinais de sua ocorrência podem ser observados, permitindo a adoção de medidas de contenção e mitigação, como o surgimento de rachaduras, vidros quebrados, portas emperradas, canos rompidos e pisos colapsados em edificações, e depressões, fissuras e áreas permanentemente alagadas em áreas rurais ou mais afastadas.

Os danos associados a este processo geomorfológico podem ser significativos às edificações e estruturas antrópicas, quando em áreas habitadas, promovendo rupturas nas redes de abastecimento e em redes de irrigação, fissuras e abatimentos em rodovias, mudanças nas condições da rede de drenagem superficial, condenando prédios e estruturas e aumentando a suscetibilidade a inundações.

O rebaixamento vertical de edificações e demais estruturas em resposta ao adensamento e compactação do solo é denominado de recalque (Figura-Apêndice 4). Esse efeito ocorre igualmente em decorrência da aplicação de peso sobre esses materiais ou pela ação de outros agentes, antropogênicos e naturais. Como descrito em relação ao conceito de subsidência, os recalques nas edificações e estruturas podem ser provocados pelo rebaixamento do solo em decorrência: (i) da extração de água subterrânea, óleo, carvão, sal, gás ou outros recursos minerais por atividades antrópicas; (ii) o rebaixamento generalizado do lençol freático; (iii) remoção do confinamento lateral por escavações nas proximidades; e (iv) pela ação do próprio peso aplicado (COOKE; DOORNKAMP, 1990; MENDES, 2015).

Figura-Apêndice 4 - Exemplo de recalque em edifícios na cidade de Santos - SP

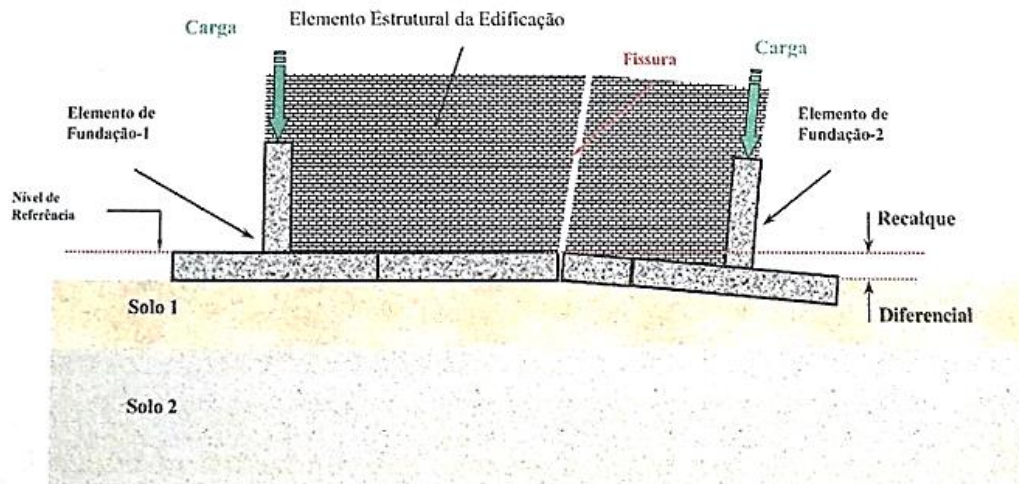


Fonte: Retirado de Mendes (2015)

As características dos materiais são fatores fundamentais na predisposição do solo ao recalque, tal qual citado em relação ao processo de subsidência, dentre os quais destaca-se a porosidade. A água atua como principal agente de deflagração, em conjunto com o peso aplicado, pois promove o rompimento das ligações entre as partículas do solo, que conferiam resistência aos materiais. A água pode ser proveniente da infiltração da precipitação no solo, mas também do rompimento e vazamento de dutos (COOKE; DOORNKAMP, 1990; MENDES, 2015).

Pode igualmente ocorrer de maneira brusca ou gradual, dependendo das características do solo e da quantidade de peso aplicado, assim como o tempo de estabilização da superfície afetada. Dentre os danos resultantes do recalque de edificações e estruturas, destaca-se a formação de rachaduras, superfícies inclinadas, vidros quebrados e, em última instância, edificações condenadas. A movimentação desigual em uma mesma edificação, rebaixada em um local e não em sua totalidade, é denominada recalque diferencial, cuja manifestação em superfície é geralmente através de rachaduras e trincas no limite entre a área rebaixada e a não movimentada (Figura-Apêndice 5)(COOKE; DOORNKAMP, 1990; MENDES, 2015).

Figura-Apêndice 5 - Esquema ilustrativo de recalque diferencial



Fonte: Retirado de Mendes (2015)

Nesse sentido, o termo “recalque” está inserido no conceito de subsidência, mais abrangente, enquanto resposta das edificações e infraestruturas à movimentação descendente da superfície, em função do processo de subsidência (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; COOKE; DOORNKAMP, 1990).

SOLAPAMENTO

Ing. Bank undermining, slope undermining; Fr. Effondrement; Esp. Socavación basal; Ital. Erosione spondale, erosione degli argini; Al. Ufererosion

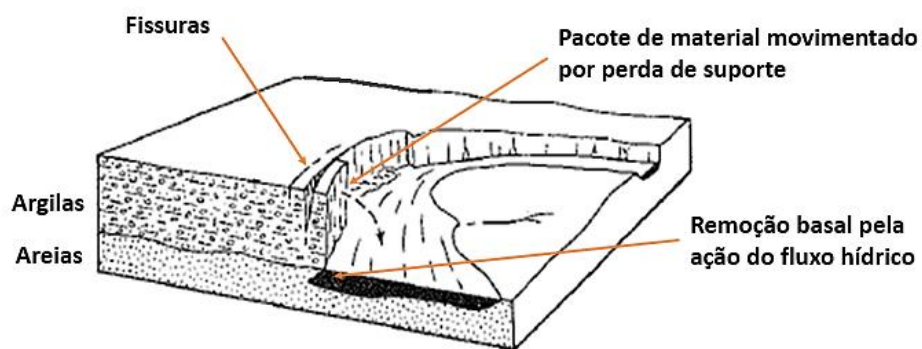
O solapamento é o movimento descendente ou de queda do material em decorrência da perda de sustentação deste pela remoção de sua base, como resultado predominantemente da ação da água. Trata-se, portanto, de processo resultante da atuação conjunta da ação erosiva da água e da gravidade. Outros agentes contribuem, também, à sua ocorrência, como o vento, promovendo a formação de ondas no mar e em reservatórios, e sua atuação no enfraquecimento e remoção do material. Ocorre comumente em margens de curso d'água, de reservatórios e lagos, ao longo da costa em falésias e em bases de vertentes, de forma que a utilização desse termo deve ser seguida da especificação acerca do sistema afetado (ex. solapamento de margem de curso d'água, solapamento de margem de reservatório).

O principal mecanismo atuante consiste na criação de vazio na base do canal fluvial ou da vertente, em decorrência da remoção de pacote de material menos coeso pela ação da água, posta em movimento pelo fluxo hídrico no canal fluvial ou pela ação mecânica realizada pelas ondas. Diante da remoção do suporte basal e da atuação da gravidade, o sedimento sofre uma queda.

Apesar de ser mais utilizado em relação ao contexto do canal fluvial, o solapamento pode ser verificado enquanto mecanismo em outros sistemas, como nas vertentes, em lagos e reservatórios e em falésias.

Nas margens dos canais fluviais, o solapamento resulta da atuação simultânea da erosão fluvial, exercida pelo fluxo hídrico, e os movimentos de massa, em decorrência da ação gravitacional. A ação erosiva realizada pelo fluxo hídrico se dá por meio da corrosão lateral, ação abrasiva realizada pelo material transportado pelo fluxo fluvial em relação à parede e leito do canal e entre as próprias partículas. Esse processo promove a remoção dos materiais da base das margens, criando um vazio e reduzindo sua estabilidade. A ação gravitacional, principal força atuante na deflagração dos movimentos de massa, resulta na queda da porção erodida da margem, cuja base perdeu parte de sua sustentação (PANIZZA, 1996; LAWLER, 2004; CUNHA, 2009)(Figura-Apêndice 6).

Figura-Apêndice 6 - Bloco diagrama de solapamento de margem de canal fluvial

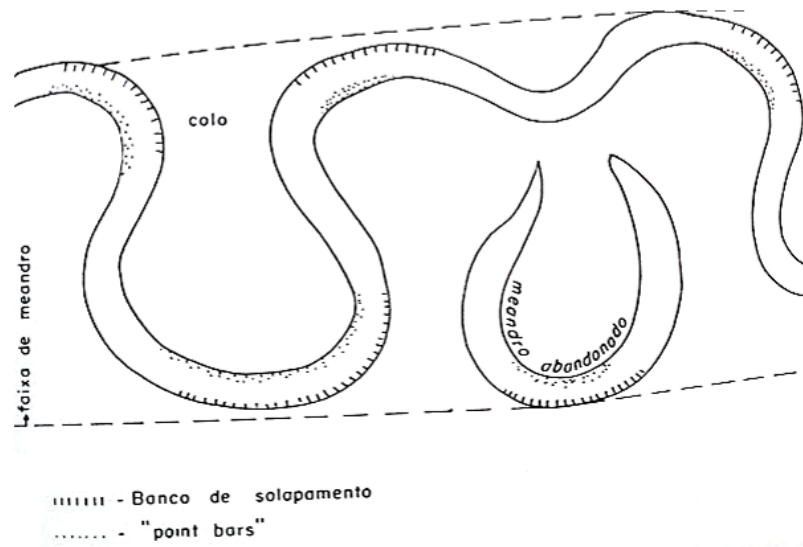


Fonte: Retirado e adaptado de Cruden e Varnes (1996)

A declividade acentuada das margens, as características dos materiais, em especial a coesão, e a pressão exercida pela água intersticial, são os principais fatores de predisposição e deflagração do solapamento das margens (LAWLER, 2004). A magnitude e frequência de eventos de cheia e inundação também são fatores importantes na compreensão desse processo geomorfológico, já que condicionam as taxas de erosão, transporte e deposição de sedimentos nos sistemas fluviais. Os períodos de cheia favorecem o solapamento das margens, diante do aumento da velocidade do fluxo, decorrente da maior vazão (MORISAWA, 1968; HART, 1986; COOKE; DOORNKAMP, 1990; PANIZZA, 1996).

O solapamento das margens dos canais fluviais integra o conjunto de processos responsáveis pela migração lateral do canal, denominada também de avulsão, contribuindo à evolução do cinturão meândrico. Nos canais meândricos ele irá ocorrer preferencialmente nas margens côncavas, onde predominam os processos de remoção dos materiais diante da maior velocidade e turbulência do fluxo hídrico (CHRISTOFOLETTI, 1974)(Figura-Apêndice 7 e Figura-Apêndice 8).

Figura-Apêndice 7 - Nomenclatura dos canais meândricos e locais preferenciais de solapamento



Fonte: Retirado de Christofolletti (1974)

Figura-Apêndice 8 - Exemplos de solapamento em margem côncava de canal fluvial, em dois trechos do rio Ribeira de Iguape



Fonte: Elaborado e fotografado pela autora

Enquanto mecanismo similar, a ação mecânica exercida pelas ondas do mar, resulta na formação de falésias. Estas são formadas pela remoção de pacotes de materiais na base das vertentes, promovida pelas ondas, resultando em sua queda livre diante da perda de sustentação das camadas superiores. As ondas geradas em reservatórios e lagos podem realizar ação semelhante e resultar no solapamento das margens desses sistemas.

CHEIA

Ing. Flood; Fr. Crue; Esp. Crecida, avenida; Ital. Piena; Al. Hochwasser

A cheia consiste na elevação do nível d'água do canal fluvial, diante do incremento na sua vazão, sem, porém, que este supere as margens plenas que delimitam o canal, ou seja,

sem transbordá-lo. O processo pode ocorrer de forma gradual ou não, ocorrendo com frequência, anualmente.

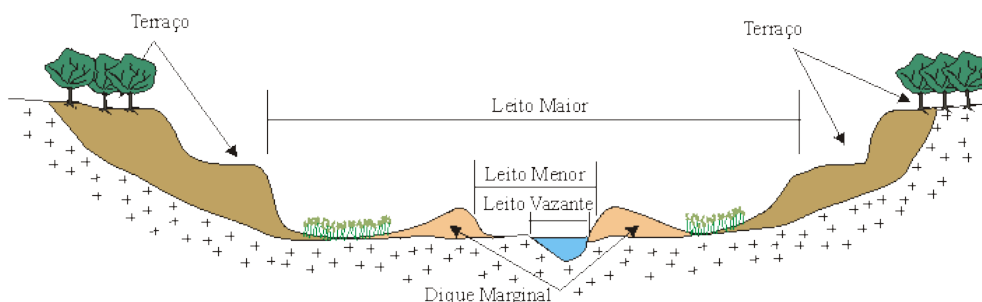
A cheia é resultante do aumento da quantidade de água no canal fluvial, expressa pelo volume transportado por esse agente, por meio do parâmetro da vazão fluvial. Tal parâmetro é função da velocidade do escoamento multiplicado pela área da seção transversal, dada em volume por unidade de tempo, usualmente em m^3/s . O aumento da vazão em eventos de cheia está normalmente associado à ocorrência de precipitações intensas e com duração suficiente na bacia hidrográfica, resultando no aumento dos fluxos do escoamento superficial e subterrâneo, que confluem ao canal fluvial (CHRISTOFOLETTI, 1974, 1981; COOKE; DOORNKAMP, 1990).

Uma vez que a velocidade do fluxo e a área da seção transversal influenciam na vazão, outros parâmetros relacionados à forma do canal fluvial são importantes na compreensão do regime fluvial (variação dos níveis das águas no decorrer do ano), tais como: a largura e a profundidade do canal, o raio hidráulico (proporção entre a área e o perímetro molhado do canal), a rugosidade e a declividade do canal, seu perfil longitudinal e forma do canal, as características do fluxo e, finalmente, a carga transportada.

Com o aumento da vazão, durante os episódios de cheia, a seção transversal dos canais sofre ajustes, aumentando sua largura e profundidade, mas também a velocidade do fluxo e a carga transportada. Em particular, a carga apresenta acréscimo significativo, de forma que uma porção significativa da carga total de sedimentos transportada pelos cursos fluviais ocorre durante os eventos de cheia. Nesse sentido, é possível observar que existem relações de interdependência entre a vazão e as formas dos canais fluviais e os materiais transportados, mas também em relação aos processos atuantes.

A cheia é caracterizada pela elevação da vazão, sem que o nível d'água extravase o canal fluvial. Portanto, durante as cheias, apesar do incremento do fluxo, este limita-se ao leito menor do canal fluvial, que corresponde ao setor onde o fluxo possui frequência suficiente para não permitir o crescimento da vegetação, englobando o leito vazante, utilizado para escoamento das águas em níveis mais baixos. Esse setor é limitado pelas margens do canal fluvial, normalmente definidas por diques marginais, locais mais elevados e relativamente inclinados em direção à planície fluvial, em função da deposição de sedimentos durante episódios de inundação (Figura-Apêndice 9).

Figura-Apêndice 9 - Seção transversal esquemática e simplificada de um vale fluvial



Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter11.html>. Acesso em: 28/02/2018.

INUNDAÇÃO

Ing. Flood; Fr. Crue, inondation; Esp. Crecida, inundación, avenida; Ital. Piena, inondazione; Al. Überschwemmung, Überflutung, Flut

A inundação   o processo fluvial natural de eleva o do nível d'água que comanda as a o es erosivas e deposicionais relacionadas ao trabalho fluvial nas planícies, abrangendo quatro fases básicas: transbordamento das águas do canal para planície, enchimento da planície de inunda o, esvaziamento e secamento destas áreas. Ou seja, a inunda o abrange todo o processo desde o transbordamento, forma o de setores inundados, dura o destes alagadiços e secamento destes volumes.

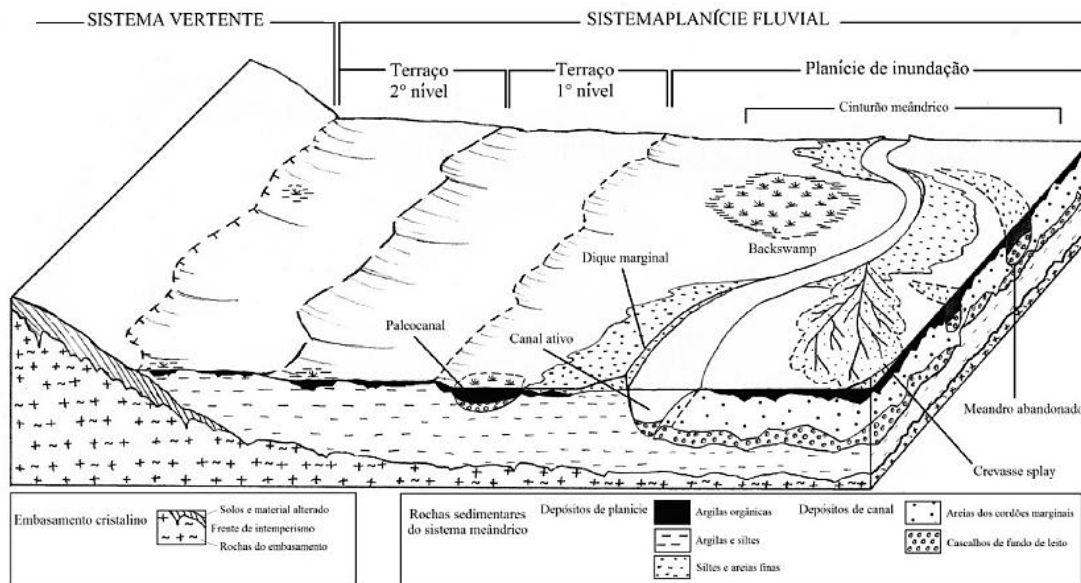
  um processo iminentemente natural, assim prescinde de qualquer interferência antrópica, direta ou indireta, para ocorrer. Os principais fenômenos que concorrem para ocasionar inunda es são as precipita es pluviométricas intensas, as precipita es nivais, o descongelamento de camadas de neve ou de glaciares e o rompimento de glaciares ou de barramentos naturais ou antrópicos. São importantes, ainda, fatores relativos às condi es do solo e subsolo, como a umidade antecedente e a infiltra o, que contribuem ao escoamento superficial (HART, 1986; WOHL, 2004)

Os eventos de inunda o caracterizam-se pelo aumento da vazão do canal fluvial, excedendo a possibilidade de suporte dos fluxos dentro do leito menor destes. O aumento da vazão   acompanhado, também, por ajustes nas demais características do canal fluvial, como o aumento da velocidade do fluxo e da carga de sedimentos transportadas, incluindo o transporte de material de maior granulometria e até mesmo blocos. Isso ocorre em fun o do aumento da capacidade e competência do canal fluvial durante tais eventos, em decorrência do aumento do volume e velocidade do fluxo. A capacidade do canal refere-se   volume total de carga transportada por este, e a competência ao maior diâmetro entre os materiais transportados pelo canal (CHRISTOFOLETTI, 1974)

Adota-se como limite da área de inunda o, o leito maior dos rios, que em outras palavras,   a própria planície de inunda o, cuja área e volume variam conforme o sistema fluvial envolvido, mas que, em geral, coincidem com a base do sistema vertente ou a base dos terraços fluviais.

A abrangência da inunda o, no entanto, está relacionada   excepcionalidade do evento e às características do sistema fluvial, podendo abranger apenas a planície de inunda o, em sua totalidade ou em partes, ou toda a planície fluvial, que envolve o conjunto formado pela planície de inunda o e os terraços (CHRISTOFOLETTI, 1981)(Figura-Apêndice 10).

Figura-Apêndice 10 - Bloco diagrama esquemático do sistema fluvial



Fonte: Retirado de RODRIGUES, 2015, p. 329.

Na planície fluvial os processos geomorfológicos atuantes são condicionados principalmente pela ação da água (processos fluviais), ao passo que nas vertentes, os processos dominantes são condicionados predominantemente pela atuação da gravidade (processos de vertente), ainda que a ação da água seja também de fundamental importância na dinâmica das vertentes (SELBY, 1982).

Uma vez que ocorre o transbordamento para fora do canal fluvial e ocupando o leito maior, o fluxo sofre uma diminuição da velocidade, em função do aumento da rugosidade e, conseqüentemente, da resistência ao fluxo. Diante disso, ocorre uma primeira deposição do material de maior granulometria transportado pelo canal ao longo das margens, podendo resultar na formação de áreas mais elevadas e inclinadas em direção à planície fluvial, denominadas diques marginais, dependendo das características hidrodinâmicas do canal fluvial. Esse processo geomorfológico corresponde à acreção lateral (SCHMUDDE, 1968; CRISTOFOLETTI, 1974).

Já o material mais fino é depositado em áreas mais afastadas do canal fluvial, exigindo um evento de inundação de maior magnitude para que o fluxo atinja esses pontos. Com a redução da vazão e retorno do nível d'água, o material fino em suspensão geralmente retorna ao canal fluvial, exceto parte do fluxo aprisionada em setores mais rebaixados da planície fluvial, áreas deprimidas na qual tais materiais irão se depositar formando uma fina camada. Tais setores deprimidos da planície, denominadas *backswamps*, caracterizam-se por áreas com drenagem superficial e de subsuperfície mais deficiente, que diante do acúmulo dos fluxos, passam a maior do tempo inundadas e desenvolvem vegetação característica de tais áreas (SCHMUDDE, 1968; CRISTOFOLETTI, 1974). Esse processo, de deposição na planície fluvial, denominado acreção vertical, promove a elevação gradual da planície durante e após os eventos de inundação (CRISTOFOLETTI, 1974; COOKE; DOORNKAMP, 1990)

A abrangência do evento de inundação, depende, portanto, da excepcionalidade do evento produtor de aumento do nível d'água, relacionando-se à temporalidade que, em geral, nos estudos de inundação, é abordada em termos de magnitude-frequência dos eventos. A frequência é geralmente avaliada em termos do tempo de retorno ou intervalo de recorrência do evento (para definição, ver subcapítulo 4.2.3.6). Em relação aos eventos de inundação, o intervalo pode variar segundo as características da bacia hidrográfica, em função de fatores morfológicos e morfométricos, da presença e densidade da cobertura vegetal e de atividades antrópicas (MORISAWA, 1968; HART, 1986).

Dentre as características morfológicas e morfométricas das bacias hidrográficas, destacam-se, em função de sua contribuição aos eventos de inundação, as seguintes: (i) a alta densidade de drenagem, variável que expressa a extensão total de canais fluviais em relação à área total da bacia; (ii) a circularidade da bacia, ou seja, se a forma da bacia é mais ou menos próxima a um círculo, favorecendo as inundações; (iii) a ausência de lagos, enquanto locais de amortecimento e reserva dos excedentes hídricos; e (iv) mudanças no uso da terra, em especial, de supressão de vegetação para usos urbanos (HART, 1986).

Outras características da bacia e da rede hidrográfica que também influenciam direta e indiretamente são: a declividade média das vertentes, sua orientação, altitudes e amplitudes, a área da bacia hidrográfica e a densidade e extensão de canais fluviais. As características dos cursos d'água, tais como a largura, profundidade, gradiente e rugosidade, são igualmente importantes, pois influenciam diretamente na velocidade do fluxo e, portanto, em sua vazão (HART, 1986; COOKE; DOORNKAMP, 1990). O conjunto dessas características permite compreender o comportamento das inundações em diferentes bacias hidrográficas e, inclusive, em diferentes setores de uma mesma bacia (COOKE; DOORNKAMP, 1990).

A vegetação é um fator importante na ocorrência e frequência das inundações, ao favorecer a infiltração da água da chuva e a evapotranspiração pelas plantas, mas também atua na estabilização das margens do canal fluvial e na redução da velocidade do fluxo, dissipando sua energia durante os eventos de inundação (SCHMUDDE, 1968).

Em relação à precipitação, já apontada como a principal causa das inundações, as seguintes características são importantes na determinação da magnitude e frequência de tal evento: a quantidade, intensidade e duração; a área recoberta pelo evento de chuva; e a direção e taxa de movimentação da chuva (COOKE; DOORNKAMP, 1990).

Embora iminentemente natural, as inundações podem ter componentes antrópicas que alteram os regimes fluviais tanto por ações diretas de controle de vazão, quanto por ações indiretas que resultam na modificação de níveis d'água ou da periodicidade dos eventos (BAKER; KOHEL; PATTON, 1988; WOHL, 2004). As inundações podem, portanto, ter seus padrões e tendências espaço-temporais impactados por ações antrópicas, modificando a abrangência, a energia de fluxo, as características de carga sólida e as relações de magnitude-frequência.

Diante de seu potencial de dano à sociedade, caracterizando as enchentes, conforme definido no subcapítulo seguinte, algumas variáveis relacionadas ao comportamento, magnitude e frequência das inundações são de fundamental importância, tais como: (i) a frequência, dada

geralmente pelo tempo de retorno; (ii) a vazão de pico, correspondente ao valor máximo atingido durante o evento de inundação; (iii) o comportamento da vazão ao longo do evento; (iv) a velocidade do fluxo; (v) o nível d'água atingido; (vi) a carga de sedimentos; (vii) a duração da inundação; (viii) o tempo de concentração; e (ix) a área inundada (HART, 1986).

ENCHENTE

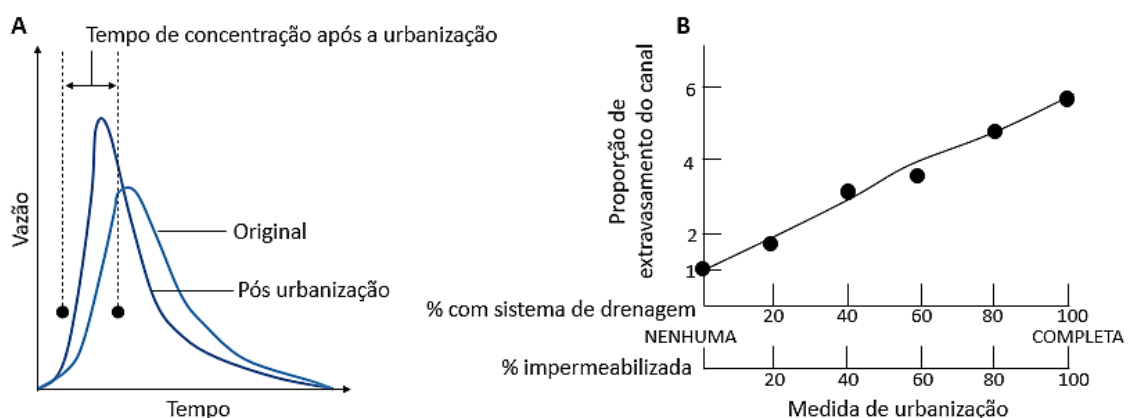
Ing. Flood; Fr. Crue, inondation; Esp. Crecida, avenida; Ital. Inondazione; Al. Hochwasser

As enchentes consistem nos eventos de inundação que apresentam perigo às pessoas e seus respectivos bens, e impactos ou danos às infraestruturas, ao uso da terra, ao exercício das atividades cotidianas da sociedade e os consequentes prejuízos materiais.

Por referir-se aos efeitos das inundações na sociedade, a ocorrência das enchentes está associada diretamente às atividades antrópicas, sobretudo à dinâmica de ocupação urbana da cidade, a impermeabilização do solo e a ocupação de áreas de várzea por usos urbanos.

A remoção da cobertura vegetal e impermeabilização do solo promove a redução das taxas de evapotranspiração pela vegetação e da infiltração, favorecendo o escoamento superficial concentrado. Somada aos dispositivos de drenagem urbanos, a impermeabilização promove a evacuação mais eficiente e veloz do escoamento superficial para os cursos d'água, incrementando os picos de vazão, acentuando a curva de ascensão e recessão da hidrógrafa (curva em gráfico que representa o comportamento dos valores de vazão medidos ao longo do tempo) e reduzindo o tempo de concentração da bacia hidrográfica (HART, 1986; COOKE; DOORNKAMP, 1990)(Figura-Apêndice 11).

Figura-Apêndice 11 - Comportamento do fluxo no canal fluvial antes e após a urbanização



Fonte: Retirado e adaptado de Hart (1986)

Legenda: (A) Hidrógrafas hipotéticas antes e após a urbanização; (B) aumento do número de fluxos ao ano iguais ou superiores à capacidade do canal fluvial expresso na proporção de extravasamentos do canal, por unidade de área da BH (milhas quadradas).

Adicionalmente, a urbanização, em especial durante os estágios iniciais, atua no aumento da quantidade de sedimentos transportados aos canais fluviais, favorecendo seu

assoreamento e o aumento da magnitude e frequência das inundações. A urbanização e as mudanças no uso da terra promovem mudanças, também, na localização das inundações em uma bacia hidrográfica, de modo que locais anteriormente não atingidos por tais eventos podem passar a apresentá-los (COOKE; DOORNKAMP, 1990).

Esta definição é alinhada à base teórica da geomorfologia antropogênica (DOUGLAS, 1983; DOUGLAS; SPENCER, 1985; GOUDIE, 1995; RODRIGUES, 1999, 2010a; LUZ; RODRIGUES, 2015), e difere daquela preconizada por outras linhas de abordagem, como das engenharias, mais preocupadas em modelar os fenômenos de inundação para explicação dos processos no âmbito de sua disciplina, do que compreendê-los em contexto mais amplo (BAKER, 1994).

ENXURRADA

As enxurradas consistem no fluxo hídrico pluvial veloz (>10 cm/s), de caráter efêmero, cuja duração corresponde à duração da chuva geradora. Não se restringem aos fundos de vale, ocorrendo, prioritariamente, em vertentes e em setores articulados transversalmente ao eixo principal do vale, definindo fluxos potentes capazes de promover arraste de pessoas, carros, e inclusive edificações. Decorre, principalmente das precipitações intensas e da ação gravitacional nas vertentes. Desse modo, sua ocorrência tem como fator de predisposição a declividade acentuada das vertentes e as características climáticas do local.

Apesar de ocorrer nas vertentes, tratando-se de processo integrante desse sistema e, sob esse prisma, mais próximo dos movimentos de massa, a enxurrada é abordada nessa pesquisa junto a terminologia de inundação, por ter a água como principal agente, em contraposição aos movimentos de massa, cujo agente é a gravidade (SELBY, 1982).

Sua ocorrência está associada, normalmente, às áreas urbanas, cuja impermeabilização, a orientação do arruamento e a existência de dispositivos de drenagem, favorece a concentração e a velocidade do fluxo hídrico pluvial. Ainda assim, ela pode ocorrer em ambientes periurbanos e rurais (HART, 1986; COOKE; DOORNKAMP, 1990).

A intensidade das enxurradas pode ser expressa a partir da velocidade do fluxo. Contudo, considerando a pequena altura da lâmina d'água das enxurradas, sua intensidade é função, basicamente, da declividade da superfície e de sua rugosidade, cujos valores, nos ambientes urbanos, são baixos, tendo em vista a impermeabilização das superfícies e a ausência de vegetação (PAZZOTTI, 2014).

Ao dissipar sua energia nos canais fluviais ou na planície de inundação, as enxurradas podem contribuir, ainda, ao agravamento dos cenários de enchentes. Diante de sua magnitude e dos danos associados à sua ocorrência, as enxurradas geram risco à sociedade e, portanto, devem ser abordadas como tal. Esse processo, no entanto, é ainda pouco compreendido, principalmente do ponto de vista dos fatores que contribuem à sua ocorrência e dos limiares envolvidos, no que tange à precipitação, às variáveis morfológicas e morfométricas das vertentes, como a declividade e a extensão, e ainda, a contribuição do uso da terra, em especial dos usos urbanos.

ALAGAMENTO

Ing. Flood, flooding; Fr. Crue; Esp. Anegamiento; Ital. Allagamento; Al. Überschwemmung, Überflutung

Os alagamentos são fenômenos causados por sistemas inadequados de microdrenagem (galerias, bocas de lobo, drenos em vias para direcionamento de água), principalmente de águas pluviais, ocorrendo, frequentemente, onde tal infraestrutura inexistente ou é deficiente.

São fenômenos localizados e não dependem de eventos muito intensos de precipitação para se deflagrarem, podendo ocorrer, inclusive, em locais externos aos fundos de vale, ou seja, em setores que não inundam, como na intersecção de vias em trechos intermediários de vertente.

TEMPO DE RETORNO

Ing. Recurrence interval, return period; Fr. Temps de retour; Esp. Período de retorno, intervalo de recurrencia; Ital. Tempo di ritorno; Al. Wiederholungsintervall

O período de retorno é uma variável utilizada para designar a frequência de eventos de uma dada magnitude, sejam eles eventos hidrogeomorfológicos, como as inundações, eventos climáticos ou outros fenômenos naturais. Ele expressa o intervalo de tempo, em média, decorrido entre um evento de uma dada magnitude e outro evento de mesma magnitude ou maior, como por exemplo, em inundações com TR = 100 é esperado que o intervalo entre a ocorrência de uma inundações com determinada vazão, ou superior, ocorra novamente dentro de cem anos. Essa variável é normalmente expressa em anos, porém, é possível retratá-la em relação à probabilidade de ocorrência, sendo frequente na literatura e entre especialistas, já que um dos principais usos dado a esse parâmetro é o de previsão de riscos.

Nesse sentido é um parâmetro que possui estreita relação com o conceito de magnitude e frequência, um dos mais importantes da geomorfologia, já que o período de retorno varia de acordo com a magnitude do evento, de forma que quanto maior a magnitude, menor é a probabilidade de sua recorrência (SELBY, 1982). Os conceitos de equilíbrio e de limiares de mudança apresentam, também, relação com tal parâmetro, uma vez que eventos de grande magnitude podem romper o equilíbrio dinâmico de um determinado sistema, como uma vertente, gerando energia suficiente para promover mudanças (SELBY, 1982).

No caso das inundações, o cálculo do período de retorno se dá com base na medição contínua, durante longo período, das maiores vazões registradas anualmente em estações fluviométricas. Esses dados são plotados em um gráfico de distribuição de probabilidades, que expressa a relação entre a vazão ou outra medida, como a cota do nível d'água, ao longo do tempo, geralmente esse colocado em termos de anos de TR (LEOPOLD; WOLMAN; MILLER, 1964). Com base nessa relação é realizado o seguinte cálculo:

$$Tr = \frac{n + 1}{m}$$

No qual: n – número de anos no registro
m – posição do evento na série histórica

Na geomorfologia essa variável apresenta especial importância, pois permite estimar a probabilidade da ocorrência de inundações e outros eventos, que apresentam efeitos e mudanças significativas no sistema geomorfológico (LEOPOLD; WOLMAN; MILLER, 1964). Ainda assim, esse parâmetro deve ser observado com cuidado, conforme destacado por Leopold, Wolman e Miller (1964) já que um evento com tempo de retorno de 100 anos pode ocorrer, contra todas as previsões, no ano seguinte, tendo em vista a atuação de diversos fatores que podem influenciar, em conjunto, na formação de eventos climatológicos e de inundações.

A situação inversa pode ocorrer, também, já que um evento esperado a cada 100 anos pode não ocorrer dentro desse intervalo, diante dessa mesma complexidade de interação entre os fatores (LEOPOLD; WOLMAN; MILLER, 1964). É sempre fundamental ter no horizonte das pesquisas envolvendo probabilidades, que os fenômenos naturais não são estacionários, isto é, os elementos controladores dos regimes podem se modificar ao longo do tempo geológico. Nesse sentido, as mudanças ocorridas em uma bacia hidrográfica, como a impermeabilização do solo pela urbanização, e obras hidráulicas, como barramentos e canalizações, podem gerar mudanças significativas no sistema fluvial e, conseqüentemente, nas magnitudes das inundações, sendo necessário rever o cálculo do tempo de retorno.

A ausência de dados hidrológicos, em situações de séries históricas curtas ou problemas no funcionamento dos medidores, pode ser contornada com a modelagem de dados hidrológicos, por exemplo, em modelos determinísticos. A modelagem é muito realizada, também, com objetivos de prever tempos de retorno de grandes períodos, como inundações de TR = 500, 1.000 e 10.000, extrapolando as possibilidades apresentadas pelos registros, com fins de previsão, por exemplo, para construção de estruturas hidráulicas, como barragens.

A extrapolação dos dados, porém, pode resultar em estimativas que não possuem amparo na realidade e cientificamente questionáveis, além de poder gerar uma falsa sensação de segurança às populações assentadas no entorno do local possivelmente afetado pelas inundações (BAKER, 1994; SCHUMM, 1994). Essa é, também, uma das principais críticas associadas à utilização desse parâmetro na previsão de riscos, já que ela pode apresentar limitações quanto à sua assertividade.

PROCESSOS DE DEPOSIÇÃO

ASSOREAMENTO

Ing. Siltation; Fr. Envasement; Esp. Encenagamiento; Ital. Intasamento; Al. Anschwemmung, Verschlammung

A deposição integra o conjunto de processos envolvendo a movimentação dos sedimentos, em associação com a erosão e o transporte desses materiais. Ela é resultado da disponibilização e transporte de material por meio da atuação dos processos erosivos e pelos

principais agentes de transporte, como os canais fluviais. Na literatura, alguns autores a incluem como etapa final da erosão, no entanto, convém separá-la, diante dos mecanismos que atuam e das formas resultantes.

A deposição irá ocorrer quando a força do agente de transporte é inferior à força gravitacional, fazendo com que o material se deposite (SELBY, 1982; COQUE, 1984; HART, 1986; ELORZA, 2008; FORNASARI FILHO; FARIA, 2018). Ela pode ocorrer em pontos preferenciais de uma bacia hidrográfica, variando espacialmente e temporalmente, conforme o balanço entre as forças atuantes que promovem a erosão ou a deposição.

São exemplos de locais de deposição, as bases das vertentes, rupturas e descontinuidades no relevo, a planície fluvial e o canal fluvial. Este último, utilizado também como uma das principais vias de transporte dos sedimentos em uma bacia hidrográfica, pode depositá-los no leito fluvial e em suas margens, ou na planície de inundação, promovendo os processos de acreção lateral e vertical (COQUE, 1984; HART, 1986; COOKE; DOORNKAMP, 1990).

As características hidrodinâmicas do canal fluvial irão influenciar na ocorrência e predominância das ações erosivas ou de acumulação de sedimentos em seu interior. A velocidade do fluxo e a rugosidade do canal, em função da presença de irregularidades e obstáculos em seu leito e paredes, irão promover um fluxo turbulento, com força suficiente para remoção dos sedimentos e materiais de diferentes granulometrias. Os materiais mais grosseiros, serão transportados premoninadamente por rolamento ou saltação, enquanto os finos, como argilas e siltes, por suspensão (COQUE, 1984).

Assim, a energia necessária ao transporte dos sedimentos, provenientes das vertentes da bacia hidrográfica e da ação erosiva na planície e canal fluvial, depende da velocidade do fluxo e de seu volume, expresso por meio da vazão do canal. Esses dois parâmetros, além de interdependentes, irão sofrer influências de um conjunto de variáveis, como as características da seção transversal, a exemplo da profundidade e largura, o raio hidráulico (proporção entre a área e o perímetro molhado da seção transversal) e a declividade do canal. Quando o balanço entre as forças atuantes no canal resulta num excedente de energia, ocorre a erosão, por outro lado, quando em um dado ponto, resulta num déficit, ocorre a deposição (COQUE, 1984).

O equilíbrio entre os processos de erosão e deposição no canal fluvial se reflete em seu perfil longitudinal, expresso pela relação entre o comprimento do canal e a variação da altitude. O perfil longitudinal ideal, em formato côncavo ascendente expressa que a velocidade do fluxo consegue assegurar o transporte da totalidade da carga de sedimento procedente de montante, sem que ocorra remoção ou acumulação. Na prática, diferentes fatores irão influenciar e reverberar em ajustamentos da declividade do canal, de forma que o perfil real do canal pode ser decomposto em segmentos correspondentes a trechos com características distintas, cada qual com seu perfil longitudinal (COQUE, 1984; CUNHA, 2009).

Portanto, a deposição está associada à velocidade e turbulência do fluxo, resultantes da declividade e rugosidade do canal fluvial, mas outras características e parâmetros são também importantes na compreensão desse processo, como a forma do canal fluvial, que

influencia a distribuição das velocidades em seu interior, favorecendo a erosão ou a deposição em alguns pontos. A carga de sedimentos transportada pelo canal fluvial é igualmente influenciada por tais variáveis, mas outros parâmetros externos ao sistema fluvial podem desestabilizar o balanço entre a vazão e a carga de sedimentos, tais como, mudanças no uso da terra promovidas na bacia hidrográfica e as atividades antrópicas (COOKE; DOORNKAMP, 1990).

O processo geomorfológico que promove o assoreamento é a deposição dos materiais, em especial sedimentos de granulometria mais fina, já que a ação erosiva exercida durante o transporte entre as partículas e dessas em relação ao fundo e às laterais do canal fluvial foram suficientes para promover a redução das granulometrias.

O assoreamento é o resultado da deposição excessiva de tais materiais em canais fluviais, corpos d'água, reservatórios artificiais, planície fluvial e estuários. Esse resultado é expresso nas mudanças promovidas nas características e propriedades destes ambientes. No canal fluvial, por exemplo, podem se destacar as seguintes mudanças: (i) na seção transversal do canal, como a profundidade, a largura e o raio hidráulico; (ii) na forma do canal, promovendo ajustamentos em sua posição, migração lateral e em parâmetros como a amplitude e o comprimento de onda dos meandros; (iii) nas características do fluxo, como a velocidade e a turbulência; e (iv) no perfil longitudinal do canal.

Tais mudanças não ocorrem isoladamente, mas em conjunto, gerando ajustamentos nas demais características do sistema fluvial. Por exemplo, a redução da declividade do canal fluvial, irá afetar a velocidade do fluxo, influenciando outras características importantes, como a vazão e a altura do nível d'água. Este último, sofre um incremento, tornando o sistema mais suscetível às inundações. O acúmulo dos sedimentos e as mudanças ocorridas nas características do corpo receptor do material em excesso, integram, portanto, o conceito de "assoreamento".

A deposição excessiva pode ser resultado da dinâmica natural do sistema fluvial ou de alguma mudança, como no uso da terra. Esse aspecto é particularmente importante, já que o assoreamento não necessariamente representa degradação ambiental, podendo ser uma resposta natural e típica dos sistemas fluviais.

Outra ressalva deve ser feita em relação às escalas espacial e temporal utilizadas na análise e explicação do assoreamento. As características do fluxo e do sistema fluvial são dependentes do tempo e do espaço, ou seja, passam por constantes mudanças de diversas ordens temporais e espaciais (COOKE, 1984; COOKE; DOORNKAMP, 1990). Nesse sentido, a deposição excessiva em um determinado local pode não ser resultado necessariamente de alguma atividade antrópica realizada à montante na bacia hidrográfica, mas integrar a dinâmica natural do sistema fluvial em uma escala temporal mais abrangente. A questão da escala temporal e espacial é particularmente importante em relação a esse processo geomorfológico, sobretudo na realização de extrapolações e generalizações (SCHUMM, 1991, 1994). Na perícia ambiental esse aspecto adquire ainda maior importância, diante da tipologia das questões colocadas ao perito e das características do exame pericial.

Dentre as mudanças no uso da terra, que podem resultar no incremento da carga de sedimentos no canal fluvial e na deposição excessiva, destacam-se a remoção da cobertura vegetal, a promoção de áreas de pastagem e agricultura intensivas, a impermeabilização do solo e a urbanização. Tais atividades resultam na redução das taxas de infiltração e na concentração dos fluxos, favorecendo as ações erosivas. A urbanização, em especial em seu estágio pré-intervenção, responde pelo aumento da velocidade dos fluxos e pela redução do tempo de permanência desses na bacia hidrográfica, acelerando sua chegada aos canais fluviais receptores.

Diante das mudanças promovidas nas características dos sistemas fluviais pela deposição excessiva, o assoreamento pode ter como principais consequências o aumento da suscetibilidade às inundações e a redução do tempo de vida de reservatórios artificiais, diante do acúmulo de sedimentos à montante dessas estruturas, que atuam como estruturas de retenção.

TERMINOLOGIA RELACIONADA AOS RISCOS GEOMORFOLÓGICOS

RISCO

Ing. Risk; Fr. Risque; Esp. Riesgos; Ital. Rischio; Al. Risiko

Os riscos naturais podem ser definidos como a condição ou fenômeno natural que oferece risco ao espaço físico e social onde ocorrem, em um determinado espaço e tempo. São o resultado da perigosidade de um determinado evento, multiplicado pelo dano potencial sobre pessoas, estruturas e funcionamento da sociedade.

A perigosidade é a probabilidade de ocorrência de um evento que pode gerar consequências negativas em um determinado local. Essa probabilidade pode ser acessada por meio de análises estatísticas envolvendo as variáveis e seus limiares, como o tempo de retorno de um processo geomorfológico (PANIZZA, 1996; CROZIER, GLADE, 2010; IPT/CPRM, 2014). Ela está relacionada, também, ao conceito de suscetibilidade, detalhado no subcapítulo seguinte (item 4.2.4.1).

O dano potencial, por sua vez, é avaliado em termos da vulnerabilidade dos elementos expostos, ou seja, em relação ao potencial de perda às pessoas (nº de pessoas expostas, qual o perfil socioeconômico dos envolvidos, etc.), às estruturas (casas, prédios, pontes, etc.) e às funções exercidas pelo local (abrigo, familiar, lazer, etc.). O dano potencial refere-se, geralmente, à tal vulnerabilidade expressa em termos monetários, financeiros (valor econômico).

A avaliação da relevância e da capacidade de dano dos riscos naturais, irá envolver a tipologia de fenômeno envolvido, a magnitude e intensidade do evento, bem como a frequência de ocorrência esperada em um determinado local.

Apesar de denominados “naturais” esses riscos podem ser acelerados ou deflagrados por atividades antrópicas, como a remoção da cobertura vegetal, a alteração das formas das

vertentes por cortes e aterros, a concentração dos fluxos superficiais em decorrência da urbanização, etc.

Existem diversas propostas de classificação dos riscos, concebidas sob a ótica das diferentes disciplinas que abordam seu gerenciamento. Nessa pesquisa, o interesse recai sobre o conceito de “risco geomorfológico”. Este difere dos demais em função da magnitude e frequência dos eventos envolvidos (SCHUMM, 1994; ROSENFELD, 2004).

Os riscos em geral envolvem eventos com grandes prejuízos econômicos e perda de vidas humanas, aproximando-se da noção de desastre. O risco geomorfológico, por sua vez, pode envolver processos graduais, que culminam em situações de prejuízo econômico e redução da qualidade de vida da população, mas não necessariamente com perda de vidas humanas. Nesse sentido, poderia ser definido como qualquer mudança ambiental, natural ou não, que afete adversamente a estabilidade geomorfológica de um local (SCHUMM, 1994; PANIZZA, 1996, 2005; ROSENFELD, 2004).

Os riscos geomorfológicos podem ser divididos em, pelo menos, três grandes grupos: riscos envolvendo processos geomorfológicos de mudança abrupta, como escorregamentos; riscos envolvendo mudanças progressivas, mas que culminam em mudança abrupta, como processo de intemperismo ocasionando um escorregamento; e, por fim, riscos envolvendo uma mudança progressiva, com resultados também progressivos, como os processos erosivos e o rastejo do solo (SCHUMM, 1994).

Uma vez ocorridos, os eventos do meio físico podem ter impactos diretos no sistema afetado, ou impactos indiretos, ocasionando mudanças nas características e comportamento de outros sistemas naturais, em decorrência do evento geomorfológico original (SCHUMM, 1994; CROZIER; GLADE, 2010). Alguns destes impactos indiretos podem, inclusive, representar novos riscos, como a ocorrência de uma inundação repentina (*flash flood*) decorrente do rompimento de obstrução temporária de um curso d’água formada pelo acúmulo de material proveniente de um escorregamento (SELBY, 1982; CROZIER; GLADE, 2010).

Os impactos podem ser, ainda, imediatos à ocorrência do evento ou atrasados, e ocorrer na proximidade do local do evento, ou à distância. Em relação à permanência do impacto, podem ser de curto ou longo-termo, como por exemplo, os prejuízos econômicos gerados por um evento.

Quando os eventos apresentam impactos na sociedade ou em sua infraestrutura, ultrapassando suas condições de resposta, eles são denominados desastres. Estes consistem em eventos do meio físico ou não, que afetam as populações para além da sua capacidade de recuperação com recursos próprios (ALCÁNTARA-AYALA, 2002; UNISDR, 2009; IPT; CPRM, 2014).

Nesse sentido, a compreensão dos conceitos de magnitude e frequência dos eventos, por meio de seu tempo de retorno, é de fundamental importância na avaliação da sua probabilidade de ocorrência e, portanto, de sua perigosidade. Da mesma forma, o conhecimento dos limiares dos sistemas geomorfológicos enfocados é igualmente fundamental para a previsão de quando estes podem ser excedidos e, portanto, aos esforços

de prevenção de riscos e desastres ambientais. É, portanto, a partir do conhecimento da dinâmica de tais sistemas que é possível propor ações efetivas de prevenção e mitigação dos riscos (SELBY, 1982; COOKE; DOORNKAMP, 1990; ALCÁNTARA-AYALA; GOUDIE, 2010).

SUSCETIBILIDADE

Ing. Susceptibility; Fr. Susceptibilité; Esp. Susceptibilidad; Ital. Suscettibilità; Al. Anfälligkeit

A suscetibilidade consiste na possibilidade de que um local apresente as pré-condições que permitam a ocorrência de um fenômeno, no caso um processo do meio físico, e que apresente risco a uma determinada sociedade em um dado tempo. Trata-se, portanto, da predisposição ou propensão ao desenvolvimento de tal fenômeno.

Nesse sentido, alguns conceitos da geomorfologia se fazem fundamentais na abordagem da suscetibilidade dos lugares e sistemas. Primeiramente, as escalas espaciais e temporais utilizadas são fundamentais na análise de suscetibilidade e, portanto, nas análises de risco.

Um processo geomorfológico que ocorra pontualmente, afetando um canal fluvial de menor ordem, pode não representar grandes mudanças na dinâmica da planície fluvial, ainda que no canal tenha promovido mudanças significativas. Em outra perspectiva, podem efetivamente ocorrer impactos na planície fluvial, porém não imediatamente após a ocorrência da mudança no canal fluvial, e sim tempos depois, em um episódio de inundação, por exemplo, afetando maiores áreas e número de pessoas por ocasião das inundações e enchentes (SCHUMM, 1991, 1994).

A morfologia e morfometria do relevo, assim como as propriedades dos materiais, são de fundamental importância na suscetibilidade aos processos do meio físico, pois compõe os fatores predisposição à ocorrência de processos geomorfológicos de maior potencial de dano. Tais fatores irão variar conforme a tipologia do fenômeno considerado, como a maior ou menor importância da declividade e da forma das vertentes. Porém, a resistência dos materiais à atuação das forças que promovem tais fenômenos é fundamental na redução ou aumento da suscetibilidade a eles (SELBY, 1982; COQUE, 1984; HART, 1986).

A suscetibilidade dos sistemas à mudança varia de acordo, também, com a magnitude e a frequência dos fenômenos. Alguns sistemas podem ser de grande resistência e menos suscetíveis a fenômenos de baixa magnitude, porém em eventos de alta magnitude podem sofrer algum dano. Da mesma forma, um sistema pode ter sua suscetibilidade incrementada após a ocorrência de fenômenos seguidos de baixa magnitude, mas que somados, podem acarretar danos e mudanças profundas. Assim, a frequência dos processos geomorfológicos também é fundamental na compreensão da suscetibilidade, da sensibilidade e resiliência dos sistemas às mudanças (HART, 1986; SCHUMM, 1991; ELORZA, 2008).

ESTABILIDADE

Ing. Stability; Fr. Stabilité; Esp. Estabilidad; Ital. Stabilità; Al. Stabilität

A estabilidade é um termo que se refere ao estado de equilíbrio dos sistemas ambientais, no caso, os sistemas geomorfológicos. Quando em desequilíbrio, é possível afirmar que o estado de estabilidade no qual o sistema se encontrava anteriormente sofreu uma interferência, por algum fator de instabilização, fazendo com que este se encontre, assim, instável ou em estado de desequilíbrio. Nessas situações, tendo em vista a característica de equilíbrio dinâmico dos sistemas, este irá buscar, por meio de diferentes mecanismos, retomar o estado de equilíbrio, seja retornando à sua configuração anterior ou estabelecendo um novo estado.

Essa definição abrange, também, o conceito de resiliência, que é a capacidade de um sistema de se adaptar e recuperar diante de uma situação de desequilíbrio, retornando ao estado anterior ao processo disruptivo (HUGGETT, 2010). Quando aplicado às sociedades humanas, no contexto das análises de risco frente a desastres naturais, o conceito de resiliência exprime a capacidade de populações ou indivíduos de resistir, se adaptar e recuperar diante de tais situações (IPT; CPRM, 2014). Para tal, a resiliência das comunidades necessariamente envolve o estado da organização social para enfrentamento dos riscos, como a existência de sistemas de gestão de risco e de infraestrutura adaptada e disponível para utilização em situações de emergência (ONU, 2004; IPT; CPRM, 2014).

Outro conceito importante relacionado à estabilidade dos sistemas é a suscetibilidade, ou seja, a predisposição dos sistemas ou de seus elementos à ocorrência de um fenômeno que represente a sua desestabilização e possíveis danos, conforme definido no item anterior (ver item 4.2.4.1). Além dos fatores de predisposição, a análise da estabilidade dos sistemas deve levar em consideração, também, os fatores preparatórios e desencadeadores do estado de desequilíbrio ao qual o sistema é submetido (CROZIER, 2004b; PANIZZA, 2005).

Os fatores de predisposição são as características inerentes do sistema, estáticas, que configuram sua suscetibilidade, como a resistência dos materiais ou o número de linhas de fraqueza em uma vertente. São fatores que influenciam a instabilidade e podem acelerar a atuação de outros fatores dinâmicos de desestabilização. Os fatores preparatórios são aqueles que reduzem a margem de estabilidade ao longo do tempo, mas que não iniciam efetivamente a instabilidade, como algumas atividades antrópicas ou a supressão de cobertura vegetal. Já os fatores desencadeadores iniciam o estado de desequilíbrio, como a ocorrência de precipitações intensas e abalos sísmicos (CROZIER, 2004b; PANIZZA, 2005)

A resiliência dos sistemas ambientais está associada, também, a sensibilidade desses sistemas. Esta é compreendida enquanto a propensão dos sistemas à mudança, medida por meio do impulso necessário para que esta ocorra e supere às barreiras impostas a ela, como a resistência dos materiais. Sistemas mais sensíveis tendem a reagir rapidamente à mudança e a apresentar curto tempo de adaptação. São geralmente compostos de materiais menos resistentes, como em ambientes de canais fluviais, planícies e praias, e apresentam morfologias que refletem processos geomorfológicos recentes e atuais. Por outro lado, os sistemas que possuem baixa sensibilidade, reagem de forma demorada e com um longo

tempo de adaptação às mudanças, sendo necessário eventos de alta magnitude para ocasioná-las. Como resultado, esses sistemas apresentam morfologias que permanecem por muito tempo na paisagem e refletem geralmente processos geomorfológicos passados. As formas desenvolvidas a partir de materiais resistentes, como quartzitos, são um exemplo de tais sistemas de baixa sensibilidade (CHORLEY; SCHUMM; SUGDEN, 1984; BRUNSDEN, 1996, 2004; PANIZZA, 2005; ELORZA, 2008).

Na avaliação da estabilidade dos sistemas geomorfológicos, é fundamental o conhecimento dos limiares de cada fenômeno, para prever quando e como estes podem ser excedidos, bem como as prováveis consequências e danos. Tais limiares referem-se aos eventos com energia suficiente para romper a resistência dos materiais e iniciar um processo de desequilíbrio. Podem ocorrer em decorrência de fatores externos ou internos aos materiais, de maneira gradual ou abrupta, e estão relacionados às características dos materiais, morfológicas e morfométricas dos sistemas afetados, climáticas, geológicas, vegetacionais e de uso da terra (SELBY, 1982).

O tempo de adaptação às mudanças ou período de recuperação também é controlado por tais fatores ambientais, externos e internos aos sistemas afetados. Tal período pode ser considerado como um guia à avaliação da efetividade do evento, ou seja, para compreensão do trabalho realizado por este na modificação da paisagem (SELBY, 1982).

Nesse sentido, a escala temporal utilizada para avaliação da estabilidade também é fundamental, já que um sistema pode aparentar estar estável quando observado na escala de uma dezena de anos, porém encontrar-se em desequilíbrio quando considerado sob intervalo temporal superior. Ignorá-la ao atestar o estado de estabilidade ou não de um determinado sistema pode representar um erro importante (SCHUMM, 1991).

VULNERABILIDADE

Ing. Vulnerability; Fr. Vulnérabilité; Esp. Vulnerabilidad; Ital. Vulnerabilità; Al. Verletzlichkeit; verwundbarkeit

A vulnerabilidade pode ser expressa como o grau esperado de perdas resultantes da ocorrência de um evento com determinado nível de intensidade. Este conceito é uma função das condições físicas (vulnerabilidade física) do local, mas também das condições sociais da população envolvida (vulnerabilidade social ou humana), como sua exposição ao risco e sua capacidade de responder, se adaptar e se recuperar diante de um evento. Pode ser expressa, ainda, em termos dos danos na infraestrutura e de perdas econômicas, mas sociais, ambientais e culturais.

Nesse sentido, a vulnerabilidade apresenta grande relação com os conceitos de exposição de pessoas e bens, de sensibilidade à perturbação por parte dos sistemas geomorfológicos e de resiliência (PANIZZA, 1996, 2005; IPT; CPRM, 2014). A exposição refere-se ao quanto à população e os elementos dos sistemas encontram-se expostos à ocorrência de um evento e, portanto, podem experimentar as perdas (UNISDR, 2009). A resiliência, por sua vez, conforme discutido anteriormente, refere-se à capacidade de resposta e adaptação

de uma sociedade ou sistema frente a um fenômeno, retornando ao equilíbrio anterior (sobre esse conceito, ver item 4.2.4.2)(CARDONA, 2004; IPT; CPRM, 2014).

A vulnerabilidade, portanto, pode variar espacialmente e temporalmente. No quesito espacial, ela pode variar em uma mesma comunidade, mais exposta em um determinado local do que em comparação a outros. Em relação ao tempo, uma comunidade ou local anteriormente vulnerável, pode deixar de sê-lo após a organização de um sistema de proteção civil e adoção de medidas de prevenção diante dos riscos (ALCÁNTARA-AYALA, 2002, 2010; PANIZZA, 2005).