

PREVENÇÃO DE DESASTRES NATURAIS

CONCEITOS BÁSICOS



MASATO KOBIYAMA
MAGALY MENDONÇA
DAVIS ANDERSON MORENO
ISABELA P. V. DE OLIVEIRA MARCELINO
EMERSON V. MARCELINO
EDSON F. GONÇALVES
LETICIA LUIZA PENTEADO BRAZETTI
ROBERTO FABRIS GOERL
GUSTAVO SOUTO FONTES MOLLERI
FREDERICO DE MORAES RUDORFF

Editora Organic Trading

**MASATO KOBAYAMA
MAGALY MENDONÇA
DAVIS ANDERSON MORENO
ISABELA P. V. DE OLIVEIRA MARCELINO
EMERSON V. MARCELINO
EDSON F. GONÇALVES
LETICIA LUIZA PENTEADO BRAZETTI
ROBERTO FABRIS GOERL
GUSTAVO SOUTO FONTES MOLLERI
FREDERICO DE MORAES RUDORFF**

PREVENÇÃO DE DESASTRES NATURAIS

CONCEITOS BÁSICOS

Florianópolis – SC
1ª Edição

Editora Organic Trading

Capa

Davis Anderson Moreno

Ilustrações

Davis Anderson Moreno

1ª edição

1ª impressão - 2006

Kobiyama, Masato

Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos / Masato Kobiyama, Magaly Mendonça, Davis Anderson Moreno, Isabela Pena Viana de Oliveira Marcelino, Emerson Vieira Marcelino, Edson Fossatti Gonçalves, Leticia Luiza Penteadó Brazetti, Roberto Fabris Goerl, Gustavo Souto Fontes Moller., Frederico de Moraes Rudorff – Florianópolis: Ed. Organic Trading , 2006.

109p. : il., tabs.

Inclui bibliografia

1. Prevenção. 2. Desastres Naturais.

Reservado todos os direitos de reprodução total ou parcial pela

Editora Organic Trading

Impresso no Brasil
2006

AUTORES

Masato Kobiyama

Prof. Dr. do Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
e-mail: kobiyama@ens.ufsc.br

Magaly Mendonça

Profa. Dra. do Depto. de Geociências
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
e-mail: magaly@cfh.ufsc.br

Davis Anderson Moreno

Bacharel em Geografia – UFSC
email:davismoreno@yahoo.com.br

Isabela P. V. de Oliveira Marcelino

Doutoranda em Geografia
Instituto de Geociências – IG/UNICAMP
e-mail: isabelam@ige.unicamp.br

Emerson V. Marcelino

Doutorando em Geografia
Instituto de Geociências – IG/UNICAMP
e-mail: emersonm@ige.unicamp.br

Edson F. Gonçalves

Geógrafo
Msc em. Eng. Ambiental – UFSC
e-mail: edson@orbtec.com.br

Leticia Luiza Penteado Brazetti

Bacharel em Geografia – UFSC
Licenciatura em Geografia – UFSC
e-mail: leticialuiza@yahoo.com.br

Roberto Fabris Goerl

Secretário. Executivo – IPEPEN
Bacharel em Geografia – UFSC
e-mail: roberto.goerl@gmail.com

Gustavo S. Fontes Mollerli

Bacharel em Geografia – UFSC
email: gustavo.mollerli@gmail.com

Frederico de Moraes Rudorff

Diretor Presidente e Pesquisador – IPEPEN
Msc. em Geografia – UFSC
e-mail: rudorff@ipeden.org

AGRADECIMENTOS

A Profa. Maria Lucia de Paula Hermann, Prof. Joel Pellerin do Departamento de Geociências e a Msc. Silvia M. Saito, doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFSC, pela discussão geral sobre desastres naturais.

Ao Prof. Dr. Eduardo Mario Menciondo – SHS/EESC/USP, pela contribuição da Apresentação do livro.

Ao Sr. Pedro F. Caballero de São Carlos pela leitura e sugestões a presente obra.

A Associação do Comércio e Indústria de Rio Negrinho – ACIRNE, ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UFSC, a Fundação e Ensino e Energia de Santa Catarina – FEESC/UFSC e a Tractebel Energia, pelo apoio financeiro para a publicação desta obra.

A todas as pessoas que atuam na pesquisa e prevenção de desastres naturais pelos ensinamentos adquiridos ao longo do desenvolvimento deste livro.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	vii
PREFÁCIO	ix
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. CONCEITOS BÁSICOS	06
2.1. DESASTRES	06
2.1.1. <i>Definição</i>	06
2.1.2. <i>Classificação</i>	07
2.1.3. <i>Causas naturais e agravantes antrópicos</i>	10
2.2. ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DOS DESASTRES NATURAIS	11
2.2.1. <i>Magnitude</i>	11
2.2.2. <i>Evolução</i>	12
2.2.3. <i>Irregularidade</i>	13
2.3. PERIGO (HAZARD) E RISCO (RISK)	16
2.3.1. <i>Definição</i>	16
2.4. CLIMA E TEMPO	18
2.4.1. <i>Dinâmica atmosférica e sistemas produtores de tempo</i>	19
2.4.2. <i>Chuva</i>	22
2.4.3. <i>Tipos de chuvas e suas formações</i>	23
2.4.4. <i>Fenômeno ENOS – El Niño e La Niña</i>	25
2.4.5. <i>O futuro climático do Brasil: enfoque especial para Santa Catarina</i> ..	26
3. PREVENÇÃO DE DESASTRES NATURAIS.....	30
3.1. ZONEAMENTO	31
3.2. SISTEMA DE ALERTA	34
3.3. MONITORAMENTO E MODELAGEM.....	36
3.4. GERENCIAMENTO DE DESASTRES NATURAIS (GDN).....	37
4. DESASTRES NATURAIS E MEDIDAS PREVENTIVAS.....	43
4.1. INUNDAÇÃO	43
4.1.1. <i>Conceito</i>	43
4.1.2. <i>Medidas Preventivas</i>	47
4.2. ESCORREGAMENTO	50
4.2.1. <i>Conceito</i>	50
4.2.2. <i>Medidas Preventivas</i>	54
4.3. GRANIZO	56
4.3.1. <i>Conceito</i>	56
4.3.2. <i>Medidas Preventivas</i>	57
4.4. VENDAVAL	58
4.4.1. <i>Conceito</i>	58
4.4.2. <i>Medidas Preventivas</i>	63

4.5. TORNADO	65
4.5.1 Conceito	65
4.5.2 Medidas Preventivas	68
4.6. FURACÃO	70
4.6.1 Conceito	70
4.6.2 Medidas Preventivas	74
4.7. RESSACA	74
4.7.1 Conceito	74
4.7.2 Medidas Preventivas	76
4.8. ESTIAGEM	78
4.8.1 Conceito	78
4.8.2 Medidas Preventivas	80
4.9. GEADA	80
4.9.1 Conceito	80
4.9.2 Medidas Preventivas	81
5. MEDIÇÃO DE CHUVA	87
5.1. IMPORTÂNCIA DA MEDIÇÃO DA CHUVA	87
5.2. CARACTERÍSTICAS DA CHUVA.....	88
5.3. COMO MEDIR A CHUVA?.....	91
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	95
ANEXOS.....	101
POSFACIO.....	107

APRESENTAÇÃO

Atualmente na escala mundial, cada R\$ 1 investido em prevenção equivale, em média, entre R\$ 25 e 30 de obras de reconstrução pós-evento. Os desastres têm magnitudes amplas e variadas, fundamentalmente pela falta de alocação de recursos e pela escassez de textos que orientem para a fase de prevenção. Isso é um fato, que preocupa órgãos nacionais e internacionais e que prega por visar formação, treinamento e preparação pré-evento.

As páginas do texto "Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos" mostram conceitos e aplicações para diferentes casos na prevenção de desastres, com ênfase em recursos hídricos. O texto pode ser abordado de diferentes opções. Primeiro, como atualização em uma área de interesse global e impactos regionais, pouco discutida em textos acadêmicos. Segundo, o livro detalha conceitos já conhecidos e incorpora novos elementos para gerir um novo patamar conhecimento na área. Terceiro, as suas páginas permitem de forma fácil incorporar a didática na transferência dos conhecimentos.

No texto, a introdução e os conceitos básicos conformam o ponto de partida para uma viagem generosa em termos de trabalhos na área e no estado da arte, nacional e internacional. As partes subseqüentes, de prevenção de desastres naturais e medidas preventivas, trabalham a fundo esses conceitos de maneira de adaptá-los para eventos hidrológicos de interesse e com amplitude: vendavais, tornados, furações, geadas, granizos, secas, ressacas do mar, deslizamentos de encostas e inundações, estão no cardápio do livro. À parte de medidas de chuva incorpora as questões simples para uma visão participativa da prevenção. As considerações finais incluem processos e levantamentos, na versão científica e aplicada dos temas. O texto mostra de forma ordenada e equilibrada os princípios e as ações necessárias para contribuir com a prevenção e mitigação. As principais beneficiadas do livro são, sem dúvida, as políticas públicas que recebem definições adequadas, estratégias viáveis e as logísticas para as fases de prevenção de desastres.

Considero "Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos" uma publicação apropriada para estudantes, pesquisadores, docentes e tomadores de decisão de vários níveis, e que pode ser apreciado em sala de aulas do ensino primário e secundário. Este tipo de publicação, através das experiências de seus

autores, contribui para que a economia de escala almejada e supracitada, entre prevenção e reconstrução, seja possível e fique ao alcance de muitos. A contribuição ampla traz inclusão social e desenvolvimento do capital humano.

Dr. Eduardo Mario Mendiolo

Professor de Hidrologia e Recursos Hídricos
Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo

PREFÁCIO

No Brasil, os desastres naturais têm sido tratados de forma segmentada entre os diversos setores da sociedade. Nos últimos anos vem ocorrendo uma intensificação dos prejuízos causados por estes fenômenos devido ao mau planejamento urbano. Ações integradas entre comunidade e universidade são fundamentais para que os efeitos dos desastres naturais sejam minimizados. A universidade deve contribuir na compreensão dos mecanismos dos desastres naturais através do monitoramento, diagnóstico e modelagem. Estas informações devem ser repassadas à sociedade, que, de forma organizada, deve agir para minimizar os danos provocados pelos desastres. Num contexto local, sugere-se a criação de grupos comunitários capacitados para agir antes, durante e depois do evento, auxiliando assim os órgãos municipais de defesa civil.

Nesse contexto, em setembro de 2003, o Grupo de Estudo de Desastres Naturais (GEDN) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) iniciou o projeto de extensão universitária intitulado “*Plano de Prevenção e Controle de Desastres Naturais nos Municípios do Estado de Santa Catarina Afetados pelas Adversidades Climáticas*”, com o auxílio financeiro do Governo Estadual de Santa Catarina através do Departamento Estadual Defesa Civil (DEDC-SC), e com apoio administrativo do Centro Universitário de Estudos e Pesquisa sobre Desastres (CEPED/UFSC). Este projeto teve como objetivo principal subsidiar o desenvolvimento de um plano de prevenção e controle de desastres naturais nos municípios mais afetados pelas adversidades climáticas no Estado de Santa Catarina. Além disso, ele buscou envolver grupos organizados, lideranças comunitárias e pessoas interessadas, especialmente professores e estudantes, na execução e aperfeiçoamento de métodos preventivos, enfatizando as inundações e os escorregamentos.

Uma das metas deste projeto foi à elaboração de material didático para subsidiar cursos de capacitação de professores da rede pública e membros das Comissões Municipais de Defesa Civil (COMDECs). Assim, foi elaborada uma apostila intitulada “*Introdução à Prevenção de Desastres Naturais*”. Utilizando esta apostila, o Curso de Capacitação “*Introdução à Prevenção de Desastres Naturais*” foi realizado, até o momento, em quatro municípios catarinenses (Rio do Sul, Joaçaba, Florianópolis, e Rio Negrinho), tendo como objetivos principais: 1) difundir conteúdos relacionados à educação ambiental e aos desastres naturais para as

comunidades localizadas em áreas de risco, salientando a importância da participação da sociedade na minimização dos impactos causados pelos mesmos; 2) promover debates sobre as causas e conseqüências das adversidades climáticas, visando a troca de experiências. Nestes aspectos, o Curso de Capacitação obteve grande sucesso e aceitação pelas comunidades envolvidas.

Entretanto, nós autores, gostaríamos de ressaltar que tem sido um aprendizado contínuo, isto é, quanto mais realizamos o curso e passamos a conhecer a realidade e as experiências vivenciadas pelos participantes, mais aprendemos sobre a prevenção dos desastres naturais. Conseqüentemente, tais interações contribuíram significativamente para aperfeiçoar e enriquecer nossa apostila. A presente obra é fruto deste contínuo processo de aprendizagem.

Como os autores atuam principalmente no Estado de Santa Catarina, neste trabalho foram tomadas como base de estudo às características dos eventos ocorridos no território catarinense. Entretanto, acredita-se que os desastres aqui tratados apresentam características semelhantes aos ocorridos em todo o Brasil. Portanto, este trabalho pode ser amplamente utilizado para qualquer parte do território brasileiro.

Como mencionado acima, a presente obra se desenvolveu a partir de uma apostila didática utilizada para cursos de capacitação sobre prevenção de desastres. Caso você goste deste livro e gostaria de difundir esse conhecimento, entre em contato com um dos autores para realizarmos o curso em seu município. Caso você leitor, tenha alguma sugestão ou crítica, entre em contato conosco. Suas contribuições serão bem-vindas e nos ajudarão no processo de aprimoramento deste livro.

Ficaremos satisfeitos se esta obra puder de alguma forma, contribuir para a prevenção e mitigação dos desastres naturais no seu município.

Florianópolis, Outubro de 2006.

Os autores

INTRODUÇÃO

“Desastres naturais voltam quando os esquecemos”

Torahiko Terada

Os fenômenos naturais que causam desastres podem trazer, além de prejuízos, benefícios para as sociedades. Por exemplo, as inundações fornecem grandes quantidades de fertilizantes para os campos agrícolas, e os escorregamentos deixam as terras mais porosas e aráveis. Às vezes, o homem pode até gerar tais fenômenos com o intuito de compreender e se beneficiar dos mesmos. Por exemplo, na região do *Grand Canyon* nos EUA, foram realizados diversos experimentos visando produzir inundações controladas (USGS, 2003). Os resultados permitem concluir que é necessária uma alteração drástica e dinâmica do regime fluvial para manutenção da saúde do ecossistema fluvial. A inundação retira sedimento antigo e gera uma nova estrutura com sedimentos.

De modo geral, os desastres naturais são determinados a partir da relação entre o homem e a natureza. Em outras palavras, desastres naturais resultam das tentativas humanas em dominar a natureza, que, em sua maioria, acabam derrotadas. Além do que, quando não são aplicadas medidas para a redução dos efeitos dos desastres, a tendência é aumentar a intensidade, a magnitude e a frequência dos impactos. Assim, grande parte da história da humanidade foi influenciada pela ocorrência de desastres naturais, principalmente os de grande magnitude.

Nas últimas décadas, o número de registro de desastres naturais em várias partes do mundo vem aumentando consideravelmente. Isto se deve, principalmente, ao aumento da população, a ocupação desordenada e ao intenso processo de urbanização e industrialização. Dentre os principais fatores que contribuem para desencadear estes desastres nas áreas urbanas destacam-se a impermeabilização do solo, o adensamento das construções, a conservação de calor e a poluição do ar. Enquanto que nas áreas rurais, destaca-se a compactação dos solos, o assoreamento dos rios, os desmatamentos e as queimadas.

Sendo assim, estes desastres que tanto influenciam as atividades humanas vêm historicamente se intensificando devido ao mau gerenciamento das bacias hidrográficas, especialmente pela falta de planejamento urbano. Além disso, o aquecimento global tem aumentado a frequência e a intensidade das adversidades climáticas, como precipitações extremas, vendavais, granizos entre outros, o que acarreta no aumento da incidência de desastres naturais.

A Figura 1.1 mostra a distribuição temporal dos desastres naturais do mundo no século XX. Pode-se notar claramente o aumento dramático dos desastres naturais a partir da década de 50 e dos prejuízos econômicos a partir da década de 70. Este fato desencadeou a maior iniciativa científica internacional até então desenvolvida para criar estratégias mitigadoras para todo o globo. A *US National Academy of Sciences* (NAS) apresentou a iniciativa à ONU em dezembro de 1987. Após, a ONU criou junto com a *UN Disaster Relief Organization* (UNDRO), a Secretaria para a *International Decade for Natural Disaster Reduction* (IDNDR) em abril de 1989, em Genebra, Suíça (ROSENFELD, 1994). As atividades da IDNDR geraram grande sucesso durante o seu período de execução (1990 - 2000) e alguns resultados foram relatados por Alcántara-Ayala (2002).

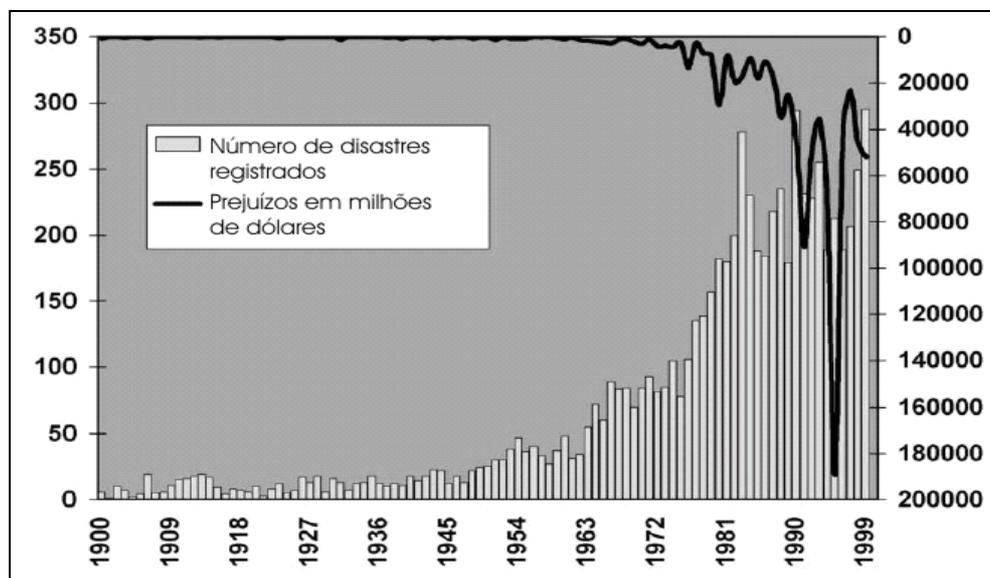


Figura 1.1 – Desastres naturais ocorridos no mundo e seus respectivos prejuízos.
Fonte: adaptada de Alcántara-Ayala (2002).

Segundo Alcántara-Ayala (2002), a ocorrência dos desastres naturais está ligada não somente à susceptibilidade dos mesmos, devido às características geoambientais, mas também à vulnerabilidade do sistema social sob impacto, isto é, o sistema econômico-social-político-cultural. Normalmente os países em

desenvolvimento não possuem boa infra-estrutura, sofrendo muito mais com os desastres do que os países desenvolvidos, principalmente quando relacionado com o número de vítimas. Vanacker et al. (2003) também mostraram que em países em desenvolvimento, o perigo devido a desastres naturais está aumentando. O aumento da pressão populacional e o desenvolvimento econômico forçam cada vez mais a população, em especial a de baixa renda, a mudar para as áreas de risco, as quais são menos adequadas para agricultura e para o adensamento populacional.

BBC BRASIL (2003) relata que o Brasil é o país do continente americano com o maior número de pessoas afetadas por desastres naturais. Comparando os dados de números de perda de vidas humanas, registrados pelo *Emergency Disasters Data Base* (EM-DAT, 2006) e a série temporal da população brasileira, obtida do IBGE (2004), Kobiyama et al (2004) mencionam que no Brasil os casos de mortes humanas ocasionadas pelos desastres naturais vêm reduzindo, apesar do aumento da população (Figura 1.2). Isto se deve a presença efetiva de ações preventivas em diversos setores da sociedade brasileira, principalmente associadas a defesa civil. Ressalta-se que, como a estatística do EM-DAT (2006) é de caráter global, não deve apresentar uma boa exatidão em relação ao número de mortes realmente ocorridas no Brasil. Mesmo assim, percebe-se uma nítida diminuição de vítimas fatais no território brasileiro.

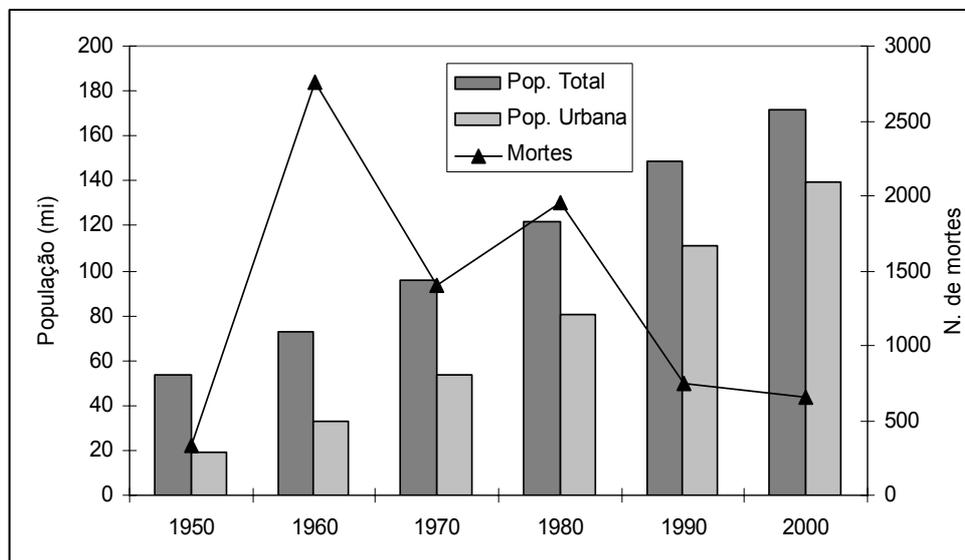


Figura 1.2 - Série temporal entre população e número de mortes devido a desastres naturais no Brasil (1950-2005).
Fonte: adaptada de Kobiyama et al. (2004).

Para diminuir a vulnerabilidade e ter uma vida mais segura, deve ser realizada a prevenção e a mitigação dos desastres naturais. O ideal seria o

impedimento total de qualquer tipo de dano e prejuízo, o que acarretaria numa situação “perfeita”. Entretanto, atualmente o que é possível de ser realizado é a mitigação, ou seja, a redução máxima possível dos danos e prejuízos causados pelos desastres naturais. Isso porque nós, seres humanos, ainda não adquirimos conhecimentos suficientes para controlar e dominar os fenômenos naturais.

Desta forma, devem ser realizadas medidas preventivas, não só para reduzir os prejuízos materiais, mas principalmente para evitar a ocorrência de vítimas fatais. Sendo assim, o presente trabalho representa uma das medidas não estruturais em direção à prevenção de desastres naturais. O objetivo não é simplesmente divulgar informações, mas, juntamente com os leitores, desencadear um processo de reflexão e debate sobre esta temática. É através deste processo que poderão surgir novas propostas e medidas visando sempre diminuir o impacto causado por fenômenos naturais severos.

Para isso, no Capítulo 2, são apresentados alguns conceitos básicos e fundamentais relacionados a desastres naturais. Como a maioria dos desastres naturais no Brasil e, conseqüentemente, em Santa Catarina ocorrem associados a fenômenos atmosféricos severos, o clima e o tempo também são descritos de forma mais detalhada. O Capítulo 3 trata de diversos tipos de medidas, especialmente as não-estruturais para prevenção dos desastres naturais. Nesse capítulo, a organização voluntária de defesa em comunidades é enfatizada. No Capítulo 4, são detalhados os mecanismos e ações específicas para atuar em nove tipos de desastres naturais (inundação, escorregamento, granizo, vendaval, tornado, furacão, ressaca, estiagem e geada).

Como já mencionado no PREFÁCIO, os desastres naturais tratados aqui são os que freqüentemente ocorrem em Santa Catarina. O Capítulo 5 explica detalhadamente a importância da medição de chuva e seu procedimento. Pois, acredita-se que o ordenamento da rede de medição de chuva possa ser uma das mais importantes ações na prevenção de desastres associados a precipitações extremas. Em fim, no Capítulo 6 são apresentadas algumas considerações finais sobre esta temática tão atual e pertinente.

REFERÊNCIAS

- ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazard, vulnerability and prevention of natural disasters developing countries. **Geomorphology**, v. 47, p.107-124, 2002.
- BBC BRASIL. **Brasil é o país das Américas mais afetado por desastres**. Disponível em:
<http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/story/2003/07/030717_cruzvermla.shtm> Acesso em: 23 de jun. de 2003.
- EM-DAT. **Produce a list of disasters and associated losses**. Disponível em:
<<http://em-dat.net/disasters/list.php>> Acesso em: 23 mar. 2006.
- IBGE. **População residente, por situação do domicílio e por sexo**. Disponível em:
<<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 20 jun. 2004.
- KOBIYAMA, M.; CHECCHIA, T.; SILVA, R.V.; SCHRÖDER, P.H.; GRANDO, Â.; REGINATTO, G.M.P. Papel da comunidade e da universidade no gerenciamento de desastres naturais. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 834-846 (CD-ROM).
- ROSENFELD, C. L. The geomorphological dimensions of natural disasters. **Geomorphology**, v. 10, p.27-36, 1994.
- USGS. **Controlled Flooding of the Colorado River in Grand Canyon: the Rationale and Data-Collection Planned** Disponível em:
<http://water.usgs.gov/wid/FS_089-96/FS_089-96.html> Acesso em: 29 de agosto de 2003.
- VANACKER, V.; VANDERSCHAEGHE, M.; GOVERS, G.; WILLEMS, E.; POESEN, J.; DECKERS, J.; BIEVRE, B. Linking hydrological, infinite slope stability and land-use change models through GIS for assessing the impact of deforestation on slope stability in high Andean watersheds. **Geomorphology**, v. 52, p.299-315, 2003.

CONCEITOS BÁSICOS

“O Controle da Natureza é frase concebida em espírito de arrogância, nascida da idade ainda neandertalense da Biologia e da Filosofia, quando se pressupunha que a Natureza existia para a conveniência do Homem”

Rachel Carson (Primavera Silenciosa)

2.1. DESASTRES

2.1.1. Definição

Inundações, escorregamentos, secas, furacões, entre outros, são fenômenos naturais severos, fortemente influenciados pelas características regionais, tais como, rocha, solo, topografia, vegetação, condições meteorológicas. Quando estes fenômenos intensos ocorrem em locais onde os seres humanos vivem, resultando em danos (materiais e humanos) e prejuízos (sócio-econômico) são considerados como “desastres naturais”.

Segundo Castro (1998), desastre é definido como resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e conseqüentes prejuízos econômicos e sociais. Aqui nota-se que o termo “adverso” significa hostil, inimigo, contrário, aquele que traz infortúnio e infelicidade.

Os desastres são normalmente súbitos e inesperados, de uma gravidade e magnitude capaz de produzir danos e prejuízos diversos, resultando em mortos e feridos. Portanto, exigem ações preventivas e restituidoras, que envolvem diversos setores governamentais e privados, visando uma recuperação que não pode ser alcançada por meio de procedimentos rotineiros.

White (1974) propôs cinco itens para estudo de desastres naturais: (1) estimar a área ocupada pelo ser humano nas áreas de perigo; (2) determinar a faixa de ajuste possível contra eventos extremos; (3) examinar como a população percebe os desastres naturais; (4) examinar os processos de seleção de medidas adequadas; e (5) estimar os efeitos da política sobre essas medidas. Além desses cinco itens,

Hewitt (1983) adicionou mais um item, isto é, entender como aspectos sócio-econômicos da sociedade contribuem à geração de desastres.

Para as pesquisas científicas, Burton et al. (1978) sugeriram sete parâmetros relacionados aos eventos naturais que estão diretamente vinculados aos desastres naturais: magnitude (alta – baixa); frequência (frequente – rara); duração (longa – curta); extensão areal (ampla – limitada); velocidade de ataque (rápida – lenta); dispersão espacial (difusa – concentrada); espaço temporal (regular – irregular).

Entretanto, ressalta-se que os desastres naturais também possuem aspectos positivos e negativos. Sidle et al. (2004) e Silva et al. (2003) comentaram que fenômenos naturais responsáveis pelos desastres podem oferecer algumas vantagens. Por exemplo, o rio que inunda é perigoso, mas fornece água, sedimento e nutrientes. Assim, o perigo tem sido observado como aspecto ocasionalmente desvantajoso, podendo às vezes, ser benéfico à atividade humana variando conforme escala temporal.

2.1.2. Classificação

Com relação à classificação, os desastres podem ser diferenciados entre si quanto à intensidade, a evolução, a origem e a duração. As primeiras três classificações são descritas com base em Castro (1999).

a) Intensidade

A Tabela 2.1 mostra os quatro níveis de desastres em relação à intensidade.

Tabela 2.1 – Classificação dos desastres em relação à intensidade.

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

Segundo Castro (1999), os níveis I e II são desastres facilmente superáveis pelo município, não havendo necessidade de recursos proveniente do estado ou da união. O nível III significa que a situação de funcionalidade pode ser restabelecida com os recursos locais, desde que complementados com recursos estaduais e federais. Neste nível, o município declara Situação de Emergência (SE). O nível IV significa que o desastre não é superável pelos municípios, mesmo quando bem informados e preparados. Nesta situação, ocorre a decretação do Estado de Calamidade Pública (ECP). Quando o município necessita de apoio do governo estadual ou federal, o município tem que preencher o formulário AVADAN (Avaliação de Danos) e o envia com os demais documentos exigidos à Defesa Civil Estadual que homologa ou não a situação decretada pelo município. O preenchimento do formulário AVADAN é o registro oficial de desastres no Brasil.

De acordo com a Secretária Nacional de Defesa Civil (SEDEC), os desastres súbitos (agudos) geralmente caracterizam a situação de emergência e até o estado de calamidade pública, enquanto os desastres graduais (crônicos) não justificam na maioria dos casos a decretação, pois sua evolução permite realizar uma preparação e resposta ao desastre, o que pode reduzir os danos e prejuízos.

Analisando os formulários AVADANs preenchidos em Santa Catarina no período de 1980 – 2000, Herrmann (2001) caracterizou espacialmente e temporalmente os desastres naturais para o estado catarinense. Esse trabalho contribuiu efetivamente com os órgãos governamentais no planejamento e gerenciamento das atividades de prevenção e mitigação de desastres naturais. Entretanto, existe uma possibilidade de erro de caracterização utilizando os dados do AVADAN que estão associados somente aos desastres mais severos nível III (SE) e IV (ECP).

Caso os desastres naturais dos níveis I e II apresentem frequências semelhantes às dos níveis III e IV ou pelo menos a mesma proporção, não haverá problema na caracterização. Entretanto, pode ocorrer uma situação onde um município sofre com bastante frequência desastres naturais do nível I, mas não possui nenhuma experiência com nível III. Neste caso, em termos de percepção, esse município poderá ser considerado como município seguro, entretanto, não sendo.

Observa-se então, que o AVADAN seria um bom método de registro se ele fosse utilizado de maneira correta, para todo o tipo de ocorrência de desastre, isto é, não importando o nível. Contudo, além do AVADAN, cada município deveria criar

um mecanismo para registrar quaisquer níveis de desastre, pois o levantamento (registro) dos desastres pode contribuir significativamente à pesquisa científica, a prevenção e ao gerenciamento dos desastres naturais.

b) Evolução

Segundo Castro (1999), há três tipos de desastres relacionados a evolução. Os desastres **súbitos** são aqueles que se caracterizam pela rápida velocidade com que o processo evolui, por exemplo, as inundações bruscas e os tornados. Ao contrário do anterior, os **graduais** caracterizam-se por evoluírem em etapas de agravamento progressivo, como as inundações graduais e as secas. O outro tipo é a **Somação de efeitos parciais**, que se caracteriza pela ocorrência de numerosos acidentes semelhantes, cujos impactos, quando somados, definem um desastre de grande proporção. Por exemplo, acidentes de trânsito e de trabalho.

c) Origem

Este critério também se caracteriza por três tipos (CASTRO, 1999): os **naturais**, que são aqueles provocados por fenômenos naturais extremos, que independem da ação humana; os **humanos**, que são aqueles causados pela ação ou omissão humana, como os acidentes de trânsito e a contaminação de rios por produtos químicos; e os desastres **mistos** associados às ações ou omissões humanas, que contribuem para intensificar, complicar ou agravar os desastres naturais.

É muito difícil ocorrer um desastre puramente natural, como definido por Castro (1999). Quase todos os desastres recebem de alguma maneira, uma influência antrópica. Assim, se olharmos por este prisma, existiriam somente desastres mistos. Entretanto, no presente trabalho adotar-se-á como desastre natural todos aqueles que possuem como gênese os fenômenos naturais extremos, agravados ou não pelas atividades humanas.

d) Duração

Sidle et al (2004) classificaram os desastres naturais em dois tipos: episódicos e crônicos. Geralmente os desastres denominados episódicos tais como terremoto, vulcanismo, tsunami, inundação e fluxo de detrito, chamam mais atenção por causa de sua magnitude. Entretanto, desastres crônicos tais como erosão do solo, geram sérios prejuízos ambientais, especialmente em longo prazo. A erosão do solo pode causar desertificação, degradação, assoreamento dos rios, entre outros, podendo resultar na incidência de mais eventos catastróficos, como escorregamentos e inundações.

Schumm (1994) e Gares et al. (1994) também mencionaram que, embora a erosão em encosta não represente um perigo aparente por não resultar em mortes, o custo para prevenção ou controle pode ser bem elevado. Além disso, Froehlich et al. (1990) afirmaram que os desastres naturais crônicos são freqüentemente subestimados ou ignorados e quando registrados, somente os registros históricos são analisados.

2.1.3. Causas naturais e agravantes antrópicos

Os desastres de origem natural podem estar relacionados com a dinâmica interna ou externa da Terra, ou seja, eventos ou fenômenos internos causados pela movimentação das placas tectônicas, que têm reflexo na superfície do planeta (terremotos, maremotos, *tsunamis* e atividade vulcânica); ou de origem externa gerada pela dinâmica atmosférica (tempestades, tornados, secas, inundações, ressacas, vendavais, etc) (Figura 2.1).

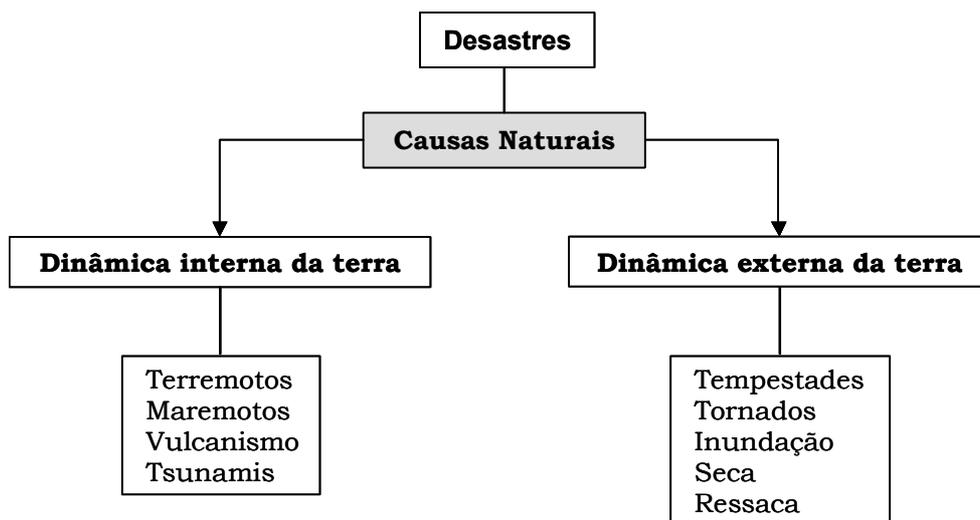


Figura 2.1 – Origem dos desastres naturais.

Os desastres de causas naturais podem ser agravados pela ação antrópica inadequada, isto é, situações causadas pelo homem que ajudam a intensificar o desastre. Na Tabela 2.2 são apresentados alguns agravantes antrópicos e o tipo de desastre em que os mesmos interferem.

Tabela 2.2 – Principais agravantes antrópicos relacionados com os desastres.

Agravantes humanos	Desastres conseqüentes
Emissão de gases nocivos	Chuvas ácidas
Retirada da mata ciliar e assoreamento dos rios	Inundações
Impermeabilização do solo (concreto, asfalto...)	Inundações bruscas
Ocupação desordenada de encostas íngremes	Escorregamentos

2.2 ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DOS DESASTRES NATURAIS

2.2.1 Magnitude

Takahashi (1975) realizou um levantamento de dados em relação a desastres naturais associados a chuvas e ventos fortes no Japão. Os resultados, conforme Tabela 2.3, mostram uma tendência quanto a área dos desastres, isto é, quanto maior a área de impacto, maior é a quantidade dos prejuízos.

Tabela 2.3. Desastres naturais com chuvas e ventos fortes no Japão.

Área de impacto (10³ km²)	1-20	20-40	40-60	60-100	100-160	160-240	> 240
Mortes	25	55	92	43	41	180	1079
Casas totalmente destruídas	6	16	130	722	656	3441	10706
Velocidade máxima (m/s)	22	24	21	24	27	35	37
Precipitação total máxima (mm)	160	211	287	273	246	317	367
Pressão atmosférica mínima (mbar)	998	995	994	988	982	966	954

Fonte: Takahashi (1975)

Além disso, o mesmo autor investigou a relação entre o número de casas totalmente destruídas e sua frequência (Tabela 2.4). Embora a frequência dos desastres que causam pequenos prejuízos é bastante alta, o total do prejuízo deste tipo de desastre é pequeno quando comparado com os de grande impacto. A ocorrência de um desastre que causa enormes prejuízos é bastante rara. Entretanto, essa ocorrência altera drasticamente as estatísticas associadas aos desastres e altera a história das áreas impactadas.

Tabela 2.4. Desastres naturais ocorridos no verão e outono no Japão (1952-1961).

Número de casas totalmente destruídas	Frequência	Frequência acumulada (%)	Prejuízos acumulados (%)
1 a 3	18	100,0	100
3 a 9	13	82,0	100
10 a 30	23	69,1	100
31 a 99	17	46,5	99
100 a 314	10	29,6	99
315 a 999	4	19,6	97
1000 a 3149	8	9,9	95
3150 a 9999	6	7,9	84
10000 a 31499	1	2,0	49
31500 a 99999	1	1,0	35

Fonte: Takahashi (1975)

Normalmente, a sociedade está mais preparada para os pequenos desastres naturais, em virtude de sua elevada frequência. Mas, quando ocorrer um desastre que ultrapasse a capacidade de suporte das medidas de preparação e resposta, os danos e prejuízos serão extensivos, podendo tornar-se um evento catastrófico. Isto demonstra a relevância de continuar pesquisando e preparando-se para os grandes eventos.

2.2.2. Evolução

O fator tempo (história) em desastres não é bem estudado. Mas, pode-se observar dois aspectos distintos. Um é a repetitividade, isto é, os desastres podem ocorrer diversas vezes em um mesmo lugar. Por exemplo, se não houver alteração na condição climática e na condição geomorfológica, a inundação e o escorregamento podem ocorrer várias vezes no mesmo local. O outro aspecto é que um determinado tipo de desastre pode alterar-se ao longo do tempo em um mesmo local. Devido as intervenções humanas, as condições geoambientais normalmente se alteram, por exemplo, através das formas de uso do solo. Isto pode facilitar ou diminuir a possibilidade de ocorrência de um tipo de desastre e até provocar o surgimento de outro tipo.

Um bom exemplo sobre a evolução de desastres encontra-se na Tabela 2.5. Takahashi (1975) investigou os desastres naturais registrados no Japão no período de 651 a 1964. Neste caso, os desastres naturais associados a chuvas e ventos fortes foram às inundações, os escorregamentos, os vendavais, os furacões, entre outros.

Esses desastres vêm aumentando consideravelmente na longa história do Japão. Isso porque o aumento da população vem pressionado a sociedade a viver nas áreas mais susceptíveis aos desastres, como nas regiões mais planas, sujeitas às inundações, e as com elevada declividade, sujeitas aos escorregamentos.

Por outro lado, observa-se que os desastres associados às estiagens e as epidemias vêm reduzindo. Isto se deve ao avanço do sistema de irrigação e saúde pública. Como a ocorrência dos incêndios é associada com o clima, nota-se que foi registrado no Japão um clima seco nos séculos VIII e XIV.

Tabela 2.5. Alteração da qualidade de desastres ao longo da história japonesa.

Anos	Total	Frequência (%)					
		Chuvas Ventos	Estiagem	Epidemia	Vulcanismo	Terremoto	Incêndio
651-700	21	7	48	15	10	10	10
701-800	154	8	56	22	6	6	3
801-900	221	17	46	13	8	7	9
901-1000	168	23	37	18	4	3	16
1001-1100	113	8	31	19	4	6	32
1101-1200	85	20	28	24	6	5	18
1201-1300	128	17	30	19	7	9	18
1301-1400	97	17	31	25	10	10	6
1401-1500	145	12	38	20	8	14	8
1501-1600	159	11	37	13	17	13	8
1601-1700	326	26	21	6	14	14	9
1701-1800	392	28	35	8	12	11	7
1801-1900	383	25	30	9	15	13	7
1901-1950	168	27	13	11	25	10	14
1951-1964	49	33	10	0	25	16	16

Fonte: adaptada de Takahashi (1975).

Ressalta-se que é extremamente difícil prever a evolução de um desastre em virtude dos fatores sociais, econômicos e ambientais (climáticos, geológicos e topográficos).

2.2.3 Irregularidade

A ocorrência anual dos desastres naturais é bastante irregular. Os locais onde ocorrem terremotos e/ou furacões, apresentam uma irregularidade maior na ocorrência (Figura 2.2).

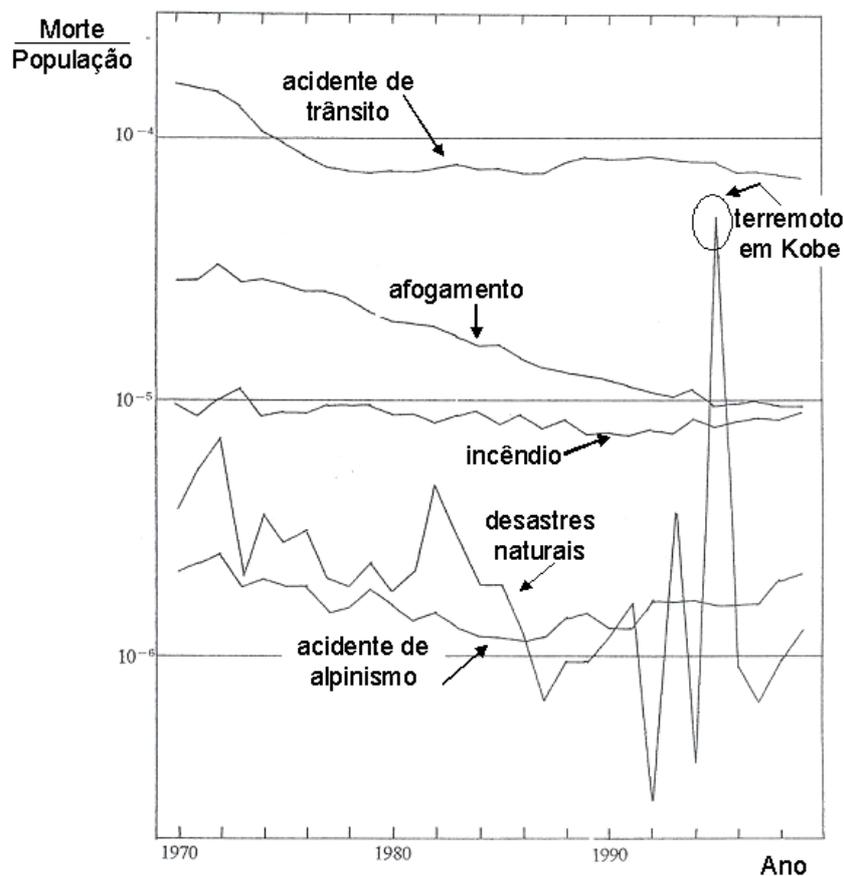


Figura 2.2 – Taxa de mortes devido aos desastres.
Fonte: adaptada de Mizutani (2002).

Analisando os dados disponíveis do *EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database*, sobre todos os tipos de desastres no período de 1900 a 2004, procurou-se os desastres naturais que causaram mais de 10 mil mortes no mundo (Tabela 2.6). Assim, o desastre extremamente grande ocorre esporadicamente. Portanto, pode-se dizer que a ocorrência é bem irregular.

Tabela 2.6 - Desastres naturais no mundo com mais de 10 mil mortes (1900-2004).

Ano	Tipo	Pais (Local)	Mortes
1900	Estiagem	Índia	1.250.000
1902	Vulcanismo	Martinique (Mounte Pelee)	30.000
1906	Furacão	Hong Kong	10.000
1908	Terremoto	Itália (Sicília)	75.000
1911	Inundação	China	100.000
1915	Terremoto	Itália (Avezzano)	30.000
1917	Terremoto	Indonésia (Bali)	15.000
1917	Epidemia	União Soviética	2.500.000
1918	Epidemia	Bangladesh	393.000
1918	Epidemia	Canadá	50.000
1918	Terremoto	China (Kwangtung)	10.000
1920	Estiagem	Ilha de Cape Verde	24.000
1920	Estiagem	China	500.000
1920	Terremoto	China (Kansu)	180.000

Tabela 2.6 (Continuação)

1920	Epidemia	Índia	2.500.000
1921	Estiagem	União Soviética (Volga)	1.200.000
1922	Furacão	China (Swatow)	100.000
1923	Terremoto	Japão (Tokyo)	143.000
1923	Epidemia	Niger	100.000
1924	Epidemia	Índia	300.000
1926	Epidemia	Índia	423.000
1927	Terremoto	China (Nanchang)	200.000
1928	Estiagem	China	3.000.000
1931	Fome	Niger	26.000
1931	Inundação	China	3.700.000
1932	Terremoto	China (Kansu)	70.000
1932	Fome	União Soviética	5.000.000
1933	Terremoto	China	10.000
1933	Inundação	China (Henan, Hebei)	18.000
1935	Inundação	China	142.000
1935	Furacão	Índia	60.000
1935	Terremoto	Paquistão (Quetta)	60.000
1937	Furacão	Hong Kong	11.000
1939	Terremoto/Tsunami	Chile (Chillan)	30.000
1939	Inundação	China (Honan)	500.000
1939	Terremoto	Turquia (Erzincan)	33.000
1942	Furacão	Bangladesh (Sundarbans)	61.000
1942	Estiagem	Índia (Calcutta)	1.500.000
1942	Furacão	Índia (Orissa)	40.000
1943	Fome	Bangladesh	1.900.000
1944	Terremoto	Argentina (São Juan)	10.000
1946	Estiagem	Ilha de Cape Verde	30.000
1947	Epidemia	Egito	100.000
1948	Terremoto	União Soviética (Ashkabat)	110.000
1949	Inundação	China	57.000
1949	Inundação	Guatemala	40.000
1954	Inundação	China (Hopeh)	30.000
1959	Inundação	China	2.000.000
1960	Inundação	Bangladesh	10.000
1960	Terremoto	Morroco (Agadir)	12.000
1961	Furacão	Bangladesh (Megna Estuary)	11.000
1962	Terremoto	Irã (Islam)	12.000
1963	Furacão	Bangladesh (Chittagong)	11.000
1965	Furacão	Bangladesh (Barisal)	36.000
1965	Estiagem	Índia	500.000
1966	Estiagem	Índia	500.000
1967	Estiagem	Índia	500.000
1968	Terremoto	Irã (Khorasan)	10.000
1970	Furacão	Bangladesh (Khulna)	300.000
1970	Terremoto	Peru (Chimbote)	67.000
1970	Terremoto	China (Yunnan)	10.000
1973	Estiagem	Etiópia	100.000
1974	Estiagem	Etiópia	200.000
1974	Terremoto	China (Yunnan)	20.000
1974	Estiagem	Somália	19.000
1975	Terremoto	China (Anshan)	10.000
1976	Terremoto	China (Tangshan)	242.000
1976	Terremoto	Guatemala	23.000
1977	Furacão	Índia (Tamil)	14.000

Tabela 2.6 (Continuação)

1978	Terremoto	Irã (Tabas)	25.000
1984	Estiagem	Etiópia	300.000
1984	Estiagem	Sudan	150.000
1985	Vulcanismo	Colômbia (Armero)	22.000
1988	Terremoto	Armênia	25.000
1990	Terremoto	Irã	40.000
1991	Furacão	Bangladesh	140.000
1993	Terremoto	Índia	10.000
1998	Furacão	Honduras	15.000
1999	Inundação	Venezuela (Vargas)	30.000
2000	Fome	Coréia do Norte	28.000
2001	Terremoto	Índia	20.000
2004	Tsunami	Índia	16.000
2004	Tsunami	Indonésia (Aceh)	166.000
2004	Tsunami	Sri Lanka	35.000

2.3. PERIGO (*HAZARD*) E RISCO (*RISK*)

2.3.1. Definição

No Brasil, dependendo dos profissionais e instituições, traduz-se o termo em inglês *hazard* como “perigo” ou “ameaça”. No presente texto, adotar-se-á o termo “perigo” para a tradução de *hazard*.

Os termos perigo (*hazard*) e risco (*risk*) são freqüentemente utilizados como sinônimos. Mas, eles não são. O perigo é um fenômeno natural que ocorre em épocas e região conhecidas que podem causar sérios danos nas áreas sob impacto. Assim, perigos naturais (*natural hazards*) são processos ou fenômenos naturais que ocorrem na biosfera, podendo constituir um evento danoso e serem modificados pela atividade humana, tais como a degradação do ambiente e urbanização. Enquanto que o risco é a probabilidade de perda esperada para uma área habitada em um determinado tempo, devido à presença iminente de um perigo (UNDP, 2004).

Exemplificando tal relação, um fenômeno atmosférico extremo como um tornado, que costuma ocorrer em uma determinada região (susceptibilidade) e época conhecida, gera uma situação de **perigo**. Se este se deslocar na direção de uma determinada área povoada, com uma possibilidade real de prejuízos em um determinado período (vulnerabilidade), teremos então uma situação de **risco**. Se o tornado atingir a área povoada, provocando danos materiais e vítimas, será denominado como um **desastre natural**. Caso o mesmo ocorra não ocasionando danos, será considerado como um **evento natural** (OGURA E MACEDO, 2002).

Neste sentido, quando se trata de risco, deve-se considerar o perigo e a vulnerabilidade (densidade demográfica, infra-estrutura, pobreza, etc.) do sistema

que está preste a ser impactado. Além disso, dois tipos de perigos geram situações de risco completamente distintas para uma mesma área, devido à época de ocorrência (estação do ano), a tipologia do fenômeno (inundação ou escorregamento), a intensidade e abrangência dos mesmos (estiagem e tornado). Desta forma, nota-se que a grandeza do perigo não acompanha a do risco. Em outras palavras, o valor de perigo não tem uma relação linear com o do risco.

Analisando a literatura, as definições de risco, vulnerabilidade, perigo e susceptibilidade, observa-se que não há um acordo entre os pesquisadores e/ou gerenciadores. Isto aumenta ainda mais a dificuldade no estabelecimento de métodos comuns.

Porém, existem diversas tentativas para quantificar perigo, risco e vulnerabilidade. Por exemplo, a fim de gerenciar inundações em uma cidade da África do Sul, Stephenson (2002) propôs o índice de perigo-risco de inundação que se trata de um múltiplo de índice de perigo e índice de risco (Figura 2.3).

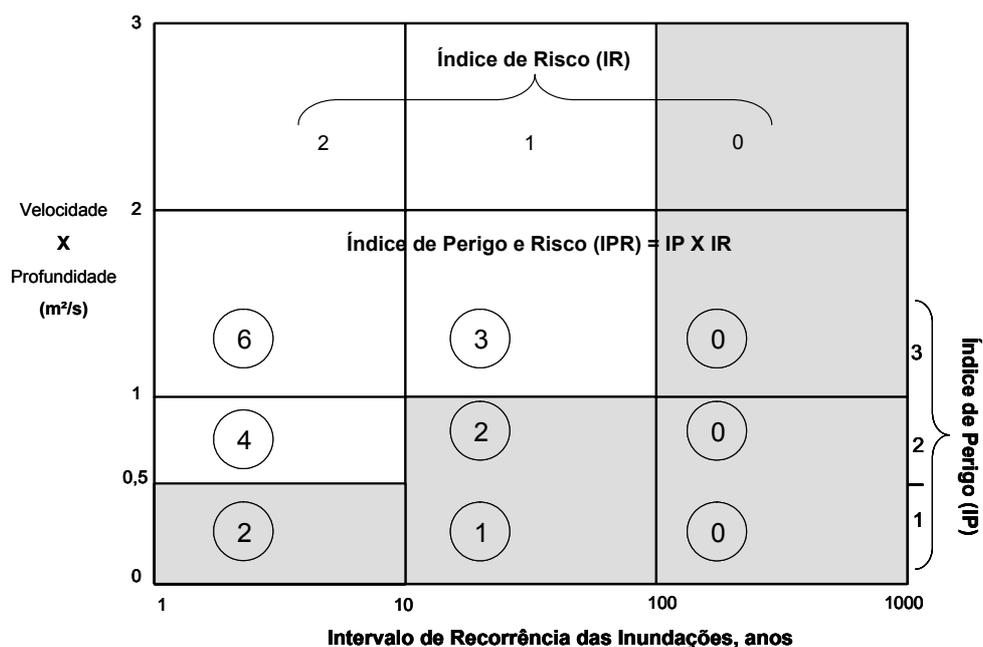


Figura 2.3 - Índice de perigo e risco.

Fonte: adaptada de Stephenson (2002).

Outra forma de mensurar os desastres foi proposta por Cardona (2005), através do Índice Local de Desastre (LDI). Neste índice, são identificados os riscos sociais e ambientais, resultantes dos eventos de maior recorrência de baixo nível. Este índice representa a propensão de uma localidade para experimentar desastres de pequena escala e seus impactos acumulados no desenvolvimento dessa comunidade. Cardona (2005) cita que ele é o somatório de três outros índices, os

quais são: índice de pessoas mortas (LDI_M), índice de pessoas afetadas (LDI_A) e o índice de danos materiais (LDI_D), conforme demonstrado a seguir:

$$LDI = LDI_M + LDI_A + LDI_D$$

A Figura 2.4 demonstra esquematicamente como o LDI pode ser obtido, baseando-se nas informações dos eventos de cada município.



Figura 2.4 – Diagrama representativo do LDI.

Fonte: adaptada de Cardona (2005).

2.4. CLIMA E TEMPO

O **tempo** é definido como o estado das condições atmosféricas em um determinado momento e local, podendo mudar totalmente num momento posterior (VIANELLO e ALVES, 2000). Por exemplo, num determinado dia pode amanhecer com chuva e frio (tempo “feio”), mas no decorrer do dia o céu pode mudar, ficando sem nuvens, ensolarado e quente (tempo “bonito”). Cada estação do ano apresenta um conjunto característico de tipos de tempo. Quando mudam as estações (verão, outono, inverno e primavera), já temos uma idéia dos tipos de tempo esperados. Geralmente no inverno predominam as temperaturas mais baixas, no verão as mais altas. Em cada estação dominam certos tipos de tempo, porém podem ocorrer, de forma passageira, condições atmosféricas típicas de outras estações.

O **clima**, por sua vez, é caracterizado pela sucessão habitual dos tipos de tempo, para um determinado local e época do ano (VIANELLO e ALVES, 2000). Sua caracterização é baseada na análise de um grande número de dados registrados em estações meteorológicas durante longos períodos. A Organização Mundial de Meteorologia (OMM) recomenda que são necessários no mínimo 30 anos de dados para estabelecer uma correta caracterização climática de uma região.

No Brasil, até a atualidade, a maior parte dos desastres naturais são causados pela dinâmica externa da Terra, que é conduzida pelos processos

atmosféricos. Desta forma, entender as configurações atmosféricas que atuam em nossa região é fundamental para a compreensão dos processos que originam os desastres naturais.

Para melhor entender a relação entre fenômenos atmosféricos e desastres naturais, é necessário conhecer os sistemas produtores de tempo como os ciclones, anticiclones, sistemas frontais e áreas de instabilidades regionais e locais.

2.4.1. Dinâmica atmosférica e sistemas produtores de tempo

A circulação geral da atmosfera é desencadeada pela desigual distribuição de energia sobre a superfície terrestre, iniciando-se pela movimentação da energia acumulada nos trópicos em direção aos pólos. Essa movimentação forma três células de circulação em cada hemisfério: tropical, temperada e polar. Como exemplo, o ar que sobe na linha do equador (0°) resfria-se e torna-se pesado em altitude, descendo a 30° de latitude. Nessa faixa, o ar desloca-se na superfície tanto para norte quanto para sul. Ao retornar para o equador (norte), completa a **célula de circulação tropical**. Esse mesmo processo também ocorre nas latitudes temperadas (30° e 60°) e nas latitudes polares (60° e 90°), formando as **células de circulação temperada e polar**, respectivamente (HOLTON, 1992).

As faixas de altas e baixas pressões, decorrentes da **divergência** (saída) e **convergência** (encontro) do ar, são interrompidas, devido à diferença de aquecimento entre terras e águas, formando **centros de baixas e altas pressões**, sobre os continentes e oceanos. Como as terras aquecem e resfriam mais rapidamente que as águas, os centros de pressão alternam suas posições em função das estações do ano.

Ciclone é o termo usado para descrever uma baixa pressão central, em relação às áreas circundantes, com características de tempo instável e tempestuoso. Sua circulação dá-se no sentido horário no Hemisfério Sul e anti-horário no Hemisfério Norte. Já o **anticiclone** ocorre quando existe uma alta pressão central, em relação às áreas circundantes, cuja circulação ocorre no sentido inverso ao do ciclone, e o tempo que o acompanha é geralmente estável (céu claro) (HOLTON, 1992; VAREJÃO-SILVA, 2001). A Figura 2.5 mostra o desenho esquemático desses sistemas de pressão atmosférica.

Centros de circulação atmosféricas

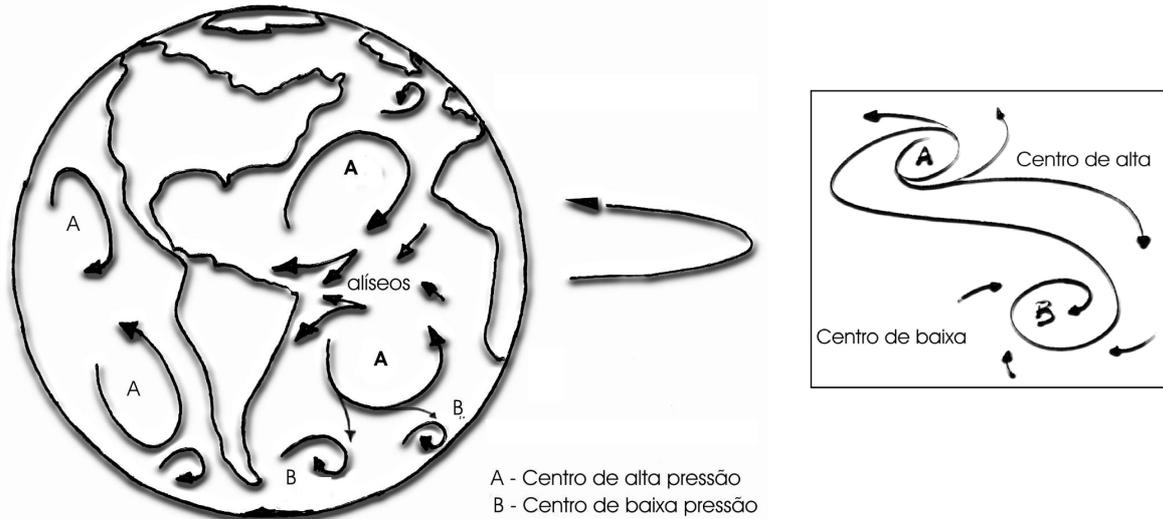


Figura 2.5 – Representação do ciclone e anticiclone.

Os ciclones e anticiclones são centros de ação atmosférica, nos quais o ar adquire suas características individualizando-se como **massas de ar** que podem ser quentes ou frias, úmidas ou secas. Normalmente o ar que sai das altas pressões é atraído para as baixas pressões, dando origem a uma seqüência de tipos de tempo que vai dos mais estáveis aos mais tempestuosos, respectivamente.

Este modelo, em escala local, explica a **brisa marinha e terrestre**. Durante o dia a costa aquece mais rapidamente que o mar. O ar sobe na costa, formando uma baixa pressão e desce sobre o mar dando origem a uma alta pressão. O ar que se acumula sobre o mar se desloca então para o continente dando origem à brisa marinha. À noite as águas mantêm-se mais aquecidas do que o continente. O ar sobe sobre o mar e desce sobre a superfície terrestre. Da alta pressão que se forma sobre a terra mais fria ocorre divergência do ar, ou seja, o ar sai do continente para o oceano originando a brisa terrestre (VIANELLO e ALVES, 2000).

São variados os sistemas atmosféricos que causam desastres naturais em Santa Catarina. Um dos mais freqüentes é o **sistema frontal (SF)**, que são definidos pelo encontro de duas massas de ar com características distintas, que gera tempo instável (Figura 2.6). Estas áreas de instabilidades produzem muita chuva, que pode desencadear inundações, inundações bruscas (enxurradas), além de vendavais, granizos e tornados. Estes sistemas podem ocorrer o ano inteiro, mas é no inverno que a sua atuação é mais freqüente e intensa (MONTEIRO, 2001).



Figura 2.6 – Representação do sistema frontal.

Os **ciclones extratropicais (CE)** são circulações atmosféricas de baixa pressão que se formam pela convergência de massas de ar e propagam-se junto com frentes polares (VAREJÃO-SILVA, 2001). São perturbações comuns de ocorrerem no Oceano Atlântico, próximos à costa catarinense, podendo causar ressacas, chuvas e ventos fortes.

Os sistemas **convectivos isolados (CI)** ocorrem geralmente no verão e também podem gerar fenômenos adversos. Estes são formados devido ao aquecimento diurno que causa grande evaporação, ocasionando assim a formação de nuvens profundas (cumulonimbus) através de processos convectivos (ascensão de ar quente e úmido). Estes podem se associar com os SF e gerar muita chuva, vendavais e granizos.

Dentre os sistemas atmosféricos que desencadeiam desastres naturais em Santa Catarina estão também os **complexos convectivos de mesoescala (CCM)**. Estes se formam no norte da Argentina e Paraguai (região do Chaco) e deslocam-se sobre Santa Catarina atingindo principalmente o oeste do estado. São sistemas com intensidade suficiente para gerar chuvas fortes, ventos, tornados, granizos, etc (SILVA DIAS, 1996).

A **zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS)** é uma faixa de instabilidade que se estende da Região Amazônica para sudoeste do Brasil, atingindo com maior frequência a mesorregião norte de Santa Catarina. A atuação

deste sistema atmosférico também pode ocasionar eventos extremos como os gerados pelas frentes frias.

A atuação das **massas polares (MP)**, após a passagem de frentes frias, por vezes ocasiona geada de advecção que podem provocar grande prejuízo à agricultura. Além desse tipo também pode ocorrer geada de radiação, em função do resfriamento da terra no período noturno. Entretanto, as geadas provocadas pela passagem de massas polares são capazes de atingir grandes extensões de áreas, enquanto a geada de radiação abrange áreas mais localizadas (AYOADE, 1998).

2.4.2. Chuva

O que se imagina com a palavra chuva? A chuva é a água na atmosfera? O vapor d'água também é chuva? Qual a diferença entre chuva e nuvem?

A chuva faz parte de um dos ciclos mais importante para a vida no planeta: o ciclo da água. Segundo Silveira (2004), a energia que produz o ciclo da água vem do Sol, que inicia provocando a evaporação de lagos, mares, rios, etc (Figura 2.7). A água evaporada (vapor d'água) vai sendo acumulada no ar, que ao subir vai expandindo-se pela diminuição da pressão atmosférica. A expansão causa o resfriamento do ar que vai perdendo a capacidade de conter umidade (vapor d'água), iniciando-se o processo de retorno ao estado líquido (condensação) sob a forma de pequenas gotículas de água. Deste processo resultam as nuvens, quando ocorre em altitude, e a neblina (cerração), quando próximo ao solo. Para a formação de uma única gota de chuva necessita-se, em média, de aproximadamente um milhão de gotículas de água formadas pela condensação (processo lento) ou pela captura (processo rápido). (VIANELLO e ALVES, 2000). Com a formação das gotas de chuva, ocorre a precipitação que poderá ocorrer no estado líquido (chuva) ou sólido (granizo ou neve).

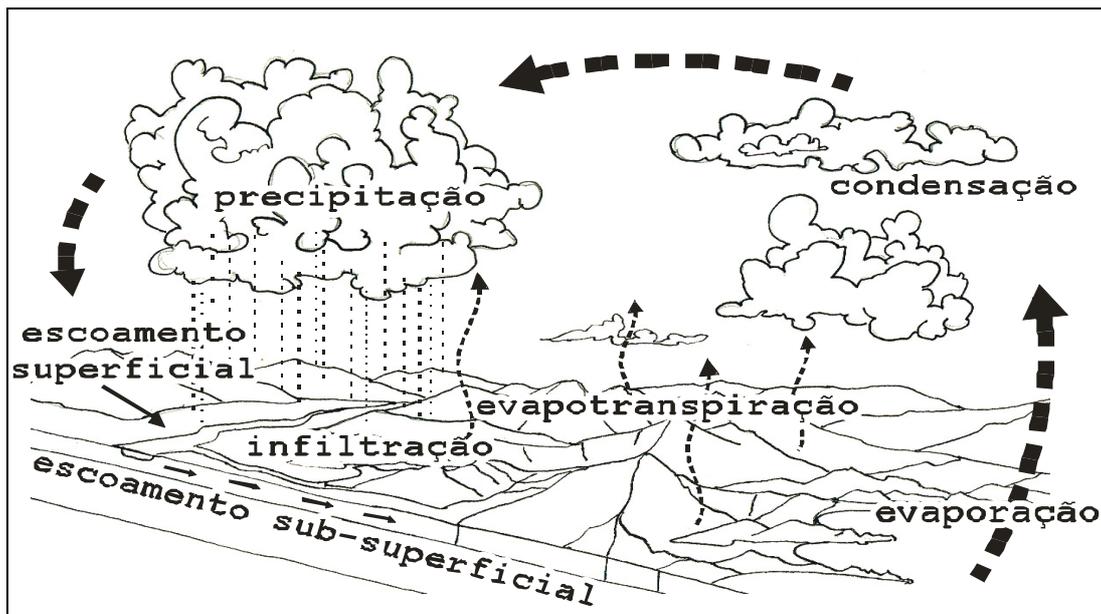


Figura 2.7 – Ciclo hidrológico.

2.4.3. Tipos de chuvas e suas formações

Existem diferentes processos que desencadeiam as chuvas, variando de acordo com o local, formas de relevo e temperatura do ambiente. De acordo com a maneira que o ar eleva-se, a chuva pode ser classificada em três tipos principais (AYOADE, 1998):

- **Chuva convectiva:** está relacionada com instabilidade convectiva, ou seja, o movimento vertical do ar resulta do processo de aquecimento da superfície terrestre pelo Sol, ocasionando colunas de ar ascendentes (ar que sobe para a troposfera superior). Este processo resulta na formação de nuvens do tipo cumulonimbus, que possuem um elevado desenvolvimento vertical e formato típico de um cogumelo. Geralmente essas chuvas são intensas e de curta duração, ocorrendo com mais frequência no verão, no período vespertino (Figura 2.8).

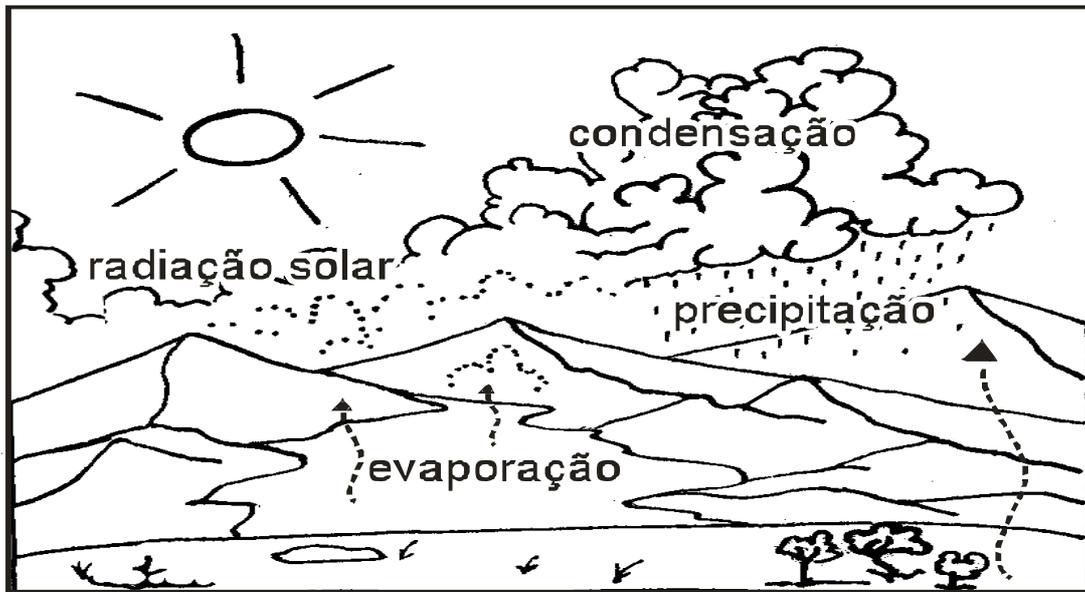


Figura 2.8 – Chuva convectiva.

- **Chuva orográfica:** ocorre quando a elevação do ar úmido é causada inteira ou principalmente por um terreno elevado, dando início a um processo de convecção forçada (efeito orográfico). O ar é forçado a subir, expandindo-se, formando nuvens e na seqüência a chuva orográfica. Essa precipitação ocorre praticamente à barlavento da encosta, enquanto que à sotavento geralmente não recebe chuva (Figura 2.9). É desse processo que surge a grande incidência de nebulosidade e chuva próxima às altas encostas das montanhas.



Figura 2.9 – Chuva orográfica.

- **Chuva frontal:** são precipitações provenientes da circulação associada aos sistemas frontais. As frentes frias podem ocasionar chuvas intensas, podendo ser acompanhadas de trovoadas, granizos, vendavais e tornados. As frentes quentes provocam chuva contínua de menor intensidade. A Figura 2.10 mostra um exemplo da nebulosidade típica de chuva frontal originada de uma frente fria.

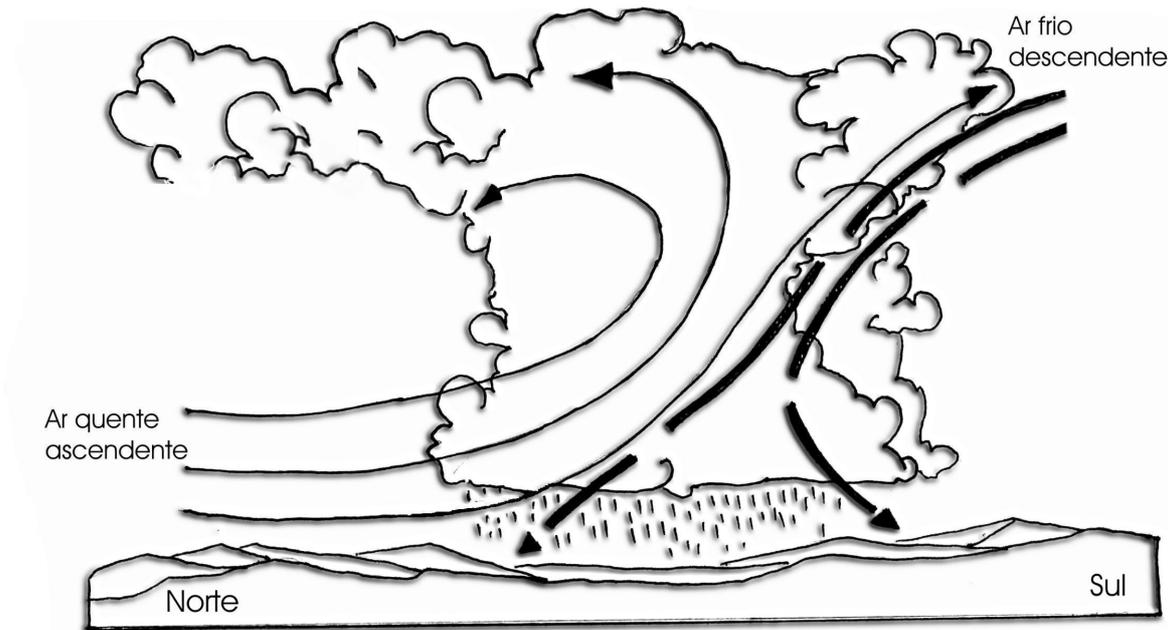


Figura 2.10 – Chuva frontal.

2.4.4. Fenômeno ENOS – El Niño e La Niña

O El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno atmosférico-oceânico, que tanto na sua fase positiva quanto negativa, afeta os padrões de circulação atmosférica a nível regional e global. Essas mudanças alteram os regimes de chuva em regiões tropicais e de latitudes médias. Normalmente, observam-se águas superficiais relativamente mais frias (ressurgência¹) no Oceano Pacífico Equatorial Leste (costa oeste da América do Sul), enquanto que no Pacífico Equatorial Oeste (costa leste da Austrália), águas mais aquecidas (VOITURIEZ e JACQUES, 2000).

O fenômeno **El Niño**, que representa a fase positiva do ENOS, caracteriza-se pelo enfraquecimento dos ventos alísios² e o aumento da temperatura da superfície do mar (TSM) no Oceano Pacífico Equatorial Leste, resultando em águas mais

¹ Ressurgência é o movimento vertical da água, normalmente próximo à costa, trazendo a água fria e carregada de nutrientes do fundo do oceano para as camadas de água superficiais.

² Ventos em superfície que se deslocam dos trópicos para o equador (VIANELLO e ALVES, 2000).

quentes próximas à costa oeste da América do Sul (VOITURIEZ e JACQUES, 2000). As conseqüências deste fenômeno para a Região Sul do Brasil são chuvas intensas de maio a julho e primavera, além do aumento da temperatura média. O aumento de precipitação no Sul do Brasil está relacionado com a intensificação do jato subtropical associado a uma situação de bloqueio na troposfera superior, estacionando os sistemas frontais nessa região do país (VAREJÃO-SILVA, 2001). Como exemplo, citam-se as inundações catastróficas ocorridas em 1983, que afetaram praticamente todos os municípios de Santa Catarina (HERRMANN, 2001).

O fenômeno oposto **La Niña**, que representa a fase negativa, caracteriza-se pela intensificação dos ventos alísios e pelo declínio da TSM no Pacífico Equatorial Leste. As águas costeiras no oeste da América do Sul tornam-se ainda mais frias devido à intensificação do movimento de ressurgência (VOITURIEZ e JACQUES, 2000). Alguns impactos do La Niña são opostos aos do El Niño, ou seja, na Região Sul do Brasil acontecem períodos de estiagem na ocorrência desse fenômeno (VAREJÃO-SILVA, 2001).

2.4.5. O futuro climático do Brasil: enfoque especial para Santa Catarina

Muitos pesquisadores têm direcionado seus trabalhos para prever o que poderá acontecer com o clima daqui a alguns anos. Como resultado destes estudos, tem sido consenso de que está havendo alterações na atmosfera terrestre, principalmente no que se refere ao aumento da temperatura média da Terra. Este aquecimento global poderá gerar diversas conseqüências, sendo que uma delas é o aumento dos eventos atmosféricos extremos, como as tempestades severas. Apesar de não haver ainda um consenso sobre a relação direta entre as instabilidades atmosféricas e as mudanças climáticas globais (LIGHTHILL, 1994; MCBEAN, 2004), verifica-se que também houve um aumento das tempestades nas últimas décadas, principalmente em escala regional (EASTERLING et al., 2000; NICHOLLS, 2001).

Vários modelos de previsão climática têm apontado para um aumento de ocorrência de tempestades severas para as regiões Sul e Sudeste do Brasil (SINCLAIR e WATTERSON, 1999; MET. OFFICE, 2004). Dentre esses, o modelo climático global elaborado pela instituição *The Hadley Centre for Climate Prediction and Research*, subordinado ao Serviço Meteorológico da Grã-Bretanha, *Meteorological Office*, teve como objetivo simular a formação de tempestades severas no globo para concentrações dobradas de CO₂ na atmosfera (MET. OFFICE, 2004).

A Figura 2.11 mostra o resultado dessa simulação para uma parte da América do Sul, sendo que os pontos mais escuros indicam as áreas em que haverá um aumento de tempestades severas³. Nessa mesma figura foi sobreposta a trajetória do Furacão Catarina, coincidindo com a área em que o modelo prevê maior intensidade de tempestades. Este furacão atingiu a região sul de Santa Catarina nos dias 27 e 28 de março de 2004, sendo considerado o primeiro furacão do Atlântico Sul, causando sérios danos sócio-econômicos a vários municípios catarinenses e gaúchos (MARCELINO et al, 2005).

Para muitos pesquisadores que estudam a relação das mudanças climáticas globais com o aumento de tempestades severas, a ocorrência do furacão Catarina comprova muitas previsões climáticas realizadas anteriormente. Além disso, observando a ocorrência e a intensidade de furacões em diversos locais no mundo, pesquisadores acreditam que o aquecimento global irá favorecer a formação dos furacões, principalmente os de categoria 4 e 5 (WEBSTER et al, 2005; EMANUEL, 2005).

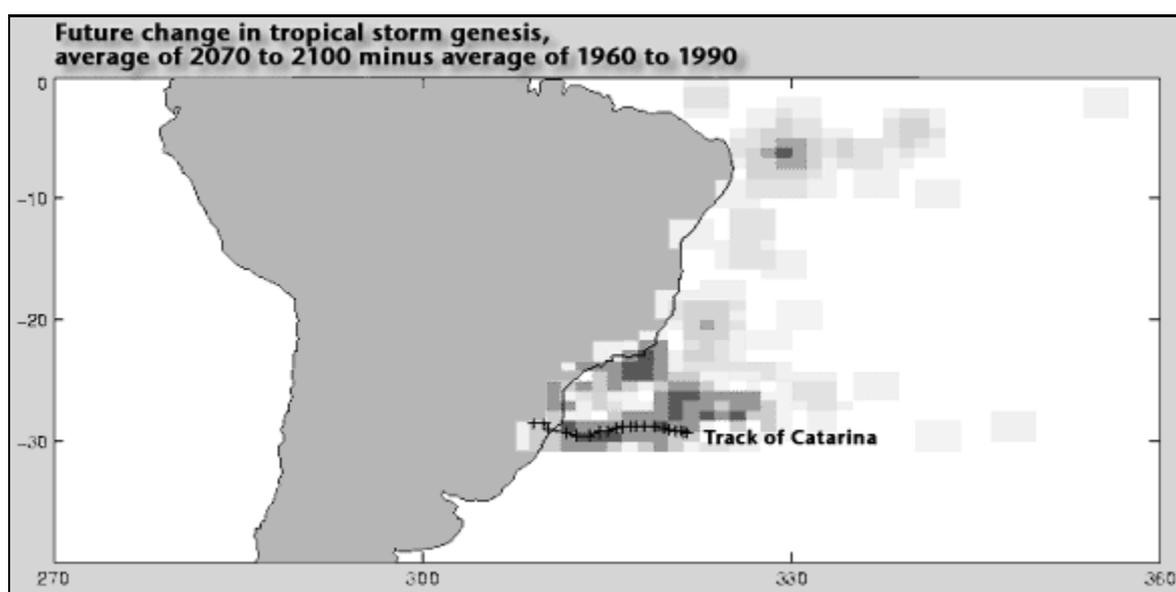


Figura 2.11 – Resultado do modelo HadCM3 do Met. Office que prevê o aumento de tempestades severas para algumas regiões da América do Sul e o trajeto realizado pelo Ciclone Catarina.
Fonte: Met Office (2004).

³ Lembre-se que tempestades severas referem-se a furacões ou a tempestades capazes de gerar tornados, vendavais, granizo, inundações bruscas, entre outros. Todos esses fenômenos são potenciais para causar desastres naturais de grande magnitude e sérios danos sócio-econômicos.

REFERÊNCIAS

- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 332 p.
- BURTON, I.; KATES, R. W.; WHITE, G. F. **The environment as hazard**. New York: Oxford Univ. Press, 1978. 240 p.
- CARDONA, O.D. A system of Indicators for disaster risk management in the Americas. In: 250th Anniversary of the 1755 Lisbon earthquake, 2005. **Proceedings**. Lisbon, 2005.
- CASTRO, A. L. C. **Glossário de defesa civil: estudo de riscos e medicina de desastres**. Brasília: MPO/ Departamento de Defesa Civil, 1998. 283 p.
- CASTRO, A. L. C. **Manual de planejamento em defesa civil. Vol.1**. Brasília: Ministério da Integração Nacional/Departamento de Defesa Civil, 1999. 133 p.
- EASTERLING, D. R.; MEEHL, G. A.; PARMESAN, C.; CHANGNON, S. A.; KARL, T. R.; MEARNES, L. O. Climate extremes: observations, modeling, and impacts. **Science**, v. 289, p. 2068-2074, 2000.
- EMANUEL, K. Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. **Nature**, v. 436, 2005. p.686-688.
- FROEHLICH, W.; GIL, E.; KASZA, I.; STARKEL, L. Thresholds in the transformation of slopes and river channels in the Darjeeling Himalaya, India. **Mountain Research and Development**, v.10, p.301-312, 1990.
- GARES, P. A.; SHERMAN, D. J.; NORDSTROM, K. F. Geomorphology and natural hazards. **Geomorphology**, v.10, p.1-18, 1994.
- HERRMANN, M. L. P. **Levantamento dos Desastres Naturais Causados pelas Adversidades Climáticas no Estado de Santa Catarina, Período 1980 a 2000**. Florianópolis: IOESC, 2001. 89p.
- HEWITT, K. The idea of calamity in a technocratic age. In: HEWITT, K. (Ed.) **Interpretations of calamity: from the view point of ecology**. London: Allen and Unwin, 1983. p.3-32.
- HOLTON, J. R. **An introduction to dynamic meteorology**. New York: Academic Press, 1992.
- LIGHTHILL, J.; HOLLAND, G.; GRAY, W.; LANDSEA, C.; CRAIG, G.; EVANS, J.; KURIHARA, Y.; GUARD, C. Global climate change and tropical cyclones. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 75, n. 11, p. 2147-2157, 1994.
- MARCELINO, E. V.; RUDORFF, F. M.; MARCELINO, I. P. V. O.; GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M. Impacto do Furacão Catarina sobre a região sul catarinense: monitoramento e avaliação pós-desastre. **Geografia**, v. 30, n. 3, 2005. p. 559-582.
- MCBEAN, G. Climate change and extreme weather: a basis for action. **Natural Hazards**, v. 31, p. 177-190, 2004.
- MET OFFICE. **Catarina hits Brazil: South Atlantic Hurricane breaks all the rules**. Disponível em: <<http://www.metoffice.com/sec2/sec2cyclone/catarina.html>> Acessado em: 30 out. 2004.
- MIZUTANI, T. **Science and technology for natural disasters prevention**. Tokyo: University of Tokyo Press, 2002. 207 p. (em japonês).

- MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, v. 16, n. 31, p. 69-78, 2001.
- NICHOLLS, N. Atmospheric and climatic hazards: improved monitoring and prediction for disaster mitigation. **Natural Hazards**, 23, 137-155, 2001.
- OGURA, A.; MACEDO, E. S. Procesos y riesgos geológicos. In: **II Curso internacional de aspectos geológicos de protección ambiental**: notas de clases. Montevideo: UNESCO, 2002. p. 114-137.
- SCHUMM, S. A. Erroneous perceptions of fluvial hazards. **Geomorphology**, v.10, p.129-138, 1994.
- SIDLE, R. C.; TAYLOR, D.; LU, X. X.; ADGER, W. N.; LOWE, D. J.; LANGE, W. P.; NEWNHAM, R. M.; DODSON, J. R. Interactions of natural hazards and society in Austral-Asia: evidence in past and recent records. **Quaternary International**, n.118-119, p.181-203, 2004.
- SILVA DIAS, M. A. F. Complexos convectivos de mesoescala. In: **Climanálise Especial**: edição comemorativa de 10 anos. Cachoeira Paulista: INPE/CPTEC, 1996. p. 173-182.
- SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: RiMa, 2003. 140 p.
- SILVEIRA, A. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: Tucci, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. Porto Alegre: editora da UFRGS/ABRH, 2004. p 35-52.
- SINCLAIR, M. R.; WATTERSON, I. G. Objective assessment of extratropical weather systems in simulated climates. **Journal of Climate**, v. 12, p. 3467-3485, 1999.
- STEPHENSON, D. Integrated flood plain management strategy for the Vaal. **Urban Water**, v.4, p.425-430, 2002.
- TAKAHASHI, K. **Disaster sciences**. Tokyo: Nippon Hoso Shuppan Kyokai, 1975. 215p. (em japonês)
- UNDP – United Nations Development Programme. **Reducing disaster risk**: a challenge for development. New York, USA: UNDP, 2004. 129 p.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília: INMET, 2001.
- VIANELLO, R. L; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 2000. 449 p.
- VOITURIEZ, B; JACQUES, G. **El Niño**: fact and fiction. Paris: IOC Ocean Forum Series/UNESCO Publishing, 2000. 128 p.
- WEBSTER, P. J.; HOLLAND, G. J.; CURRY, J. A.; CHANG, H. R. Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. **Science**, v. 309, 2005. p. 1844-1846.
- WHITE, G. F. Natural hazards research: concepts, methods and policy implications. In: WHITE, G. F. **Natural hazards: local, national, global**. New York: Oxford Univ. Press, 1974, p.3-16.

PREVENÇÃO DE DESASTRES NATURAIS

"É melhor tentar e falhar, que se preocupar a ver a vida passar. É melhor tentar, ainda que em vão, que se sentir fazendo nada até o final. Eu prefiro na chuva caminhar, que em dias tristes em casa me esconder. Prefiro ser feliz, embora louco, que em conformidade viver"

Martin Luther King

Evitar que fenômenos naturais severos ocorram foge da capacidade humana. Entretanto, através da prevenção, pode-se desenvolver medidas que minimizem os impactos causados pelos mesmos.

Segundo Kobiyama et al. (2004), existem dois tipos de medidas preventivas básicas: as estruturais e as não-estruturais. As medidas estruturais envolvem obras de engenharia, como as realizadas para a contenção de cheias, tais como: barragens, diques, alargamento de rios, reflorestamento, etc. Contudo, tais obras são complexas e caras. As medidas não-estruturais geralmente envolvem ações de planejamento e gerenciamento, como sistemas de alerta e zoneamento ambiental. Neste caso, dois aspectos devem ser considerados:

- A implantação da infra-estrutura necessária às atividades humanas deve ser orientada por um zoneamento ambiental que considere a possibilidade de riscos ambientais, o que, na prática, é representado por mapas de áreas de risco. As restrições de uso são dependentes do risco ao qual está submetida uma área. Por exemplo, em algumas áreas de alto risco são permitidas apenas as ocupações para fins comunitários (parques, praças etc.);
- No caso da existência de atividades humanas já implantadas em áreas suscetíveis a desastres (centros urbanos onde ocorrem inundações, edificações construídas em encostas íngremes, etc.), a criação de um sistema de alerta nestas áreas pode auxiliar na redução dos danos e prejuízos. Para tanto, os principais fatores causadores dos desastres devem ser monitorados continuamente e, paralelamente, os dados devem alimentar um modelo

capaz de simular os fenômenos em tempo real. Assim, no momento em que o sistema identifica a aproximação de uma condição crítica, inicia-se o processo de alerta e retirada da população do local de risco.

3.1. ZONEAMENTO

Zoneamento é uma setorização territorial, de acordo com as diversas vocações e finalidades de uma determinada área, com o objetivo de potencializar o seu uso sem comprometer o meio ambiente, promovendo a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável.

Para a classificação e definição de setores ou zonas e seus respectivos usos, a organização das informações espaciais deve considerar fatores de ordem física, territorial e cultural. Os fatores de ordem física são dentre outros: rocha, solo, relevo, clima, vegetação, hidrografia e infra-estrutura; os fatores de ordem territorial dentre outros são: economia, política, organização social e cultura.

Para a realização de um zoneamento eficaz, é prioritário que as condições básicas sejam supridas. Em uma área destinada para uso residencial, por exemplo, é importante que esta não ofereça riscos aos bens materiais e físicos dos moradores. Para isto, uma série de dados deve ser disposta espacialmente e analisada hierarquicamente no sentido de indicar qual a área mais apropriada para este tipo de ocupação.

É importante considerar tanto os fatores de ordem cultural e territorial quanto os físicos, pois os interesses comerciais e políticos influenciam fortemente no processo de ocupação. Em muitos casos estes fatores fazem com que a população com menor poder aquisitivo ocupe áreas com maior suscetibilidade a risco, como encostas íngremes e planícies de inundação (áreas planas que margeiam um rio).

O zoneamento não é somente uma ferramenta para a prevenção, mas também para a correção de áreas já atingidas, nestes casos, ressalta-se que é fundamental conhecer a realidade das comunidades normalmente atingidas. Para tanto, a aplicação de questionários é um método que supre a necessidade de conhecer a realidade das mesmas, levantando o número de residências e pessoas localizadas nestas áreas, a forma de ocupação, a localização, a qualidade das construções, a configuração do relevo, além das informações sobre os fenômenos e impactos gerados pelos mesmos (Anexo 1).

Como já mencionado, perigo e risco têm significados diferentes, logo, os mapas de perigo e risco também serão distintos. Pelas definições desses termos, fica claro que, a delimitação e classificação das áreas de perigo antecedem a criação das áreas de risco.

No caso do mapeamento de perigo, podem ser utilizadas três metodologias distintas:

- **Empírica:** Após a ocorrência do fenômeno, a área atingida é verificada em trabalho de campo e considerada como área de perigo;
- **Semi-empírica:** Além de caracterizar a área atingida como área de perigo, os fatores ambientais (topografia, solo, etc.) também são analisados, sendo que os valores críticos de fatores que podem causar o mesmo fenômeno são determinados numericamente (peso). Com base nesses valores, as áreas que possuem características semelhantes, também serão consideradas como áreas de perigo;
- **Física:** Com base nas leis da física são analisados os mecanismos de ocorrência de determinado fenômeno. Depois da realização de simulações numérica ou física, procura-se onde, teoricamente, o fenômeno poderá ocorrer. Desta forma, todas as áreas em que as simulações mostrarem a possibilidade de ocorrência do fenômeno serão consideradas como área de perigo.

Cada metodologia possui suas vantagens e desvantagens, de modo que o ideal é executar as três possibilidades para mapear as áreas de perigo.

Após a elaboração do mapa de perigo, as áreas de risco poderão ser mapeadas. Neste caso, todas as variáveis (população, vegetação, animais, propriedades, residências, infra-estrutura, entre outros) devem ser consideradas e seus valores devem ser computados. Portanto, a classificação de intensidade de risco, elaborada num momento, não necessariamente, servirá para outro momento. Por exemplo, se uma área de risco possui um elevado número de habitantes, então a intensidade do risco é alta. Mas se, num segundo momento, a maior parte dessa população deixar de viver nessa área, a intensidade do risco diminui.

Além desses exemplos, a modelagem numérica também é uma ferramenta que pode ser utilizada no mapeamento das áreas de perigo e risco. Como exemplo,

apresenta-se o resultado de um zoneamento para inundações na bacia do Rio Pequeno, em São José dos Pinhais – PR. Aplicando o modelo hidrológico TOPMODEL (BEVEN et al., 1995) a essa bacia, Santos e Kobiyama (2004) realizaram zoneamento de área de saturação (Figura 3.1) e também de área de preservação permanente (Figura 3.2). Neste caso, a área de saturação é considerada como áreas inundadas. As áreas de saturação e de preservação permanentes não devem ser ocupadas.

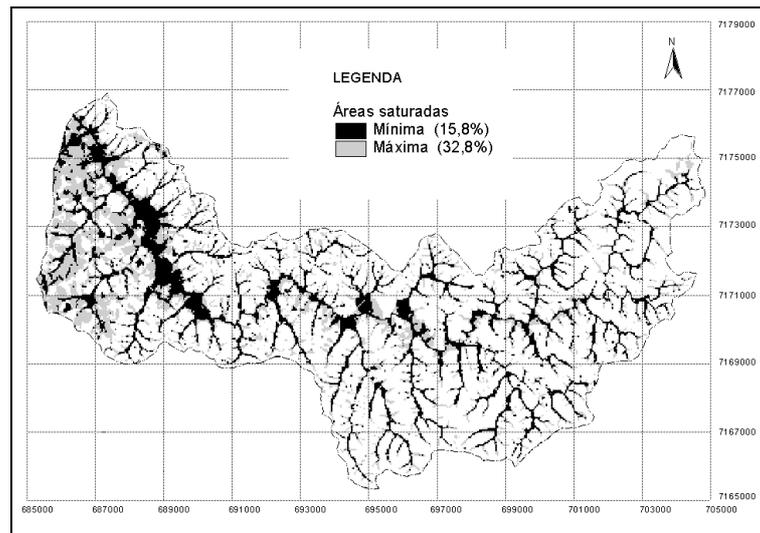


Figura 3.1 - Áreas inundadas na bacia do Rio Pequeno, Paraná.
Fonte: Santos e Kobiyama (2004).

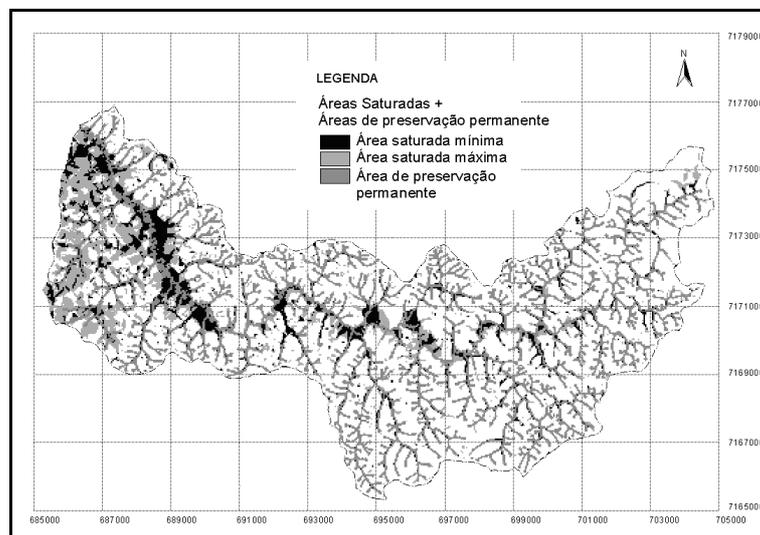


Figura 3.2 - Área de preservação permanente estabelecida pelo Código Florestal e áreas inundadas na bacia do Rio Pequeno, Paraná.
Fonte: Santos e Kobiyama (2004).

Shidawara (1999) mostrou a situação dos mapas de perigos de inundação no Japão e o que pensa a população japonesa sobre os mesmos. Este autor concluiu

que os mapas são muito efetivos como fontes de informações sobre inundação, principalmente em pequenos municípios. Além disso, os mapas possuem um grande papel no sistema de prevenção de inundação, pois nesses municípios torna-se muito difícil à implantação de sistemas mais sofisticados, como monitoramento e sistemas de alerta. O mesmo autor comentou que para ter maior eficiência no uso dos mapas, algumas atividades adicionais e contínuas são necessárias, por exemplo, usar mapas em escolas e produzir informativos municipais, com as informações dos mapas inseridas nos mesmos.

A importância do uso deste tipo de mapa tem sido cada vez mais confirmada em diversos países. Este tipo de mapeamento também visa suprir umas das maiores deficiências relacionadas aos desastres naturais no Brasil, que é a ausência de sistemas de alertas, que são ferramentas fundamentais para a prevenção de desastres naturais, especialmente os súbitos.

3.2. SISTEMA DE ALERTA

O sistema de alerta é um instrumento muito importante, especialmente quando tratamos de sistemas urbanos já implantados, uma vez que permite que a comunidade seja informada da ocorrência de eventos extremos e minimize os danos materiais e humanos.

A Figura 3.3 mostra um esquema de implantação de sistema de alerta em bacia hidrográfica, com seus principais componentes como: (1) monitoramento; (2) transmissão dos dados; (3) modelagem e simulação; (4) orientação para as instituições responsáveis e alerta para a população localizada nas áreas de risco. Já na Figura 3.4, apresenta-se um fluxograma demonstrando o papel do monitoramento e modelagem no sistema de alerta.

A ocorrência de desastres súbitos, por exemplo, inundações bruscas e fluxo de escombros (*debris flow*), são extremamente rápidos. Isto significa que o sistema de monitoramento e alerta em nível estadual (regional) pode não ter um bom desempenho contra os desastres súbitos, pois este tipo de sistema é lento demais. Por esta razão, pode-se dizer que o sistema de monitoramento e de alerta para os fenômenos súbitos deve ser realizado na escala local, ou seja, em nível municipal. Essa municipalização do sistema diminui a logística envolvida e, conseqüentemente, diminui os custos e agiliza seu funcionamento.

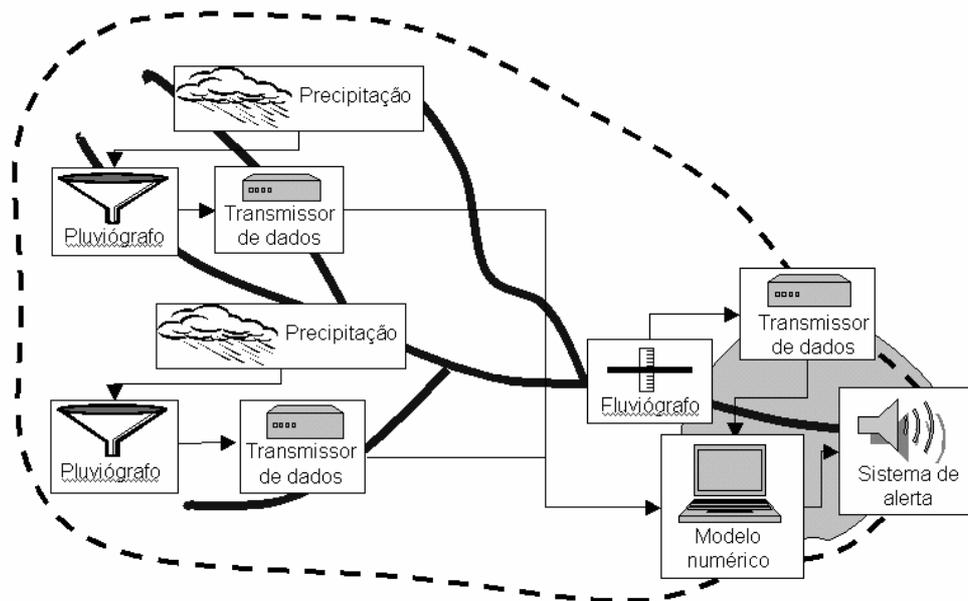


Figura 3.3 – Esquema de implantação de um sistema de alerta.
 Fonte: Kobiyama et al (2004)

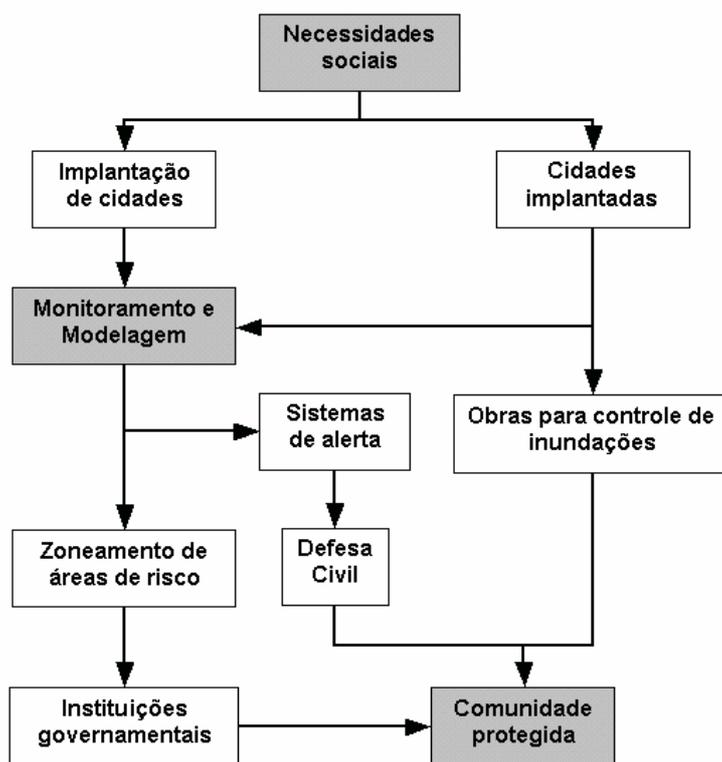


Figura 3.4 – Papel da modelagem no sistema de alerta.
 Fonte: Kobiyama et al (2004).

A aquisição dos dados em tempo real é cada vez mais importante para o sistema de alerta. Al-Sabhan et al. (2003) discutiram o uso de SIG e Internet para a previsão de inundações e para o sistema de alerta. Os mesmos autores mencionaram

três sistemas para fornecer os dados de precipitação e monitoramento na previsão em tempo real: pluviógrafo com telemetria convencional (linha telefônica, rádio e satélite), radar meteorológico e monitoramento com satélite.

Sistema de alerta de escorregamentos em grandes áreas durante chuva intensa consiste em: (1) relações empíricas e teóricas entre o regime pluviométrico e a iniciação de movimento de massa; (2) determinação geológica das áreas de perigo; (3) monitoramento em tempo real com telemetria; e (4) previsão de tempo (KEEFER, et al., 1987). Estudando a relação entre chuva e deslizamento, Wilson e Wieczorek (1995) concluíram que tanto a chuva antecedente quanto a intensidade da chuva são igualmente importantes para a deflagração (iniciar) dos escorregamentos.

3.3. MONITORAMENTO E MODELAGEM

O monitoramento é um processo contínuo de medição das características de um determinado fenômeno, visando a compreensão e modelagem dos mesmos.

Os fenômenos naturais, em sua maioria, são de grande complexidade, impossibilitando medir e/ou analisar todas as suas partes e/ou etapas. Uma alternativa amplamente utilizada para suprir tais necessidades é a modelagem. Tendo identificado as áreas mais suscetíveis à ocorrência de desastres naturais, os dados do monitoramento vão alimentar o modelo que permitira realizar a simulação dos mesmos. Estas simulações, por sua vez, fornecem uma magnitude e dimensão provável do fenômeno (KOBAYAMA et al., 2004).

A modelagem é o processo de gerar e/ou aplicar modelos. O modelo é uma representação simplificada de um sistema (ou objeto) tanto estático quanto dinâmico. Existem três tipos: (1) modelo físico, (2) modelo matemático e (3) modelo analógico. O primeiro utiliza formas físicas, sendo imitativos de um segmento do mundo real (CHRISTOFOLETTI, 2002); o segundo utiliza linguagens matemáticas para representar a natureza dos sistemas; e o terceiro vale-se da analogia das equações que regem diferentes fenômenos para modelar o sistema mais conveniente (TUCCI, 1998). Qualquer modelo corresponde a uma aproximação da realidade. Para ter um bom modelo fazem-se necessárias observações do sistema, ou seja, monitoramento. Aqui nota-se que os seres humanos são parte integral da paisagem (ou ecossistema). Portanto, como Philips (1999) sugeriu, ações humanas devem ser incorporadas aos modelos da paisagem física, que são utilizados para entender o sistema como um todo.

A simulação é a execução do modelo. Na execução, a calibração do modelo é indispensável. Pela natureza da simulação, quanto mais sofisticado o modelo, mais calibrações são necessárias. A calibração do modelo é sempre feita através de comparação dos dados obtidos pelo monitoramento com os dados simulados no modelo (KOBİYAMA et al., 2004).

Então fica claro que, o sucesso da modelagem e da simulação depende da qualidade do monitoramento, e que não há um bom modelo sem o uso de dados obtidos do fenômeno monitorado. Assim, a modelagem e o monitoramento não se confrontam, passando a serem métodos científicos mutuamente complementares, efetuados sempre paralelamente (KOBİYAMA e MANFROI, 1999).

Como já mencionado, no gerenciamento de desastres naturais existem duas formas para utilização dos resultados do monitoramento e da modelagem: medidas estruturais e não-estruturais. Ohmori e Shimazu (1994) mencionaram que, como cada tipo de fenômeno requer diferentes tipos de medidas estruturais para sua mitigação, distinguir onde e que tipo de fenômeno irá ocorrer torna-se extremamente importante para o planejamento do uso de solo e para os projetos de engenharia. Neste contexto, o monitoramento e a modelagem são fundamentais.

3.4. GERENCIAMENTO DE DESASTRES NATURAIS (GDN)

Para prevenir ou minimizar o prejuízo com desastres naturais, precisa-se executar o Gerenciamento de Desastres Naturais (GDN) (NETO, 2000). O GDN possui duas metas: (1) entender os mecanismos dos fenômenos naturais e (2) aumentar a resistência da sociedade contra esses fenômenos. Em geral, a primeira meta é realizada por universidades e institutos de pesquisas, a segunda pelos governos federal, estadual, municipal, empresas privadas, ONGs e comunidades (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 – Tipos de corpo executor que devem atuar no GDN.

Órgãos governamentais	= governo federal, estadual e municipal.
Órgãos não governamentais	= ONGs, empresas, associações comunitárias, etc.
Indivíduos	= pessoas.

Além disso, a prevenção deve ser realizada em todas as etapas de um desastre natural, ou seja, antes, durante e depois de algum evento (Tabela 3.2).

Essa divisão das etapas coincide com a divisão proposta por Mendiondo (2005). A Política Nacional de Defesa Civil apresenta quatro fases ao longo desse processo: (I) prevenção; (II) preparação; (III) resposta; e (IV) reconstrução (CASTRO, 1999; NETO, 2000). O item (I) e a maior parte do (II) correspondem a etapa “**antes**”; a parte restante do (II) e o item (III) correspondem ao “**durante**”; e o item (IV) ao “**depois**”. As etapas de pré-evento, evento e pós-evento possuem caráter temporal conforme a frequência dos desastres. Neto (2000) chamou o conjunto destas etapas como o Ciclo de Gerenciamento de Desastres Naturais.

Tabela 3.2 - Etapas na prevenção de desastres naturais.

Etapas	Classificação por CASTRO (1999)	Descrição
Pré-evento “Antes”	Prevenção e preparação	Antes de ocorrer os desastres, são realizadas atividades para reduzir os futuros possíveis prejuízos.
Evento “Durante”	Resposta	Durante e logo depois de ocorrência de desastres, são realizadas ações emergenciais. Uma das ações fundamentais é o levantamento (registro).
Pós-Evento “Depois”	Reconstrução	Após os desastres, atua-se na restauração e/ou reconstrução e/ou compensação dos prejuízos.

Na prática, existem (ou devem existir) diferentes ações para cada fase e para cada corpo executor. Estas ações encontram-se na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Atividades por tipos de órgãos e fases do processo de prevenção de desastres naturais.

Organização Fase	Governamental	Não Governamental (ONGs)	Individual
Pré-evento (Prontidão)	<ul style="list-style-type: none"> Levantar, com base científica, perigos e riscos de desastres naturais; Identificar as potencialidades da sociedade para a prevenção de desastres naturais (PDN); Realizar o mapeamento e zoneamento de áreas de perigos e riscos; Estabelecer uma legislação pertinente para a PDN; Criar órgão fiscalizador, com funcionários exclusivos e permanentes para a PDN, integrado aos diferentes setores institucionais (secretarias); Elaborar e divulgar os resultados e as vulnerabilidades de uma área ou região com base na simulação dos danos e prejuízos; Criar centros para integração de estações telemétricas, sistema de previsão e de alerta; Planejar medidas emergenciais; Desenvolver tecnologia com baixo custo para reforçar a infra-estrutura existente e obras de engenharia para contenção dos desastres; Promover a educação e o desenvolvimento de uma cultura de PDN; Treinar pessoas/comunidades para a PDN; Organizar sistema de seguro de vida, propriedade e atividades; Promover adequações no setor agrícola; Estabelecer medidas para fixação da população em sua cidade de origem, evitando o processo de migração e favelização; Buscar a integração entre a população, os técnicos e os cientistas para um melhor esclarecimento sobre a PDN e o auxílio nas tomadas de decisões. Placas com identificação dos níveis de inundação; Campanha com a população para não ocupar as áreas de risco; Preparar a população através de simulações. 	<ul style="list-style-type: none"> Buscar informações a respeito de áreas de perigo e riscos de desastres naturais; Participar no mapeamento e zoneamento das áreas de risco; Elaborar e divulgar os resultados e as vulnerabilidades de uma área ou região com base na simulação dos danos e prejuízos; Participar no planejamento de medidas emergenciais; •Criar órgão voluntário de defesa contra desastres (OVD) e/ou fortalecer os já existentes; Organizar grupos e/ou associações comunitárias; Identificar/cobrar a atuação de cada órgão governamental; Divulgar informações precisas sobre PDN, com base em estudos técnicos-científicos; Organizar debates e promover ações para a melhoria da qualidade da vida; Auxiliar no treinamento de pessoas/comunidades para a PDN, visando também a identificação de possíveis lideranças; Auxiliar na fiscalização de atividades em áreas de risco e denunciar ações de degradação ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> Buscar informações a respeito das áreas de perigo e riscos de desastres naturais, da simulação dos danos e prejuízos, e da vulnerabilidade da região; Auxiliar no processo de divulgação de informações; •Participar como membro atuante no OVD; Participar nos treinamentos de PDN e OVD; Evitar a ocupação de áreas de risco, cortes em terrenos inclinados e derrubada de árvores nas encostas dos morros; Evitar o depósito de lixo em canais pluviais/fluviais ou encostas; Organizar mutirão para limpeza e participar da coleta seletiva e reciclagem do lixo; Cobrar dos representantes eleitos a limpeza de bueiros e a coleta habitual do lixo; Colaborar na fiscalização.
Ação emergencial	<ul style="list-style-type: none"> Levantar rapidamente os danos e prejuízos; Fortalecer os sistemas para coleta, processamento e divulgação de dados; Estabelecer rede de informação (imprensa, radio amadores, líderes comunitários, etc.); Mobilizar população a ser retirada das áreas de risco; Administrar adequadamente o uso comum dos espaços (abrigos); Distribuição justa dos auxílios (financeiro, material, etc.) as comunidades afetadas; Mobilizar equipes de saúde e alimentação, assim como máquinas e caminhões. 	<ul style="list-style-type: none"> Divulgar alerta; •Aplicar as medidas preventivas do OVD; Fornecer informações para especialistas em PDN; Identificar as necessidades das comunidades mais afetadas; Participar na coleta e distribuição de alimentos, remédios e roupas. 	<ul style="list-style-type: none"> Esperar em casa pelo resgate ou procurar abrigo antes do perigo iminente; Ajudar os vizinhos; •Participar das atividades voluntárias do OVD; Buscar informações e apoiar às atividades emergenciais.
Pós-evento (Reconstrução e restauração)	<ul style="list-style-type: none"> Identificar a situação anterior e atual das vítimas dos desastres; Orçar os prejuízos e a reconstrução; Revisar o Plano Diretor do local destruído; Execução flexível dos projetos; Fortalecer a rede pública de saúde e 86a assistência social. Orientar processo de limpeza e higienização. 	<ul style="list-style-type: none"> •Aplicar as medidas do OVD; Auxílio psicológico às vítimas traumatizadas; Participar no planejamento e execução do processo de reconstrução das comunidades afetadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Restauração e reconstrução das residências destruídas; •Participação no OVD; Modificação das construções e atitudes para a PDN.

Contudo, em uma situação real, todos os órgãos sempre se apóiam entre si. Este esquema se encontra na Figura 3.5.

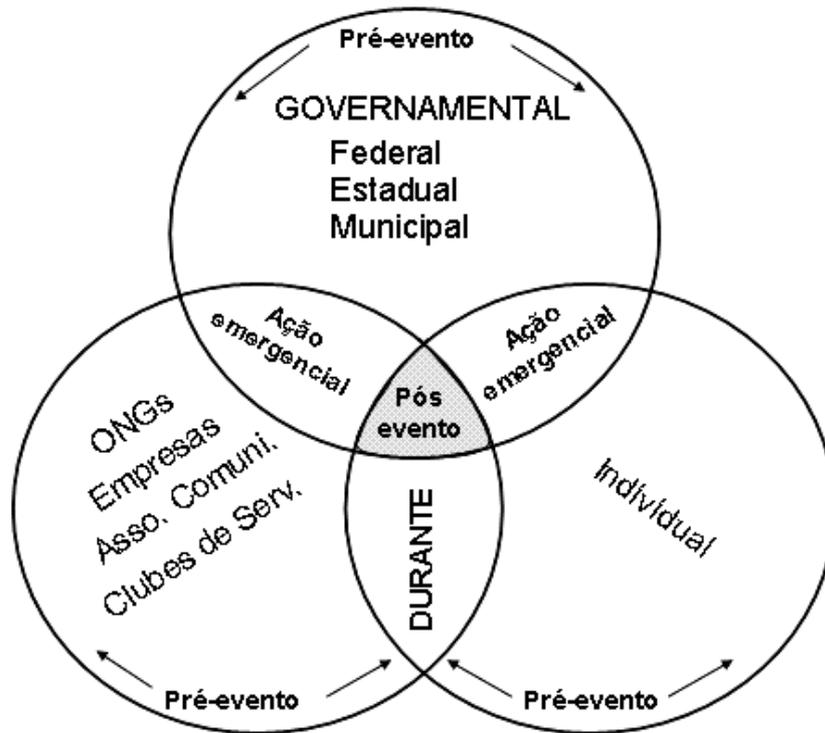


Figura 3.5 – Relação entre três atores no gerenciamento de desastres naturais

Como exemplo, cita-se o terrível terremoto que ocorreu na madrugada do dia 17 de janeiro de 1995, na cidade de Kobe (Japão), que causou aproximadamente 6.000 mortes. A investigação sobre os danos e prejuízos demonstrou que, nas comunidades onde era observada a união entre vizinhos e nas comunidades onde existiam grupos voluntários de apoio, houve menor número de mortes do que nas que não tinham estes tipos de iniciativas comunitárias.

Já no município de Alagoa Grande (PB) ocorreu uma falha na barragem de concreto no dia 17 de junho de 2004. Com esta falha, 60% de sua capacidade máxima de armazenamento (17 milhões de metros cúbicos) de água junto com sedimentos escoou para jusante destruindo vários municípios (FOLHA ONLINE, 2004). Na reportagem, observam-se diversas reclamações nas quais não houve ajuda dos órgãos públicos, por exemplo, da Defesa Civil. A população atingida precisou auto ajudar-se. Quando ocorre um desastre natural em grande escala, realmente é muito difícil para esses órgãos chegarem até o local do desastre ou mesmo implementarem com sucesso as ações emergenciais.

A lição aprendida com os exemplos anteriores é a importância da criação destas organizações voluntárias e a necessidade da existência de grupos de autodefesa contra desastres naturais (GADN). O ideal é que os GADNs sejam de caráter voluntário, compostos principalmente por vizinhos conhecidos. Não há manual descrevendo como criar este tipo de grupo, pois cada comunidade e/ou cada vila possuem diferentes características e necessidades sociais, culturais, econômicas e ambientais. A organização depende da vontade e do esclarecimento de cada indivíduo.

Os GADNs, organizados e capacitados por entidades não-governamentais e governamentais, podem atuar juntamente com as associações de moradores, associações de pais e professores, associações religiosas, COMDECs, entre outras.

REFERÊNCIAS

- AL-SABHAN, W; MULLIGAN, M; BLACKBURN, G. A. A real-time hydrological model for flood prediction using GIS and the WW. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 27, p. 9-32, 2003.
- BEVEN, K. J; LAMB, R.; QUINN, P.; ROMANOWICZ, R.; FREER, J. Topmodel. In: SINGH, V. P. (Ed.) **Computer models of watershed hydrology**. Water Resource Publication, 1995. p. 627-668.
- CASTRO, A. L. C. **Manual de planejamento em defesa civil**. Vol.1. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 1999. 133p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2002. 256 p.
- FOLHA ONLINE. **Rompimento de barragem deixa cinco mortos na Paraíba**. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u95952.shtml>> Acesso em: 23 jun. 2004.
- KEEFER, D. K; WILSON, R. C; MARK, R. C; BRABB, E. E.; BROWN, W. M.; ELLEN, S. D.; HARP, E. L.; WIECZOREK, G. F.; ALGER, C. S.; ZATKIN, R. S. Real-time landslide warning during heavy rainfall. **Science**, v.238, p. 921-925, 1987.
- KOBIYAMA, M; CHECCHIA, T; SILVA, R. V; SCHRÖDER, P. H; GRANDO, A. REGINATTO, G. M. P. Papel da comunidade e da universidade no gerenciamento de desastres naturais. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 834-846 (CD-ROM)
- KOBIYAMA, M; MANFROI, O.J. Importância da modelagem e monitoramento em bacias hidrográficas. In: CURSO DE EXTENSÃO: O MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS SOB A PERSPECTIVA FLORESTAL (1999: Curitiba), **Apostila**, Curitiba: Curso de Eng. Florestal - UFPR, 1999. p. 111-118.

- MENDIONDO, E.M. Flood risk management of urban waters in humid tropics: early warning, protection and rehabilitation. In: TUCCI, C.E.; GOLDENFUM, J. (orgs.) **Workshop on Integrated Urban Water Management in Humid Tropics**, UNESCO IHP-VI, 2005, Foz do Iguaçu, p. 1- 14.
- NETO, S.L.R. **Um modelo conceitual de sistema de apoio à decisão espacial para gestão de desastres por inundações**. São Paulo: USP, 2000. 231p. (Tese de doutorado em Engenharia)
- OHMORI, H; SHIMAZU, H. Distribution of hazard types in a drainage basin and its relation to geomorphological setting. **Geomorphology**, v. 10, p. 95-106, 1994.
- PHILLIPS, J.D. **Earth Surface Systems. Complexity, Order, and Scale**. Ed. Basil Blackwell, Oxford, UK 1999. 180 p.
- SANTOS, I; KOBAYAMA, M. Aplicação do TOPMODEL para zoneamento hidrológico da bacia do rio Pequeno, São José dos Pinhais - PR. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN, 2004. p.188-202.
- SHIDAWARA, M. Flood hazard map distribution. **Urban Water**, v. 1, p. 125-129, 1999.
- TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1998. 652 p.
- WILSON, R. C; WIECZOREK, G. F. Rainfall threshold for the initiation of debris flows at La Honda, California. **Environmental and Engineering Geoscience**, v.1, p.11-27, 1995.

DESASTRES NATURAIS E MEDIDAS PREVENTIVAS

*“Eu ouço, e eu esqueço;
Eu vejo, e eu me lembro;
Eu faço, e eu compreendo”*
Kung Fu-tse

Para conviver com os desastres naturais é fundamental entender cada fenômeno, conceituando-o e verificando quais as medidas preventivas que devem ser realizadas antes, durante e depois de sua ocorrência. Desta forma, os itens a seguir detalham vários fenômenos e suas respectivas medidas.

4.1. INUNDAÇÃO

4.1.1. Conceito

Analisando os dados sobre desastres naturais no Brasil no período de 1948 a 2004, disponibilizados pelo EM-DAT Internacional Disaster Database, Kobiyama et al. (2004a) demonstraram que no Brasil, os desastres naturais que provocam maiores perdas humanas foram as inundações (enchentes). Costa e Teuber (2001) mencionaram que as inundações são inevitáveis, mas por outro lado, pode-se reduzir significativamente os danos e prejuízos.

A frequência das inundações se altera devido a modificações na bacia hidrográfica. Plate (2002) afirmou que a pressão exercida pelo crescimento populacional resulta na exclusão da parcela mais pobre da população, que passam a viver na planície de inundação. Este tipo de problema é comumente presenciado nas áreas urbanas. Assim, devem ser introduzidos novos conceitos e práticas para uma melhor convivência com este fenômeno.

A inundação, popularmente tratada como enchente, é o aumento do nível dos rios além da sua vazão normal, ocorrendo o transbordamento de suas águas sobre as áreas próximas a ele (Figura 4.1). Estas áreas planas próximas aos rios sobre as quais as águas extravasam são chamadas de planícies de inundação. Quando não ocorre o transbordamento, apesar do rio ficar praticamente cheio, tem-se uma

enchente e não uma inundação. Por esta razão, no mundo científico, os termos “inundação” e “enchente” devem ser usados com diferenciação.

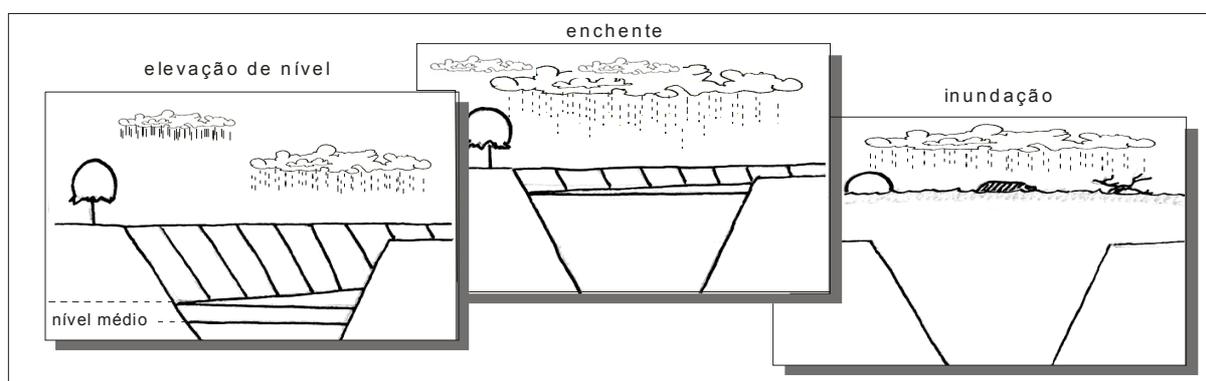


Figura 4.1 – Evolução do aumento do nível das águas do leito do rio.

A Defesa Civil classifica as inundações em função da magnitude (excepcionais, de grande magnitude, normais ou regulares e de pequena magnitude) e em função do padrão evolutivo (inundações graduais, inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas) (CASTRO, 2003). Apesar desta diferenciação, a maior parte das situações de emergência ou estado de calamidade pública são causadas pelas inundações graduais e bruscas.

Segundo Castro (2003), as inundações graduais ocorrem quando a água eleva-se de forma lenta e previsível, mantêm-se em situação de cheia durante algum tempo, e a seguir escoam-se gradualmente. Citando os rios Amazonas, Nilo, e Mississipi como exemplos, o mesmo autor mencionou que este tipo de inundação possui uma sazonalidade (periodicidade). Aparentemente, essa inundação não é tão violenta, mas sua área de impacto é extensa.

Por outro lado, popularmente conhecida como enxurrada, a inundação brusca ocorre devido a chuvas intensas e concentradas, principalmente em regiões de relevo acidentado. A elevação dos caudais é súbita e seu escoamento é violento (CASTRO, 2003). Ela ocorre em um tempo próximo ao evento da chuva que a causa. A elevação das águas ocorre repentinamente, causando mais mortos, apesar da área de impacto ser bem menor do que as inundações graduais.

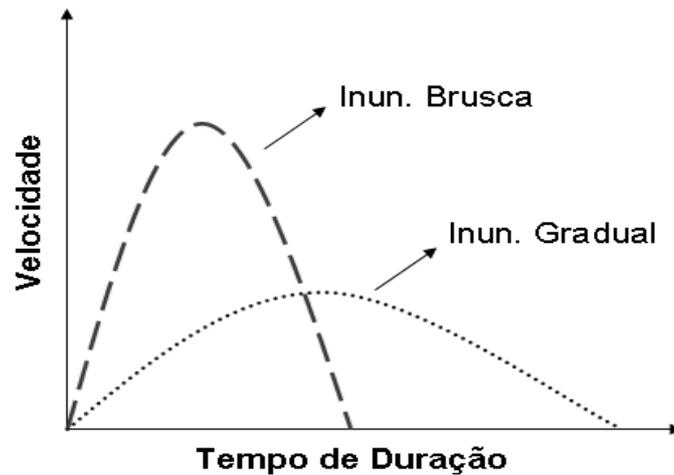


Figura 4.2 – Diferenças entre inundação gradual e brusca.

Neste contexto, surgem alguns questionamentos: as definições das inundações graduais e bruscas estão bem definidas? É fácil diferenciar inundações graduais e bruscas em campo? Baker (1994) comenta que existe uma grande divergência entre os cientistas sobre as definições a serem adotadas. Few et al. (2004) também citam que devido as diferentes percepções e terminologias utilizadas para as inundações, há uma dificuldade em padronizar as categorias das mesmas.

O fato é que até hoje diversas vezes as inundações graduais vêm sendo registradas como inundações bruscas e vice versa. Isto nem sempre é devido à falta de conhecimento, mas sim devido à dificuldade de identificação do fenômeno em campo e à ambigüidade das definições existentes. Isto pode ser facilmente compreendido por meio das informações colocadas nas Tabelas 4.1 e 4.2. O grande número de definições sobre inundações graduais e bruscas, encontrado nestas tabelas indica claramente que, como um desastre natural, é elevada a complexidade do fenômeno. Pois, além dos problemas tipicamente conceituais e etimológicos, algumas características comportamentais são similares para ambas às inundações, ou seja, ocorrem tanto nas inundações graduais como nas bruscas.

Tabela 4.1 - Diversas definições de inundação (gradual).

Termo	Autor	Definição
<i>Flood</i>	NFIP (2005)	Uma condição geral ou temporária, de parcial ou completa inundação, de dois ou mais acres de uma terra normalmente seca, ou duas ou mais propriedades, proveniente da inundação de águas continentais ou oceânicas.
<i>Flood</i>	NWS/NOAA (2005)	A inundação de uma área normalmente seca causado pelo aumento do nível das águas em um curso d'água estabelecido, como um rio, um córrego, ou um canal de drenagem ou um dique, perto ou no local onde a chuvas precipitaram.
Inundações Graduais ou Enchentes	CASTRO (1999)	As águas elevam-se de forma paulatina e previsível, mantém em situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoam-se gradualmente. Normalmente, as inundações graduais são cíclicas e nitidamente sazonais.
Inundações Ribeirinhas	TUCCI E BERTONI (2003)	Quando a precipitação é intensa e o solo não tem capacidade de infiltrar, grande parte do volume escoam para o sistema de drenagem, superando sua capacidade natural de escoamento. O excesso de volume que não consegue ser drenado ocupa a várzea inundando de acordo com a topografia áreas próximas aos rios.
<i>River Flood</i>	MEDIONDO (2005)	O transbordamento do curso do rio é normalmente é o resultado de prolongada e copiosa precipitação sobre uma grande área. Inundações de rio acontecem associadas a sistemas de grandes rios em trópicos úmidos.

Fonte: adaptado de Goerl e Kobiyama (2005).

Tabela 4.2 –Algumas definições de inundação brusca.

Termo	Autor	Definição
<i>Flash flood</i>	NWS/NOAA (2005)	Uma inundação causada pela pesada ou excessiva chuva em um curto período de tempo, geralmente menos de 6 horas. Também, as vezes uma quebra de barragem pode causar inundação brusca, dependendo do tipo de barragem e o período de tempo que ocorre a quebra.
<i>Flash flood</i>	CHOUDHURY <i>et al.</i> (2004)	Inundações bruscas são inundações de curta vida e que duram de algumas horas a poucos dias e originam-se de pesadas chuvas.
<i>Flash flood</i>	KÖMÜŞÇÜ <i>et al.</i> (1998)	Inundações bruscas são normalmente produzidas por intensas tempestades convectivas, a qual causa rápido escoamento, e o dano da inundação geralmente ocorre dentro de horas da chuva que a causa e afeta uma área muito limitada.
Inundação Brusca ou Enxurrada	CASTRO 1999	São provocadas por chuvas intensas e concentradas em regiões de relevo acidentado, caracterizando-se por súbitas e violentas elevações dos caudais, os quais escoam-se de forma rápida e intensa.
<i>Flash flood</i>	MEDIONDO (2005)	É um evento de inundação de curta duração com uma rápida elevação da onda de inundação e rápida elevação do nível das águas. São causadas por pesadas, geralmente curtas precipitações, como uma chuva torrencial, em uma área que freqüentemente é pequena.
<i>Flash flood</i>	WMO (1994)	Em bacias pequenas, de rápida resposta, com as de tempo de concentração menor de seis horas, intensa precipitação pode criar uma inundação brusca.

Fonte: adaptado de Goerl e Kobiyama (2005).

Atualmente, vêm aumentando gradativamente a frequência com que ocorrem as inundações e também os prejuízos que elas causam. Isto pode estar associado ao aumento do número de ocupações nas planícies de inundação (Figura 4.3).

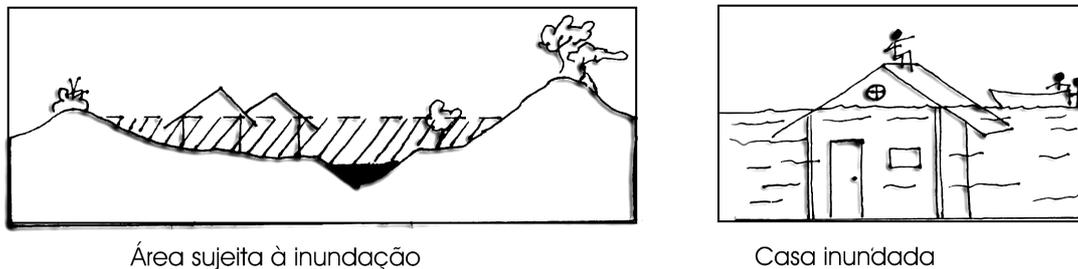


Figura 4.3 – Exemplo de ocupação na planície de inundação.

Quando se constroem estradas, casas, prédios e outras edificações, ocorre um processo de impermeabilização do solo, isto é, acaba-se “cobrindo” o solo com cimento e asfalto. Impedindo desta forma que as águas das chuvas sejam absorvidas pelo solo. Neste caso, as águas escoam diretamente para os rios aumentando rapidamente seu nível.

Os desmatamentos também aumentam o escoamento superficial e aceleram o processo de perda de solo, resultando no assoreamento dos cursos d’água. Já o lixo, entope os bueiros, canais e tubulações que levariam as águas pluviais diretamente para o rio, alagando áreas que normalmente não eram invadidas pelas águas. Na própria calha do rio, o lixo também pode funcionar como uma represa, proporcionando o rápido aumento do seu nível.

É praticamente impossível escapar de uma inundação sem algum tipo de dano. Entretanto, pode-se salvar o que se tem de mais precioso: a vida. Também não dá para carregar a casa nas costas, mas algumas medidas podem ser adotadas para minimizar os danos ocasionados pelas inundações.

4.1.2 Medidas Preventivas

Em primeiro lugar, verifique se a sua casa encontra-se em uma área de risco (Figura 4.4). Não tendo certeza, entre em contato com a COMDEC e com a prefeitura municipal, ou converse com os moradores mais antigos de sua cidade. A seguir serão relacionadas algumas medidas adicionais que podem ser tomadas nas diferentes fases de prevenção (FEMA, 2004):



Figura 4.4 – Área sujeita a inundação.

Antes

- Cobrar a fiscalização e denunciar ocupação em área de risco;
- Manter limpo os ralos e calhas. Não jogue lixo ou entulho nos bueiros, rios e galerias;
- Se estiver chovendo forte, por muitos dias ou por muitas horas seguidas, fique alerta para o risco de inundação e escorregamento;
- Esteja atento aos boletins meteorológicos e às notícias de rádio e TV de sua região;
- Acionar os núcleos de defesa civil;
- Verifique a existência de abrigos em áreas elevadas e relativamente planas para você e sua família;
- Se as águas começarem a invadir a sua casa e você não puder sair, vá para a parte mais alta e segura da casa. Leve roupas e um pequeno rádio a pilha. Não tente nadar, espere o socorro vir até você;
- Coloque documentos e objetos de valor em sacos plásticos bem fechados e em local protegido ou junto de você;
- Coloque seus móveis, utensílios domésticos e alimentos não perecíveis em lugares elevados;
- Desligue a energia elétrica e feche o registro de entrada d'água (hidrômetro).

Durante

- Antes de tudo, proteja a sua vida, a de seus familiares e amigos, permanecendo calmo, e procure não se deslocar. Fique atento às informações fornecidas pelos órgãos competentes através da mídia;
- Em casos mais sérios, peça ajuda a DEFESA CIVIL (telefone 199) e ao CORPO DE BOMBEIROS (telefone 193);
- Nunca dirija em áreas inundadas. As pessoas se afogam mais em seus carros do que em qualquer outro lugar. Se estiver num lugar perigoso durante uma

chuva forte, dirija devagar, mantenha o carro acelerado e a uma boa distância do carro da frente;

- Fique longe de postes e linhas de transmissão caídas. Choque elétrico é o segundo maior causador de mortes durante as inundações. A eletricidade é transmitida facilmente pelas áreas alagadas;
- Evite contato com as águas da inundação, além de poder receber um choque elétrico, elas estão contaminadas, podendo causar graves doenças;
- Não coma alimentos que tiveram contato com as águas e não beba água da inundação (em hipótese alguma);
- Utilizar coletes salva-vidas;
- Não passe por pontes e pinguelas improvisadas;
- Caso tenha sido retirado de sua residência (evacuação ou salvamento) não volte para casa até as águas baixarem e o caminho estar seguro.

Depois

- Antes de entrar em sua casa tenha cuidado: veja se sua casa não corre o risco de desabar;
- Lave e desinfete os objetos que tiveram contato com as águas das inundações;
- Ao movimentar objetos, móveis e utensílios, tenha cuidado com aranhas, cobras e ratos;
- Retire todo o lixo da casa e do quintal e coloque para ser recolhido pelo órgão de limpeza pública;
- Manter a casa aberta e ventilada;
- Não use água de fontes naturais e poços depois da inundação, pois estão contaminadas. Informe-se na Unidade de Saúde mais próxima;
- Desinfetar a caixa d'água e tubulação com hipoclorito (água sanitária);
- Antes das autoridades locais permitirem o consumo de água, ferva a água para beber e para preparar alimentos, por no mínimo cinco minutos;
- Limpe os disjuntores antes de ligar a energia elétrica.

4.2. ESCORREGAMENTO

4.2.1. Conceito

Escorregamento (ou deslizamento) é o movimento coletivo de massa e/ou material sólido encosta abaixo, como solos, rochas e vegetação, sob a influência direta da gravidade (SELBY, 1993).

Estes movimentos podem ocorrer principalmente com elevados volumes de precipitação e/ou terremotos. Tanto chuvas intensas de curta duração quanto de longa duração (chuvas contínuas) fornecem condições propícias para a diminuição da resistência do solo, atuando como um dos principais agentes deflagradores de movimentos de encostas em ambientes tropicais úmidos (GUIDICINI e IWASA, 1976).

Assim como existem diversos tipos de inundações, os escorregamentos são classificados quanto à cinemática do movimento (velocidade e direção), o tipo de material (solo, rocha, detritos, etc.), a geometria (tamanho e forma das massas) e o conteúdo de água (Figura 4.5) (CARSON e KIRKBY, 1975; CROZIER, 1986; SELBY, 1993; FERNANDES e AMARAL, 1996).

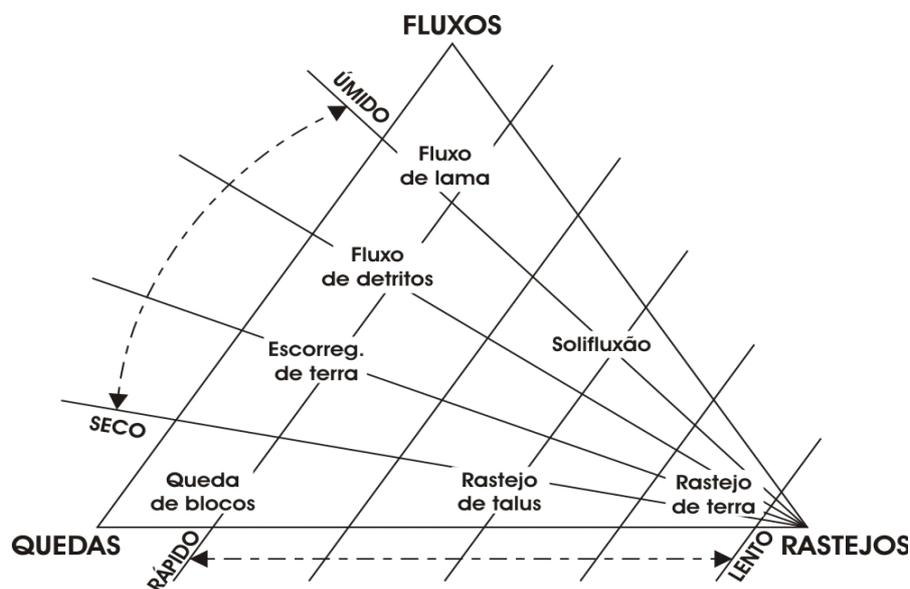


Figura 4.5 – Classificação de movimentos de massa.
Fonte: adaptada de Carson e Kirkby (1975).

Devido à complexidade dos critérios de análise, surgiram diversas classificações com respeito aos movimentos de massas. Basicamente, conforme classificação proposta por Augusto Filho (1994), destaca-se quatro tipos de

movimentos básicos: os rastejos (*creep*), os escorregamentos (*slides*), as corridas (*flows*) e as quedas de blocos (*falls*).

O rastejo é um fenômeno bem lento (cm/ano) e a energia destrutiva, conseqüentemente, é menor que a dos demais tipos. Entretanto, pode ser facilmente identificado pela mudança na verticalidade das árvores, postes, muros, etc. (SELBY, 1993, AUGUSTO FILHO, 1994).

Os escorregamentos propriamente ditos, como os rotacionais e os translacionais, são movimentos rápidos com velocidades médias a altas (m/h a m/s), de curta duração e de elevado poder destrutivo, em função do material transportado encosta abaixo (rocha, solo, detritos, árvores, etc.). Por ser um fenômeno bastante comum em todo mundo, a sociedade busca entender a dinâmica do fenômeno (modelagem) e mapear as áreas de risco, com o intento de evitar grandes danos e prejuízos (GUIDICINI e NIEBLE, 1993; AUGUSTO FILHO, 1994).

As corridas são movimentos muito rápidos (m/s), devido às características do material transportado que se comportam como fluidos altamente viscosos. Apesar de serem mais raras de ocorrer, produzem estragos maiores que os escorregamentos. O fluxo destrói tudo no seu caminho, ou seja, no local de formação (encosta), durante o caminho (cursos d'água e fundo de vales) e na área de deposição (planícies). Dependendo da viscosidade e do tipo de material, podem receber outros nomes como, fluxos de terra (*earthflows*), fluxos de lama (*mudflows*) e fluxos de detrito (*debrisflows*) (SELBY, 1993; AUGUSTO FILHO, 1994; MARCELINO, 2003a). Muitas pesquisas têm sido realizadas com o intuito de se prever o local de ocorrência, como o material fluirá e aonde irá se depositar (COUSSOT e MEUNIER, 1996).

Já as quedas de blocos, as rochas desprendem-se de encostas extremamente íngremes (próximo a 90°), num movimento tipo queda livre de alta velocidade (vários m/s). Neste fenômeno a maior preocupação é com a trajetória dos blocos, ou seja, durante a queda e o rolamento (AUGUSTO FILHO, 1994). Por exemplo, Guzzetti et al. (2002) realizaram uma boa revisão sobre a modelagem computacional desse fenômeno, propondo um modelo tridimensional chamado de STONE.

Apesar dos danos causados pelos escorregamentos, este fenômeno é um processo natural e faz parte da evolução da paisagem. Bigarella et al. (1996) menciona que é o mais importante processo geomorfológico modelador da superfície terrestre. Portanto, viver com esse fenômeno é inevitável.

Entretanto, o aumento da população nas áreas urbanas pode agravar esta situação devido a ocupação de áreas inadequadas. Casseti (1991) cita que, a partir do momento em que o homem apropria-se de uma encosta, através dos desmatamentos, cortes e aterros, alterando sua estabilidade, aumenta-se a probabilidade de desencadear um escorregamento. Zêzere et al. (1999), analisando os eventos ocorridos na região norte de Lisboa (Portugal), chegaram à conclusão que, dos 597 escorregamentos ocorridos, 484 (81%) ocorreram em virtude da interferência humana direta (desmatamentos, estradas, cultivos) ou indireta (áreas de regeneração), sendo que 20% dos escorregamentos foram induzidos pelos cortes de encostas para a construção de casas e estradas.

Com relação a áreas edificadas, Fernandes et al. (1999), analisando o processo de ocupação no Maciço da Tijuca (RJ), verificaram que cerca de 50% dos 242 escorregamentos existentes no maciço ocorreram em favelas, que cobrem somente 4,6% da área total do maciço. Os autores explicam que esta elevada frequência de escorregamentos está intimamente relacionada com o aumento dos cortes para a construção de barracos e outros fatores (esgoto, fossas, etc.), em encostas íngremes situadas no sopé de afloramentos rochosos.

Dentre os fenômenos naturais extremos, os escorregamentos têm sido responsáveis por inúmeras vítimas fatais e grandes prejuízos materiais, com destaque para os eventos ocorridos em 1967, na Serra das Araras (RJ) e Caraguatatuba (SP), que resultaram em 1.320 mortes e destruição de centenas de edificações (AUGUSTO FILHO, 1994). Os estados brasileiros mais afetados são: Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco e Paraíba.

Os escorregamentos nas encostas urbanas vêm ocorrendo com uma frequência alarmante nestes últimos anos. A principal causa é a ocupação desordenada de áreas que apresentam elevada susceptibilidade a escorregamentos (Figura 4.6).

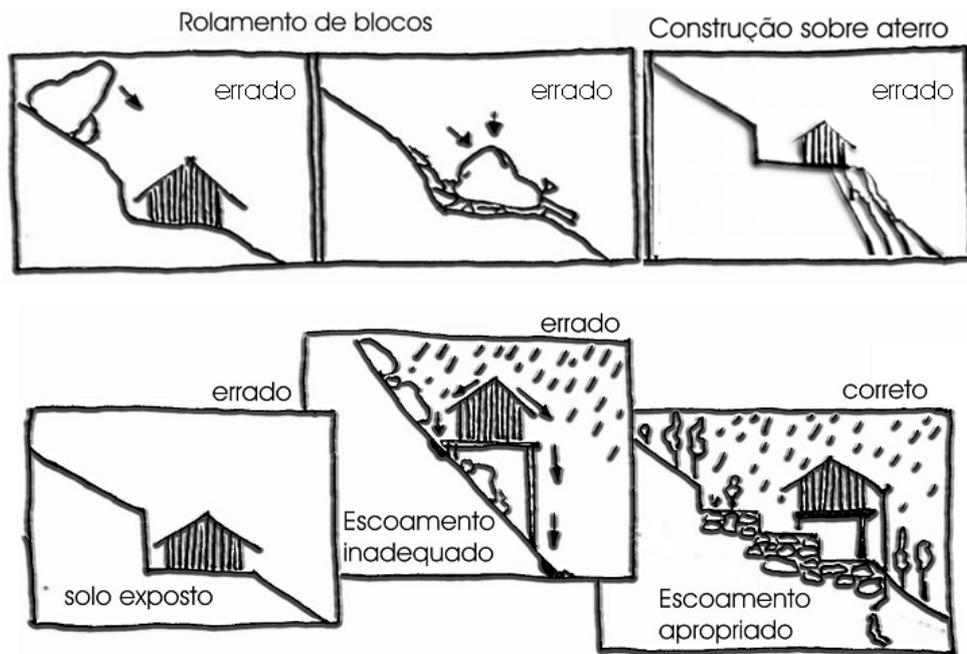


Figura 4.6 – Exemplos corretos e incorretos de ocupação em encostas.

Com o avanço das geotecnologias (SIG, GPS, sensoriamento remoto, etc.), o mapeamento de áreas de risco de escorregamento vem sendo cada vez mais popular (MARCELINO, 2003a). Entretanto, a maioria dos trabalhos aborda apenas as encostas de origem, tanto na análise dos escorregamentos já ocorridos quanto na elaboração dos mapas de risco. Entretanto, analisando os desastres ocorridos, observa-se que os maiores danos e prejuízos estão associados as áreas de deposição. Em outras palavras, na elaboração dos mapas de risco as áreas de deposição também devem ser levadas em consideração. Neste contexto, Kobiyama et al (2004b) apresentou um método topográfico, de fácil aplicabilidade, para elaborar mapas de risco que atinjam tais objetivos. Este método foi aplicado em uma área com elevada susceptibilidade no município de Florianópolis – SC (Figura 4.7).

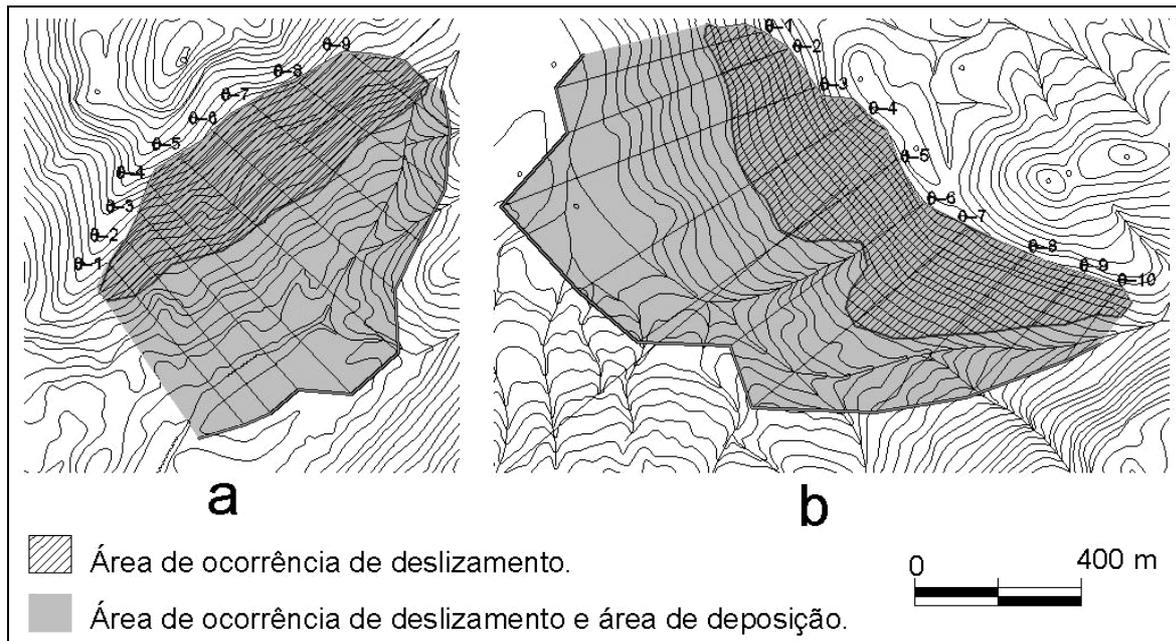


Figura 4.7 - Traçado dos perfis e determinação da área de deposição
 Fonte: Kobiyama et al. (2004b).

4.2.2 Medidas Preventivas

Os escorregamentos são difíceis de prever, mas algumas medidas podem ser tomadas, tanto pelos moradores quanto pelos órgãos competentes, principalmente antes que o evento ocorra (FEMA, 2004):

Antes

- Evite construir em encostas muito íngremes e próximo a cursos d'água em vales muito profundos;
- Não realize cortes em encostas sem licença da Prefeitura, pois você poderá contribuir ainda mais para intensificar o efeito da declividade;
- Entrar em contato com órgãos municipais, estaduais e federais, buscando informações sobre ocorrências deste fenômeno na sua região. Os técnicos locais são as pessoas mais capazes para avaliar o perigo potencial;
- Exija junto às prefeituras estudos sobre a região, além de planos de controle e monitoramento das áreas de risco;
- Discuta e promova junto a sua comunidade e associações, ações preventivas para aumentar a segurança em relação aos escorregamentos;
- Nunca desmatar as encostas dos morros, principalmente em locais onde já existam casas e outras construções;

- Não amontoe sujeira e lixo em lugares inclinados porque eles entopem a saída de água, aumentam o peso e desestabilizam os terrenos;
- Converse com sua família acerca dos escorregamentos e tente elaborar algumas medidas preventivas;
- Cheque a estrutura de sua casa, muros e terreno, verificando se não existem rachaduras e fissuras que possam estar comprometendo a sua casa ou propriedade. Lembre-se de chamar um técnico competente para fazer uma avaliação urgente;
- Esteja atento aos boletins meteorológicos e as notícias de rádio e TV de sua região. Lembre-se: as chuvas intensas podem facilmente desencadear os escorregamentos.

Durante

- Se você ouvir barulhos estranhos como árvores caindo e paredes rachando, saia de casa rapidamente, avise seus vizinhos e contate os órgãos responsáveis;
- Nunca fique no trajeto de um escorregamento, mova-se rapidamente para um local seguro. Nesse momento, esta é sua maior proteção;
- Caso atingido pelo fluxo de lama, tente colocar o queixo entre os joelhos e proteja sua cabeça com as duas mãos. A forma de bola (esfera) lhe ajudará a proteger melhor o seu corpo.

Depois

- Permaneça afastado da área onde ocorreu o escorregamento, pois outros eventos poderão ser desencadeados;
- Verifique, à distância, se existem pessoas feridas ou parcialmente soterradas. Caso haja vítimas, guie a equipe de socorro até o local afetado;
- Ajude seus vizinhos, principalmente aqueles que precisam de cuidados especiais, como crianças e idosos a se deslocarem para áreas mais seguras, até as fortes chuvas cessarem;
- Caso os equipamentos públicos essenciais (água, energia elétrica e telefone) sejam afetados, alerte os órgãos responsáveis;
- Cheque a estrutura de sua casa e verifique se não existem rachaduras e fissuras que possam estar comprometendo a mesma em virtude dos escorregamentos ocorridos. Lembre-se de chamar um técnico competente para avaliar a real situação de sua casa.

4.3. GRANIZO

4.3.1 Conceito

O granizo é definido como precipitação de gelo, em forma esférica ou irregular, apresentando geralmente um diâmetro de 5 mm (GLICKMAN, 2000). As condições que propiciam a formação de granizo acontecem na parte superior de nuvens do tipo cumulonimbus, que possuem temperaturas muito baixas. Em função da união de gotas congeladas, o granizo cresce rapidamente. Além disso, as gotas congeladas movimentam-se com as correntes subsidentes e ascendentes chocando-se com gotas de água mais frias até alcançarem as dimensões de queda (Figura 4.8) (KULICOV e RUDNEV, 1980; KNIGHT e KNIGHT, 2001).

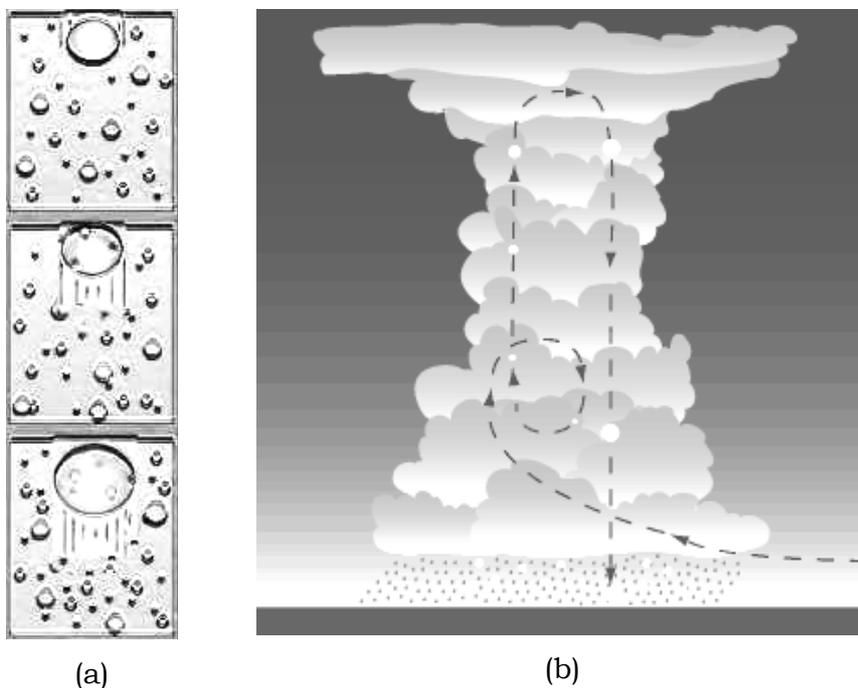


Figura 4.8 – (a) Crescimento do granizo no interior da nuvem;
(b) trajetória de crescimento de granizo grande.
Fonte: Weather Doctor (2006); BBC Weather
Centre (2000).

A duração da chuva de granizo depende da extensão vertical da zona de água no interior da nuvem. Se estiver acima de 3 km, com gotas de dimensões diferentes, será de longa duração. Entretanto, se a zona de água não tiver um extenso desenvolvimento vertical e conter gotas de tamanhos similares, a chuva será de curta duração (KULICOV e RUDNEV, 1980).

A agricultura é um dos setores econômicos que mais sofre com este fenômeno, pois plantações inteiras podem ser destruídas dependendo da

quantidade e dos tamanhos das pedras de gelo. No Estado de Santa Catarina é comum a ocorrência de granizo nos meses da primavera caracterizados pela passagem de sistemas frontais e complexos convectivos de mesoescala. Muitos municípios catarinenses que possuem sua economia prejudicada pela queda de granizo já possuem sistemas preventivos, tais como os queimadores de solo a base de iodeto de prata e acetona. O objetivo desses queimadores é diminuir o tamanho do granizo, para que possam ser dissolvidos nas camadas atmosféricas mais quentes, ou se não for dissolvido, cair com menor impacto. Além disso, outra alternativa utilizada é a cobertura do cultivo com tela de plástico ou nylon.

4.3.2 Medidas Preventivas

A seguir, mencionam-se medidas preventivas básicas que devem ser tomadas antes, durante e depois da ocorrência de chuva de granizo, segundo a FEMA (2004):

Antes

- Conhecer os sinais de uma tempestade que pode gerar chuva de granizo, tais como: nuvens negras e em forma de torre, relâmpagos à distância;
- Ensinar aos membros da família como e quando desligar o gás, energia elétrica e água;
- Certifique-se que todos os membros da família saibam o que fazer no momento da tempestade;
- Estar atento às previsões de tempo para a sua localidade;
- Proteger as pessoas e animais do impacto das pedras de gelo buscando um abrigo seguro;
- Colocar objetos frágeis embaixo de mesas e de outros móveis sólidos, caso as habitações não tenham telhados resistentes e confiáveis;
- Guarde seu carro em local seguro e feche todas as aberturas da sua casa;
- Manter os animais em local coberto;
- Aprender a como agir em ocorrências de tornados, vendavais e inundações bruscas, pois são fenômenos que podem acompanhar a precipitação de granizo.

Durante

- Permanecer em lugar com uma cobertura que suporte a precipitação de granizo. Coberturas de cimento amianto, geralmente são as mais frágeis para suportar o granizo;

- Se não tiver uma edificação, esconder-se dentro de um carro;
- Evitar banheiros, pias, torneiras de água porque as tubulações de metal podem transmitir descargas elétricas;
- Fechar as janelas e portas;
- Não manusear nenhum equipamento elétrico ou telefones devido aos raios e relâmpagos;
- Ouvir um rádio ou televisão à bateria para as últimas informações sobre a tempestade.

Depois

- Dirija somente se necessário. As estradas podem estar com muitos destroços que torna a direção perigosa;
- Verifique se há vítimas com ferimentos para prestar os primeiros socorros e chamar a emergência;
- Estejam atentos para ajudar a sua vizinhança que pode requerer assistência especial, como crianças e idosos com dificuldades.

4.4. VENDAVAL

4.4.1 Conceito

O vendaval pode ser definido como um deslocamento intenso de ar na superfície terrestre devido, principalmente, às diferenças no gradiente de pressão atmosférica, aos movimentos descendentes e ascendentes do ar e a rugosidade do terreno (VIANELLO E ALVES, 1992).

As diferenças no gradiente de pressão correspondem as variações nos valores entre um sistema de baixa (ciclone) e alta pressão atmosférica (anticiclone) (Vide seção 2.4). Assim, quanto maior for o gradiente, mais intenso será o deslocamento de ar. Já os movimentos ascendentes e descendentes de ar estão associados ao deslocamento de ar dentro das nuvens cumulonimbus (nuvens de tempestades) que podem produzir intensas rajadas de ventos (VIANELLO E ALVES, 1992; VAREJÃO-SILVA, 2001).

O relevo também pode contribuir significativamente para a intensificação dos ventos. Por exemplo, Davenport et al. (1985), comentam que o vento aumenta consideravelmente de velocidade quando atinge a encosta de uma montanha, alcançando seu pico máximo na linha de crista ou cume. Na Figura 4.9, pode-se entender melhor o comportamento do vento em relação à topografia. O vento que

atinge à costa a 80 km/h (medido a 10 m de altura), ao atingir os primeiros obstáculos na planície (árvores, casas, etc.), perde significativamente sua velocidade, à medida que se desloca para o interior. Entretanto, a 500 m de altura os ventos permanecem com velocidade de deslocamento relativamente constante (100 km/h). Ao atingir a encosta (barlavento), os ventos são comprimidos sobre a barreira topográfica forçando a ascensão violenta dos mesmos que, ao atingir o topo da montanha, alcançam sua velocidade máxima (120 km/h). Após a crista, em virtude da expansão do ar e diminuição da pressão, os ventos diminuem drasticamente (sotavento).

Além disso, este comportamento pode ser ainda mais intenso quando associado aos vales (sob a forma de “garganta”), em virtude da canalização dos ventos, formando correntes de ar intensas (barlavento) similares as correntes de jato (BRYANT, 1991). A sotavento, após vencer a barreira topográfica, o poder de destruição aumenta severamente, conforme verificado no Hawaii durante a passagem do Furacão Iniki em 1992 (COCH, 1994).

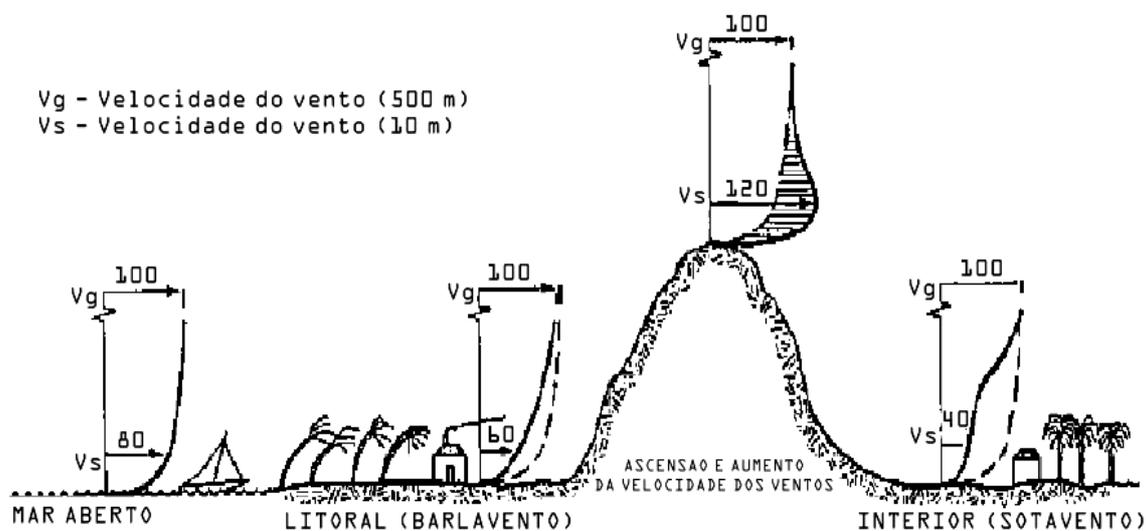


Figura 4.9 – Comportamento dos ventos típicos de um furacão em relação à topografia.

Fonte: adaptada de Davenport et al. (1985).

As variações bruscas na velocidade do vento denominam-se rajadas, as quais, normalmente, são acompanhadas também por mudanças bruscas na direção (VAREJÃO-SILVA, 2001). Estas rajadas também podem variar consideravelmente em virtude da rugosidade presente no terreno, seja ela natural (colinas, morros, vales, etc.) ou construída (casas, prédios, etc.) (BRYANT, 1991).

Os ventos causam danos diretos, se comparados a outros tipos de fenômenos, como por exemplo, as inundações. Os locais onde ocorrem chuvas fortes não necessariamente coincidem com as áreas em que ocorrem inundações. Enquanto que, as áreas que ocorrem ventos fortes, sempre estão associadas as áreas que apresentam os danos mais intensos.

Durante o período das navegações, foi desenvolvida uma escala associando os diferentes tipos de estágios do estado do mar e a intensidade dos ventos. O objetivo era minimizar os efeitos do vento sobre as velas dos navios, que frequentemente traziam prejuízos para as embarcações. Mas, somente em 1805, o contra almirante britânico Francis Beaufort desenvolveu um sistema enumerando as diversas intensidades. Este sistema foi oficialmente utilizado durante a viagem do navio Beagle, comandada por Robert FitzRoy, que durou de 1831 a 1836. Em 1903, após invenção do anemômetro, esta escala foi adaptada utilizando a velocidade do vento, através da fórmula:

$$V = 1.87B^{3/2}$$

onde V é a velocidade do vento em milhas por hora a 10 m acima do nível do mar e B é o número Beaufort. Assim, a partir de 1939, esta escala passou a ser adotada em todo o mundo, sendo oficializada pela Organização Meteorológica Internacional. Outras adaptações foram realizadas, como a adoção de simbologia e a descrição dos efeitos em terra. Com base nestas informações foi construída a escala Beaufort (Tabela 4.3), que registra ventos de até 117 km/h. Após, esta velocidade, os ventos são considerados com intensidade de furacão, e passa a ser enquadrar em outra escala, chamada de escala Saffir-Simpson (Simpson, 1974), mas que utiliza os mesmos princípios da Beaufort.

Tabela 4.3 – Escala Beaufort.

Força	Designação	Símbolo	Velocidade		Efeitos
			nós	Km/h	
0	Calmaria		< 1	1	A fumaça das chaminés sobem verticalmente. A superfície do mar fica como um espelho.
1	Aragem		1-3	2-6	A direção dos ventos é definida pela fumaça. Aparece no mar uma leve rugosidade.
2	Brisa leve		4-6	7-11	As folhas das árvores se movimentam. O vento é sentido no rosto. Os cata-ventos movem-se lentamente. No mar, nota-se pequenas cristas de aparência vítrea, sem romper-se.
3	Brisa suave		7-10	12-19	As folhas e os ramos finos das árvores se agitam constantemente. Os ventos movimentam as bandeiras leves. As ondas se acentuam, com rompimento de pequenas cristas (carneirinhos).
4	Brisa moderada		11-16	20-30	Papel e poeira são levantados do chão. Os pequenos ramos são movimentados. As ondas ficam maiores, com espumas freqüentes.
5	Vento fresco		17-21	31-39	Pequenos arbustos e arvoretas se movem. Nos tanques se formam pequenas ondas. No mar, as ondas aumentam de tamanho, com abundância de borrifos.
6	Vento		22-27	40-50	Movem-se os ramos grossos. Torna-se difícil andar de guarda-chuva e os fios de eletricidade silvam (assoviam). Começa a formação de ondas grandes, aumentam as espumas e borrifos, tornando-se perigoso para pequenas embarcações.
7	Vento forte		28-33	51-61	Movem-se as árvores grandes, é difícil andar contra o vento. A espuma se desloca na direção dos ventos e o mar engrossa.
8	Ventania		34-40	62-74	O vento quebra os galhos das árvores. Torna-se muito difícil caminhar contra o vento. Ondas médias se formam. As espumas são arrastadas em nuvens brancas (borrifos).
9	Ventania forte		41-47	75-87	Ocorrem destelhamentos, quedas estruturas frágeis (chaminés, placas, etc). Camadas grossas de espumas são arrastadas sobre o mar. As cristas das ondas começam a se romper, dificultando a visibilidade.

Tabela 4.3 (Continuação)

10	Tempestade		48-55	88-102	As árvores são tombadas pela raiz, e as casas mais frágeis sofrem danos consideráveis. Ondas altas, com cristas em pé. A superfície do mar parece branca devido a grande quantidade de espumas. A visibilidade é reduzida.
11	Tempestade Violenta		56-63	103-117	Ocorre com pouca frequência, começam a ocorrer danos estruturais. Ondas excepcionalmente grandes. Mar completamente branco e visibilidade extremamente reduzida.
12	Furacão		> 64	> 118	Extremamente violento. Danos generalizados nas edificações. O mar está completamente branco devido a espuma das ondas.

Fonte: adaptada de Sparks (2003).

De modo geral, um adulto tem dificuldade de andar com ventos acima de 70 km/h (MIZUTANI, 2002). Além do que, acima desta velocidade começam a ocorrer os principais danos, como destelhamento de casas mais frágeis, quedas de placas e quebra de galhos das árvores. As conseqüências mais sérias correspondem ao tombamento de árvores, postes e torres de alta tensão, causando danos na transmissão de energia elétrica e telefonia; destelhamentos e/ou destruição das edificações; lançamento de objetos como projéteis etc. (Figura 4.10).

Vale a pena ressaltar que estes projéteis podem causar lesões e ferimentos (podendo ser fatais) nas pessoas e animais, como também causar danos nas edificações, como o rompimento de janelas e portas (LIU et al., 1990; FEMA, 2000). Marcelino et al. (2005) mencionam que muitas casas foram destruídas desta forma durante o Furacão Catarina. Pois, após a abertura de janelas e portas os fortes ventos entravam na casa, exercendo uma grande pressão interna que, conseqüentemente, ocasionava o rompimento de paredes e telhados (Figura 4.11).

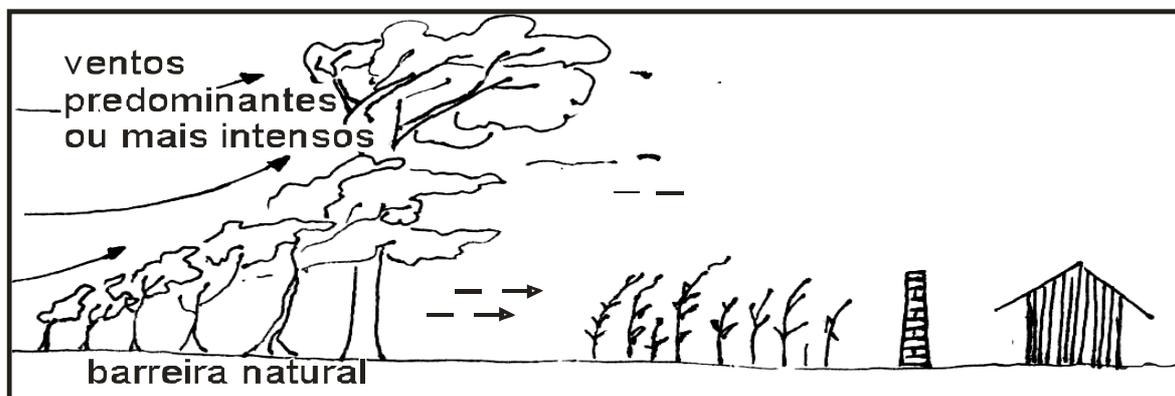


Figura 4.10 – Ação dos ventos sobre a cobertura vegetal.

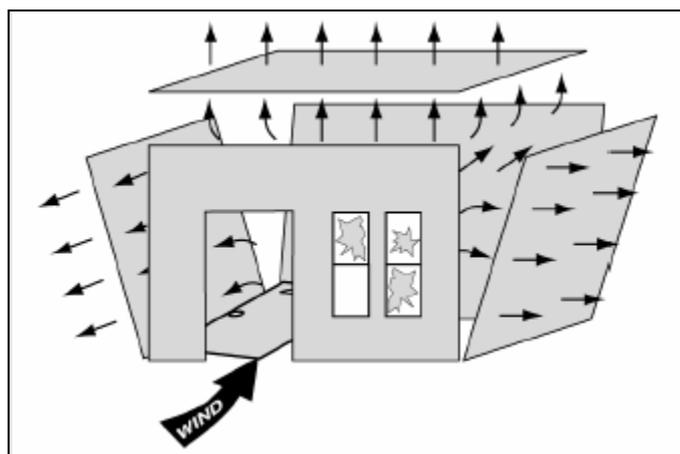


Figura 4.11 – Ação dos ventos sobre as edificações.
Fonte: FEMA (2000).

A ocorrência de sistemas frontais (frentes frias), sistemas convectivos isolados (tempestades de verão), ciclones extratropicais, entre outros, podem ocasionar vendavais intensos. Estas condições de tempo ocorrem praticamente em todo o Brasil. A maior variação da-se em função das estações do ano, isto é, alguns sistemas atmosféricos são mais frequentes e intensos em uma determinada época, por exemplo, as frentes frias no inverno e início de primavera; os sistemas convectivos isolados na primavera e verão; e os ciclones extratropicais no outono. É importante frisar que junto com os vendavais costumam ocorrer outros tipos de eventos extremos como inundações, granizo e tornado (MARCELINO, 2003b).

4.4.2 Medidas Preventivas

Medidas preventivas devem ser bem estudadas e difundidas entre as entidades governamentais e não governamentais e entre as comunidades situadas nas áreas mais propícias para as ocorrências de vendavais, para que sejam minimizados os danos que podem ser ocasionados pelos mesmos. A seguir serão apresentadas as principais ações mitigadoras que devem ser tomadas antes, durante e depois (FEMA, 2004; MARCELINO et al., 2005):

Antes

- Se possível, corte as grandes árvores que estejam próximas da sua residência. Lembre-se que os principais danos e mortes causados pelos vendavais estão associadas a queda de árvores sobre as edificações. Aconselha-se o plantio de árvores frutíferas nas imediações das residências;
- As telhas de cerâmica são bem mais resistentes aos ventos do que as telhas de cimento e amianto;

- Residências sem veneziana são mais vulneráveis a força dos ventos (projéteis);
- Verifique se existem materiais que podem se transformar em projéteis durante os vendavais como materiais metálicos (recipientes, telhas, etc.), madeiras (ripas, tabuas de forro, etc.);
- Feche as portas e janelas, evitando assim a entrada de fortes correntes de ar no interior das edificações. Estas correntes de ar, dependendo da pressão exercida, poderão derrubar as paredes da casa ou lançar todo o telhado (efeito explosão);
- Esteja atento aos boletins meteorológicos e as notícias locais transmitidas nas emissoras de rádio e televisão;
- Verifique a existência de densas e escuras nuvens no horizonte e/ou esteja atento a raios e trovões;
- Tenha um kit em casa com lanterna, pilhas, roupas, medicamentos, comidas não perecíveis e água potável;
- Coloque objetos de valor em um lugar seguro;
- Desligue o gás, água e a eletricidade.

Durante

- Proteja-se em cômodos com poucas ou nenhuma janelas e que possuam cobertura de laje de concreto, preferencialmente nos banheiros e corredores;
- Só saia quando o vento acalmar ou receber o comunicado dos órgãos de defesa (via rádio ou pessoalmente) que o perigo já passou;
- Em lugares abertos mantenha-se junto ao solo, de preferência deitado em alguma depressão do terreno para não ser lançado pela força dos ventos ou atingido por projéteis;
- Não dirija, pois você poder ser atingido por árvores, placas, projéteis e postes;
- Caso você esteja dentro de um carro, pare o mesmo em local aberto, longe de rios, pois as fortes chuvas costumam ocorrer associada aos vendavais.

Depois

- Verifique se existem vítimas. Se sim, chame o Corpo de Bombeiros;
- Evite deslocar-se em virtude dos postes e linhas elétricas caídas. Além disso, muito cuidado ao caminhar, pois pode se ferir seriamente em função da grande quantidade de entulhos e objetos pontiagudos no chão;

- Tome muito cuidado durante o processo de reconstrução, principalmente quando for arrumar o telhado. É neste momento que ocorre a maior quantidade de acidentes associados aos vendavais.

4.5. TORNADO

4.5.1 Conceito

Tornado é um fenômeno que se origina na base de nuvens do tipo cumulonimbus, estendendo-se até o solo como uma intensa coluna de ar giratória e normalmente visível como uma nuvem funil (GLICKMAN, 2000) (Figura 4.12). Para ser caracterizado como tornado, os ventos que formam o fenômeno devem causar danos na superfície terrestre (DOSWELL, 1997).



Figura 4.12 – Representação de um tornado.

Os tornados geralmente estão associados as tempestades, desenvolvendo-se em ambientes extremamente quentes e úmidos. Com relação ao local de ocorrência, quando ocorre em uma superfície aquosa (lago, rios e oceano) é classificado como tromba d'água (*water spout*); e quando ocorrem na superfície terrestre são chamados de tornados (GLICKMAN, 2000).

O poder de destruição dos tornados mais intensos (F3 em diante) é maior do que o de furacões. A velocidade dos ventos de um tornado, associada a baixa pressão do seu interior, desencadeia forte sucção (efeito aspirador) podendo causar explosão de casas (portas, janelas e telhados), e destruição de praticamente todos os tipos de estruturas existentes.

O rastro de destruição de um tornado pode variar de dezenas de metros a quilômetros de extensão. A intensidade dos ventos pode chegar até 500 km/h (FUJITA, 1981). Devido a grande dificuldade de inserir equipamentos de medição no interior dos tornados, há uma ampla utilização de estimativa da intensidade do fenômeno, que é realizada através de medições de radares doppler e de avaliação dos danos em campo. Segundo Fujita (1981), existem diversas escalas para a classificação conforme os danos ocasionados, entretanto a mais utilizada é escala Fujita - Pearson (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 – Escala de intensidade de tornados Fujita – Pearson.

Escala	Categoria	Intensidade (km/h)	Comprimento (km)	Largura (m)	Danos
F0	Fraco	65-116	0 – 1,6	0 – 16	Leves
F1	Fraco	119-177	1,6 – 5	17 – 50	Moderados
F2	Forte	180-249	5,1 – 15,9	51 – 160	Consideráveis
F3	Forte	252-332	16 – 50	161 – 508	Severos
F4	Violento	335-418	51 – 159	540 – 1400	Devastadores
F5	Violento	421-512	161 – 507	1600 – 5000	Incríveis

Fonte: adaptada de Fujita (1981) e Demillo (1998).

Serão relacionados a seguir os principais tipos de danos de cada categoria segundo Fujita (1981) e FEMA (1988):

- F0: os prejuízos causados são leves, podendo causar alguns danos em chaminés, destelhamentos, quebra de galhos de árvores, árvores com raízes rasas são tombadas. Deixam sinais de danos pela trajetória;
- F1: o limite inferior de velocidade dos ventos (119km/h) corresponde ao início da velocidade dos ventos nos furacões. Causam prejuízos moderados, tais como, arrancam a cobertura de telhados, movimentam carros para fora das estradas, trailers e casas frágeis (madeira) são arrancadas da fundação ou tombadas;
- F2: os prejuízos são consideráveis, pois podem arrancar todo o telhado, trailers e casas frágeis são destruídas, carros são levantados do chão, grandes árvores podem ser arrancadas pela raiz. Objetos tornam-se em projéteis;

- F3: causam prejuízos severos, derrubam telhados e paredes de casas bem construídas (alvenaria), a maioria das árvores nas florestas são arrancadas, trens são virados, carros pesados são levantados do chão e arremessados;
- F4: os prejuízos são realmente devastadores, casas bem construídas são niveladas ao plano (totalmente destruídas), estruturas com fundações fracas são transportadas por algumas distâncias, carros são arremessados e grandes projéteis generalizados;
- F5: os prejuízos são considerados incríveis. Casas com forte amarração são levantadas das fundações e varridas pelo caminho, automóveis grandes voam como projéteis pelo ar a distâncias superiores a 100 m, as árvores são arrancadas e lançadas a centenas de metros. Chega a arrancar asfalto e grama por onde passa.

No Brasil, os tornados são freqüentemente registrados nas Regiões Sul e Sudeste, principalmente no Estado de Santa Catarina (DYER, 1988; SILVA DIAS e GRAMMELSBACHER, 1991; MARCELINO, 2003b). Entretanto, o número de registros poderia ser maior se não houvesse confusão na classificação do fenômeno. Muitos tornados foram registrados erroneamente como vendaval, ciclone, furacão ou simplesmente como uma tempestade.

Faz-se necessário conhecer as características peculiares dos tornados para não seja confundido, principalmente como vendaval. Dessa forma, quando a destruição for ocasionada por uma “nuvem funil” ou “redemoinho” e a destruição seguir uma trajetória linear, tratar-se-á de um tornado. Quando a destruição for causada por ventos abrangendo em extensa área, tratar-se-á de um vendaval. Na Figura 4.13, ilustra-se a diferença da trajetória de destruição de vendaval e tornado.

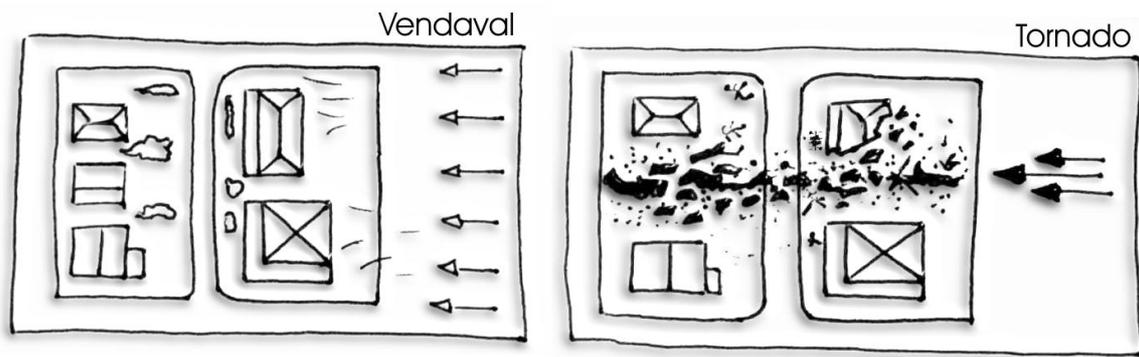


Figura 4.13 – Representação da ação de um vendaval e de um tornado.

Ainda existe muita dificuldade na previsão de tornados. Mesmo na América do Norte, onde a ocorrência de tornados é mais significativa, os avanços na compreensão de sua origem e comportamento são recentes (STULL, 2000). Os meteorologistas apenas podem alertar a população quando as condições são favoráveis a ocorrências de tornados, confirmando-a quando o fenômeno é visualizado. Assim, essa previsão acaba restringindo-se a apenas alguns minutos de antecedência.

Coletar dados reais sobre tornados que revelem suas características ainda tem sido uma tarefa difícil, pois esse fenômeno tem destruído praticamente todos os dispositivos de medida de velocidade de vento (anemômetros) e outros equipamentos de medição colocados suficientemente próximos à sua passagem.

4.5.2 Medidas Preventivas

As medidas preventivas relacionadas aos tornados são semelhantes às medidas de uma tempestade. Todavia, por se tratar de um fenômeno muito violento com características próprias alguns tópicos são especialmente adotados somente para quando existe a possibilidade de ocorrência desse fenômeno. Segundo FEMA (1998; 2004) um planejamento avançado e uma rápida resposta são as chaves para a sobrevivência em um tornado.

Antes

- Esteja atento aos boletins meteorológicos e às notícias locais transmitidas nas emissoras de rádio e televisão;
- Verifique a existência de densas e escuras nuvens no horizonte e/ou esteja atento a raios e trovões;
- Tenha um kit em casa com lanterna, pilhas, roupas, medicamentos, comidas não perecíveis e água potável;

- Caso não tenha um abrigo apropriado para tornados, selecione um cômodo da sua casa que seja mais seguro (exemplo, o banheiro) para esconderem-se na ocorrência desse fenômeno;
- Informe a todos os membros de sua família para que cômodo correr e como proceder na ocorrência de tornado;
- Coloque objetos de valor em um lugar seguro;
- Desligue o gás, água e a eletricidade.

Durante

- O abrigo subterrâneo (porão) é a melhor proteção individual;
- Na ausência de um porão, procure ficar longe das janelas e portas, de preferência no corredor, banheiro ou armário, sempre no piso mais baixo da casa;
- Se estiver em um edifício, desça para o andar mais baixo ou escolha um local no centro de um corredor;
- Caso esteja fora de casa, deite-se em uma vala ou depressão no solo;
- Se estiver no carro ou caminhão, saia do automóvel e procure um local coberto adequado para ficar.

Depois

- Verifique se existem vítimas e chame o Corpo de Bombeiros;
- Evite deslocar-se em virtude dos postes e linhas elétricas caídas. Além disso, muito cuidado ao caminhar, pois pode se ferir seriamente em função da grande quantidade de entulhos e objetos pontiagudos no chão;
- Tome muito cuidado durante o processo de reconstrução. É neste momento que ocorrem a maior quantidade de acidentes;
- Tire fotos dos danos para auxiliar na análise do fenômeno;
- Ajude pessoas feridas dando-lhe os primeiros socorros;
- Não tente mover pessoas gravemente feridas ao menos que elas estejam em perigo iminente;
- Chame ajuda;
- Ligue a televisão ou rádio para pegar as últimas informações de emergência;
- Use o telefone somente para casos de emergência;
- Saia da construção se você sentir cheiro de gás ou fumaça química.

4.6. FURACÃO

4.6.1 Conceito

O furacão é um sistema de baixa-pressão (ciclone) intenso que geralmente forma-se sobre os oceanos nas regiões tropicais. Os ventos de um furacão giram violentamente ao redor de um centro relativamente calmo, conhecido como o “olho” da tempestade. Quanto mais próximo do “olho”, mais intensos ficam os ventos (parede do “olho”), que podem atingir velocidades superiores a 250 km/h (vento sustentado⁴) (Figura 4.14). Devido à força de Coriolis, no Hemisfério Sul os ventos de um furacão giram no sentido horário, ao contrário do Hemisfério Norte, onde os ventos giram no sentido anti-horário (COCH, 1994; NOAA, 1999).

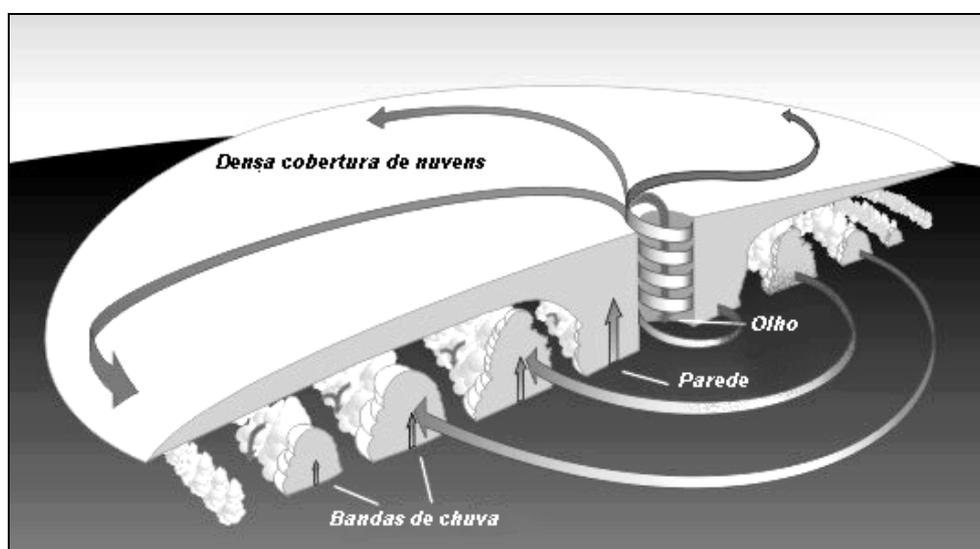


Figura 4.14 – Estrutura de um furacão.
Fonte: adaptada de NOAA (2005).

Para que um furacão desenvolva-se é necessário que exista inicialmente a formação de uma tempestade tropical no oceano, sobre águas relativamente quentes, isto é, com temperatura da superfície do mar (TSM) superior a 26,5°C. No entanto, Walton (1976) comenta que também podem formar-se furacões com temperaturas de até 23°C, mesmo que esporadicamente.

Além destes ingredientes, acrescenta-se umidade, provinda da evaporação do oceano, temperatura elevada (regiões tropicais) e um período de tempo suficiente para o desenvolvimento da tempestade. Como resultado, têm-se condições propícias para a formação de violentos furacões. Caso atinja a costa, com certeza provocarão danos e prejuízos severos as comunidades impactadas. Mas, ao mover-se sobre a

⁴ O vento sustentado é obtido através da velocidade média dos ventos em um período de um minuto, medido a 10 m acima do solo.

terra, a rugosidade do terreno e a diminuição da umidade, fazem com que um furacão perca sua intensidade rapidamente. Assim, os danos associados aos furacões geralmente restringem-se a linha de costa (NOAA, 1999).

A diferença entre um furacão e um tufão é apenas o local onde ele se forma. O tufão se forma no Oceano Pacífico e o furacão no Atlântico Norte. São apenas denominações diferentes para caracterizar o mesmo sistema, ou seja, um ciclone tropical (NOAA, 2005).

No Brasil, em virtude da ocorrência do Furacão Catarina, houve muita confusão entre os ciclones extratropicais e os furacões. Além das diferenças no processo de formação e estrutura, estes fenômenos podem ser facilmente diferenciados em virtude da sua forma, tamanho e danos. Para exemplificar, são apresentadas na Figura 4.15, duas imagens de satélite referentes ao Furacão Catarina, ocorrido no dia 27/03/2004, e um ciclone extratropical, ocorrido no dia 26/05/2004, que muitos confundiram com um furacão. Mas, em detalhe, nota-se que em termos de tamanho, o Furacão Catarina é bem menor que o ciclone extratropical, mostrado pelo círculo branco, que representa as dimensões do Catarina.

Além disso, apesar do ciclone apresentar uma forma espiralada intensa, que não é freqüente para este tipo de fenômeno, nem se compara a forma circular do furacão, que possibilitou até a formação do “olho”. Com relação aos danos, os ciclones extratropicais causam geralmente ressacas nas praias, destelhamentos, queda de árvores e nos casos mais graves podem até destruir as edificações mais frágeis (RUDORFF, 2005).

Enquanto que os furacões causam destruição generalizada, deixando as áreas impactadas completamente varridas pela força dos ventos, como ocorrido com a região sul catarinense após a passagem do Catarina. Conforme Marcelino et al. (2005), no total foram destruídas 2.194 edificações e outras 53.274 foram danificadas, o que representou 36,4% das edificações afetadas da região. Apesar dos elevados danos, o Catarina foi classificado somente como categoria 2, que corresponde a ventos de 154 a 177 km/h.

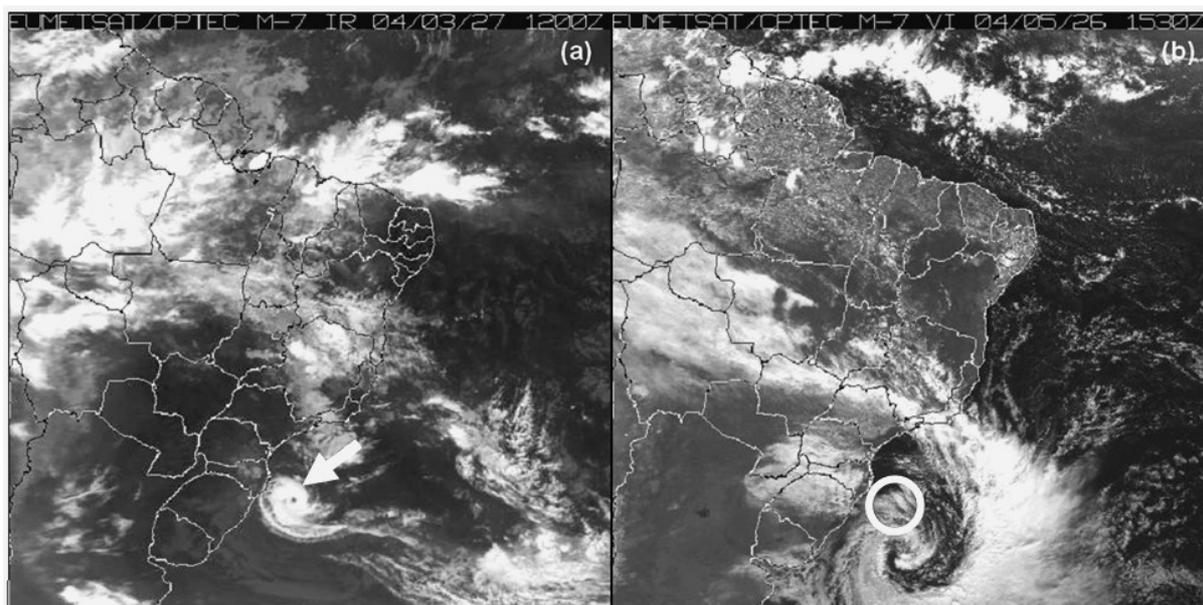


Figura 4.15 – Diferenças entre o Furacão Catarina (a) ocorrido no dia 27/03/2004 e um ciclone extratropical (b) ocorrido no dia 26/05/2004.

Os furacões são classificados utilizando a Escala Saffir-Simpson, que varia da categoria 1 a 5. Esta escala baseia-se no princípio da escala Beaufort e leva em consideração a velocidade dos ventos sustentados, a pressão atmosférica no interior do “olho” e os danos causados pelos furacões (Tabela 4.5). Entretanto, em alguns casos, as tempestades de escala menor podem ocasionar maiores danos que as de categorias mais altas, em virtude da vulnerabilidade e do nível de exposição das áreas afetadas.

Além dos danos diretos devido à força do vento (destruição de edificações, queda de postes e torres de alta tensão, árvores arrancadas, etc.), o furacão também intensifica o processo de salinização nas áreas litorâneas. As partículas de sais marinhos (NaCl) grudam nas linhas elétricas e causam a queda de eletricidade em áreas extensas, oxidam vários metais e também matam vegetação a médio prazo.

Tabela 4.5 - Escala Saffir-Simpson.

Escala	Vento (km/h)	Pressão (mbar)	Onda (m)	Descrição
1	119-153	> 980	1,2-1,5	Não são verificados danos estruturais nas edificações mais resistentes. Os danos iniciais são verificados principalmente em árvores e arbustos, trailers e placas, e destelhamento generalizado.
2	154-177	965-979	1,8-2,4	Destruição parcial de telhados, portas e janelas. Os danos mais severos ocorrem nas casas de madeira. Muitas árvores são derrubadas.
3	178-209	945-964	2,7-3,6	Árvores grandes derrubadas, e muitas perdem todas as folhas (efeito paliteiro). Destruição dos telhados, portas e janelas de casas e danos na estrutura de edifícios pequenos. Nos EUA é exigida a retirada dos moradores das áreas costeiras.
4	210-249	920-944	3,9-5,5	Destruição completa de casas de madeira. Danos estruturais em residência de alvenaria. Árvores, arbustos e todas as placas e sinais são derrubadas. Muitas árvores são arrastadas pelos ventos. Nota-se que nos EUA é obrigatória a retirada total das pessoas que moram próximo à costa e que vivam em terrenos baixos, a uma distância de 10 km do mar.
5	> 249	< 920	> 5,5	Árvores grandes são arrancadas pela raiz. Casas de alvenaria são destruídas. Telhados e paredes de casas e edifícios resistentes são severamente danificados. Todas as placas e sinais de trânsito são arrancados ou destruídos, transformando-se em projéteis. É obrigatória a evacuação em massa a uma distância de 16 km do mar.

Fonte: Simpson (1974) e Coch (1994).

Atualmente, têm-se associado o aumento na frequência e na intensidade dos furacões em todo o mundo com o aquecimento global. Pesquisadores acreditam que o aquecimento global aumentou a temperatura média dos oceanos, favorecendo a formação dos furacões, principalmente dos de categoria 4 e 5 (WEBSTER et al, 2005; EMANUEL, 2005). Além disso, o aumento da temperatura poderia causar a formação de furacões em áreas outrora desprovidas de registros, como no Atlântico Sul (MET OFFICE, 2004).

Os ingredientes para um furacão incluem uma pressão baixa, vento forte e chuva intensa. Se as condições certas persistirem por muito tempo, elas podem se combinar para produzir um complexo desastre natural (Figura 4.16).

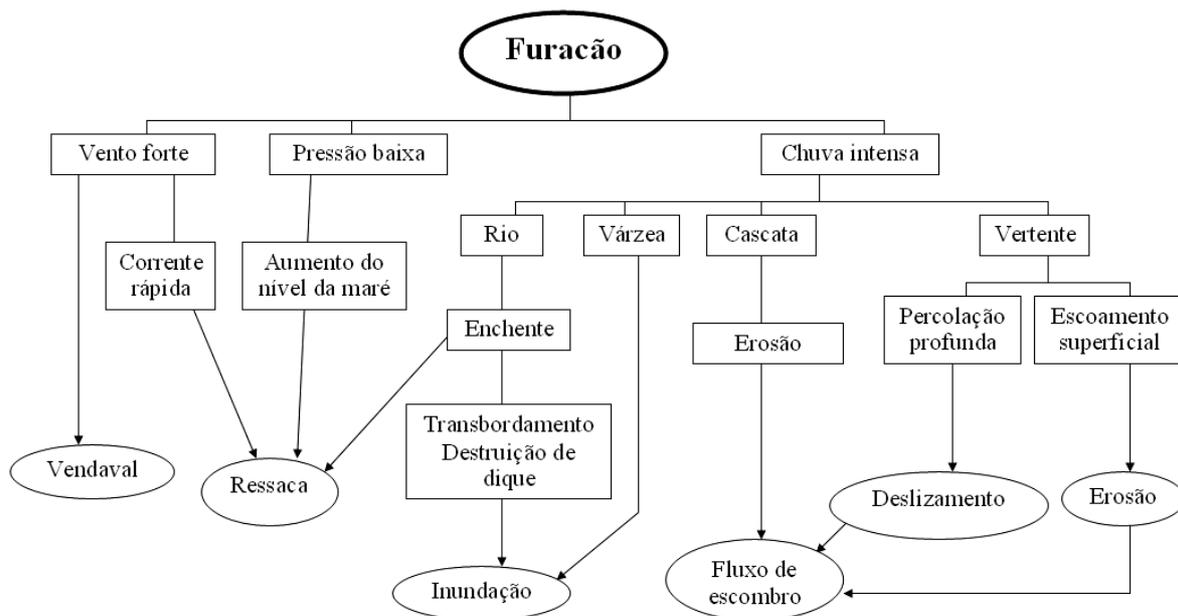


Figura 4.16 – Complexidade dos desastres naturais associados a furacão.

4.6.2 Medidas Preventivas

Em terra, os efeitos causados pelos furacões são os mesmos causados pelos vendavais, isto é, os ventos comportam-se similarmente, variando somente em intensidade. Assim, as mesmas medidas preventivas utilizadas para vendavais também são adotadas para furacões. Ressalta-se que é fundamental proteger as janelas e portas com lâminas de madeira (madeirite); não sair de casa por causa dos projéteis e ter um kit emergência em casa (radio, lanterna, pilhas, roupas, medicamentos, comidas não perecíveis e água potável) que possa durar alguns dias (FEMA, 2004).

4.7. RESSACA

4.7.1 Conceito

Diversas comunidades que vivem ao longo da orla marítima do Brasil estão sujeitas a eventos de ressaca. Ressaca ou maré de tempestade (*storm surge*), é o termo utilizado para caracterizar a sobre-elevação do nível do mar durante eventos de tempestade. Ela resulta do empilhamento da água oceânica induzido pelo cisalhamento do vento e pela presença de gradientes de pressão atmosférica (CARTER, 1988). A maré de tormenta é a combinação da maré astronômica e da maré de tempestade. Na Figura 4.17 está representada esquematicamente a praia durante uma maré normal e a mesma durante uma ressaca.

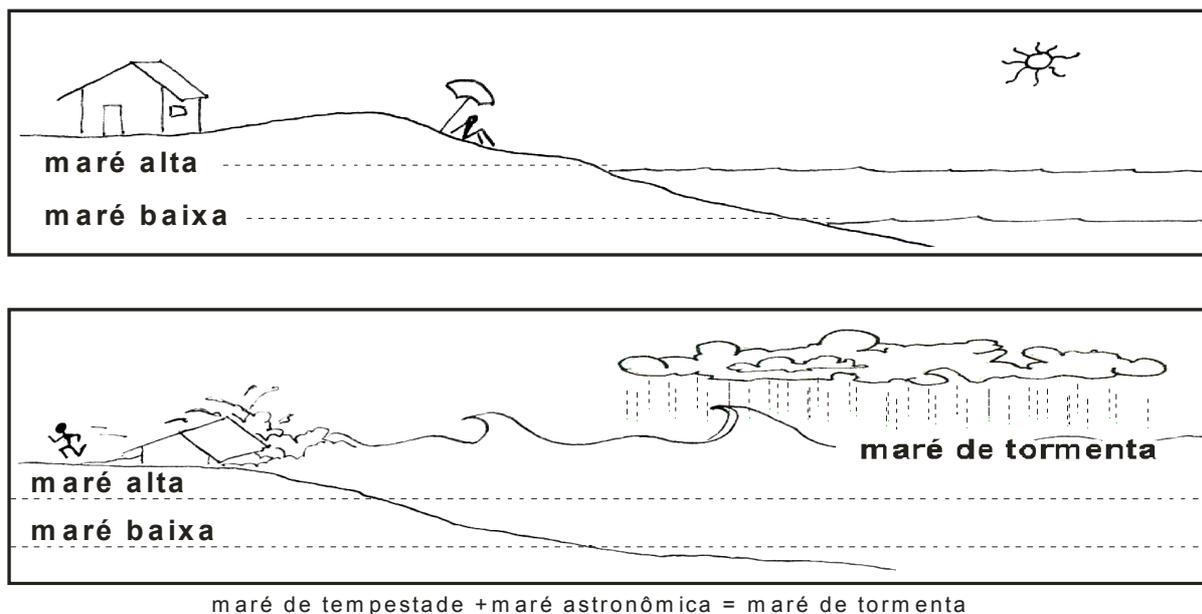


Figura 4.17 – Esquema da praia antes e durante a ressaca.

A direção do vento também é importante para ocorrência de ressacas. Durante furacões o empilhamento ocorre a partir de ventos vindos do mar. Já durante ciclones extratropicais o empilhamento se dá à esquerda do sentido do vento (hemisfério sul), devido ao transporte de Eckman. No Sul e Sudeste do Brasil, o vento que provoca empilhamento na costa é o vento sul. Já na costa do nordeste são os ventos dos quadrantes norte, leste e ocasionalmente do quadrante sul que provocam as maiores ressacas.

As ressacas mais destrutivas ocorrem durante furacões, sendo elas o componente que mais causa mortes ao atingirem a costa. Na costa Atlântica dos EUA, apesar dos furacões periodicamente causarem danos severos, as tempestades extratropicais provocam maiores danos acumulativos (MORTON, 2003). Isto se deve ao fato de que as tempestades extratropicais na costa leste americana são freqüentes, duram muitos dias e abrangem extensas áreas, enquanto que os furacões são menos freqüentes, duram apenas algumas horas ao atravessar o continente e seus danos são mais localizados (MORTON, 2003).

Nas regiões sul e sudeste do Brasil, as ressacas estão associadas às passagens de frentes frias e ciclones extratropicais. Durante tais eventos, ventos fortes e persistentes do quadrante sul empilham a água do mar sobre a costa, muitas vezes avançando sobre dunas e edificações localizadas no litoral. De acordo com CALLIARI (1998), apesar das marés de tempestade geralmente provocarem um empilhamento de aproximadamente 1 m ao longo da costa do Rio Grande do Sul, a sobre-elevação do nível do mar intensifica o poder erosivo das ondas de tempestade,

causando danos severos especialmente quando coincidem com as marés de sizígia. Durante tais eventos a sobre-elevação, além de poder provocar inundações, aumenta o nível base de ataque das ondas, danificando e muitas vezes destruindo propriedades e infra-estrutura urbana.

Uma das ressacas mais destrutivas que afetaram as Regiões Sul e Sudeste do Brasil foi a de maio de 2001, provocando danos severos em diversos municípios do litoral do Rio Grande do Sul ao Rio de Janeiro. Somente nos municípios costeiros de Santa Catarina este evento causou prejuízos superiores a cinco milhões de dólares (RUDORFF et al. 2006, no prelo).

Nas regiões Norte e Nordeste do Brasil as ressacas são muito pouco estudadas, porém também causam danos. O empilhamento da água do mar ocorre pelos ventos proveniente de NE ou E, dependendo da orientação da linha de costa. Todavia, um dos perigos costeiros que causam danos severos nestas regiões são as grandes ondulações geradas por ciclones extratropicais intensos do Hemisfério Norte, que ocasionalmente atingem o litoral entre os estados do Amapá e Rio Grande do Norte (INNOCENTINI et al., 2001).

Em fevereiro de 2001, um ciclone extratropical formado no Hemisfério Norte proporcionou que ondas de 3,7 m atingissem a costa do Norte e Nordeste com bastante intensidade (Diário do Nordeste, 11/02/2001). Em março de 2006, um ciclone associado à outra tempestade extratropical originou ondas de até 12 metros de altura e que atingiram estas regiões com alturas de até três metros (Jornal da Globo, 02/03/2006). Quando chegaram à costa, uma tempestade com ventos de até 85 km/h aumentaram ainda mais o nível do mar (Jornal da Globo, 02/03/2006). Outro fator agravante foi que este evento coincidiu com a proximidade da maré de sizígia, e quando coincidiram com as marés altas as ondas provocaram os maiores danos.

4.7.2 Medidas Preventivas

É fundamental que as comunidades das regiões sul e sudeste do Brasil tomem medidas preventivas antes, durante e depois de ressacas. Apesar destas regiões serem vulneráveis às ressacas associadas aos ciclones extratropicais e frentes frias, é importante que estejam preparadas para uma eventual ocorrência de ressacas associadas a furacões também. Estes, apesar de muito raros, já foram registrados no Brasil, quando o Furacão Catarina atingiu municípios costeiros da região sul de Santa Catarina e norte do Rio Grande do Sul. Nesta ocasião, os danos

causados pela ressaca só não foram maiores, pois atingiram uma região cuja orla era pouco urbanizada.

Algumas medidas preventivas estão listadas abaixo.

Antes

- Verifique com a prefeitura, defesa civil e/ou com moradores antigos se você mora em uma área de risco à inundação por ressacas;
- Construa infra-estruturas urbanas e edificações respeitando a faixa de terreno de marinha;
- Conserve a duna frontal. Esta além de ser uma barreira contra o avanço do mar, é um importante estoque de areia que naturalmente   erodido durante eventos de tempestade e recuperado nos períodos entre as tempestades;
- Evite construções próximas aos arroios, pois esses têm alto poder erosivo durante eventos de tempestade com precipitação intensa;
- Em praias que sofrem alto grau de suscetibilidade, aconselha-se estabelecer faixas de recuo que impedem a constru o de edificações e infra-estrutura na faixa litorânea com larguras maiores que os 33 metros do terreno de marinha;
- É importante que os centros de meteorologia e defesa civil estabeleçam sistemas de alertas que utilizem modelos de previsão de marés de tempestade e de ondas e que orientem as comunidades que podem ser mais afetadas pelo evento;
- Em caso de ameaça de ciclones, fique atento para os alertas oficiais, emitidos pelos centros de previsão meteorológica e defesa civil. Estes deverão aconselhar se marés altas e inundações costeiras são esperadas.

Durante

- Tenha um plano de fuga. Leve sempre medicamentos essenciais, documentos vitais e fale com a defesa civil municipal o que pretende fazer;
- Esteja preparado para evacuar assim que for orientado para tal. Isto facilita a tarefa difícil de gerenciar a difícil tarefa de movimentar muitas pessoas, especialmente quando as condições do tempo estão piorando. Caso decida ir embora por conta própria, avise seus vizinhos;
- Em caso de emergência, acione a Defesa Civil ou o Corpo de Bombeiros.

- Fique longe de postes e linhas de transmissão caídas. Choque elétrico é o segundo maior causador de mortes durante as inundações. A eletricidade é transmitida facilmente pelas áreas inundadas. Caminhe na calçada junto aos muros;
- Em caso de inundação, procure lugares mais altos da casa se não for possível deixar o local. Se for abandonar, procure um lugar seguro para abrigar.

4.8. ESTIAGEM

4.8.1 Conceito

Estiagem refere-se a um período prolongado de baixa pluviosidade ou sua ausência, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição (CASTRO, 2003). A forma crônica deste fenômeno é denominada como seca, considerada atualmente como um dos desastres naturais de maior ocorrência e impacto no mundo. Isto se deve ao fato de que ela ocorre durante longos períodos de tempo, afetando grandes extensões territoriais. Assim, a estiagem é caracterizada como um breve período de seca, podendo ser classificada em três principais tipos (CAMPOS, 1997):

- seca climatológica, quando a pluviosidade (chuva) é baixa em relação às normais da área;
- seca hidrológica, quando a deficiência ocorre nos estoques de água dos rios e açudes;
- seca edáfica quando é constatado um déficit de umidade no solo.

Se as reservas contidas nas nascentes, rios, riachos e lagoas, pudessem ser coletadas e armazenadas para o abastecimento e distribuição, possivelmente estes períodos não resultariam em conseqüências prejudiciais ao homem (Figura 4.18).



Figura 4.18 – Coleta e armazenamento de água.

Além de fatores climáticos de escala global, como a La Nina, as características geoambientais podem ser elementos condicionantes na frequência, duração e intensidade dos danos e prejuízos. As formas de relevo e a altitude da área, por exemplo, podem condicionar o deslocamento de massas de ar, interferindo na formação de nuvens e, conseqüentemente, na precipitação.

O padrão estrutural da rede hidrográfica, por exemplo, pode também ser caracterizado como um dos condicionantes físicos que interfere na propensão para a construção de reservatórios e captação de água. A presença da cobertura vegetal também pode ser caracterizada como um dos condicionantes, pois reduz a perda de umidade do solo, devido principalmente ao bloqueio da radiação solar e ao sistema radicular (raízes) que favorece o processo de infiltração, diminuindo também a atuação do processo erosivo (lixiviação) (GONÇALVES et al., 2004).

Municípios com economia totalmente apoiada em extrativismo vegetal, por exemplo, podem sofrer grandes prejuízos econômicos. Dependendo especificamente do porte da cultura realizada, da necessidade de irrigação e da importância desta na economia no município, os danos podem apresentar magnitudes economicamente catastróficas.

As conseqüências podem estar relacionadas a extrativismos, abastecimento doméstico, geração de energia, produção industrial, prestação de serviços, atividades de lazer e turismo, repercutindo também em outros fenômenos, como queimadas e intensificação da erodibilidade dos solos (GONÇALVES et al, 2004).

4.8.2 Medidas Preventivas

A seguir serão apresentadas as principais ações mitigadoras que devem ser tomadas antes, durante e depois (KNUTSON et al, 1998):

Antes

- Diversificar os tipos de culturas e atividades econômicas, para evitar a concentração de prejuízos;
- Priorizar culturas com maior resistência a períodos de déficit hídrico;
- Realizar manejo do solo de acordo com a inclinação do terreno;
- Manter sempre que possível a cobertura vegetal entre os períodos de cultivo;
- Proteger poços, córregos, açudes e outras áreas de captação;
- Proteger áreas de nascentes, grotões e mata ciliar, principalmente nos rios de primeira ordem;
- Construir reservatórios com capacidade adequada a irrigação e a distribuição necessárias;
- Construir reservatórios para reutilização da água para fins de limpeza doméstica;

Durante

- Não construir barramentos sem estudo prévio do local;
- Evitar o princípio e a propagação de queimadas;
- Reutilizar a água para fins de limpeza de calçadas, fachadas e consumo animal;
- Utilizar somente água potável, obtida em locais livres de contaminação ou, em último caso, água fervida.

Depois

- Realizar a limpeza de reservatórios antes do consumo doméstico;
- Restabelecer o nível dos reservatórios paulatinamente;
- Identificar e mapear as áreas atingidas para controle futuro.

4.9. GEADA

4.9.1 Conceito

A geada ocorre quando o ar, em contato com o solo ou num nível mais elevado, atinge temperatura abaixo de 0°C, podendo ou não dar origem à formação de cristais de gelo sobre as superfícies expostas. Esta ocorrência causa o

congelamento das superfícies de água livre, da água depositada como orvalho, da água encanada e de soluções aquosas como as existentes em células animais e vegetais (AGUIAR e MENDONÇA, 2004).

A ocorrência de geada está associada com massas de ar de origem polar, estacionária ou em deslocamento. Tais massas caracterizam-se por baixa temperatura, baixo teor de umidade e ausência de nebulosidade (MONTEIRO, 2001).

Há dois tipos principais de geada, a de radiação e a de advecção ou de massa de ar. A geada de radiação resulta do rápido resfriamento da camada de ar próxima ao solo, devido às grandes perdas de radiação em noites calmas e claras restringindo-se a uma pequena área. Já a geada de advecção ocorre devido à invasão de uma massa de ar frio e pode ser chamada de geada de vento se estender por uma grande área. A geada pode ser também mais intensa quando resultar da associação desses dois fenômenos: invasão de massa de ar polar sobre o continente, seguida de radiação noturna (MOLION et al, 2001).

Entre as culturas que sofrem danos causados pelas geadas estão o fumo, as frutíferas e os hortigranjeiros cuja produção é interrompida em certas épocas do ano. A pecuária, principalmente a leiteira é atingida pela interrupção no crescimento das pastagens nativas.

4.9.2 Medidas Preventivas

Como não é possível controlar a temperatura das massas de ar, pouco pode ser feito para controlar o risco de uma geada, entretanto algumas medidas minimizam o seu efeito. Isso pode ser conseguido através dos seguintes procedimentos (MOTA, 1983; ROMÃO, 2006):

Antes

- Cultivo de espécies resistentes ou pelo menos mais tolerantes às temperaturas baixas no período reprodutivo;
- Planejamento, da semeadura e colheita, baseado em previsões climáticas de médio prazo (trimestrais);
- Como a topografia influi na acumulação e escoamento do ar frio no terreno, escolher para o plantio as encostas elevadas, com mais de 10% de declive, os de espigão e os de configuração convexa com mais de 5% de declive. Evitar as baixadas e encostas baixas, espigões muito extensos e planos, terrenos de

configuração côncava com baixo declive ou em bacias com gargantas estreitas a jusante.

Durante

- Aquecer o ar utilizando fogareiros a óleo, que devem ser estrategicamente espalhados por toda área de plantio;
- Misturar ou agitar o ar através do uso de grandes ventiladores operados por motores;
- Espalhar água na folhagem da lavoura e usar o chamado “quebra vento”. O objetivo é reduzir o resfriamento excessivo e aumentar a condutividade térmica do solo. O calor latente liberado no congelamento da água faz com que a temperatura das plantas não caia abaixo do nível de congelamento, durante a mudança de estado. Contudo, este método de proteção às geadas apresenta limitações.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, D; MENDONÇA, M. Climatologia das geadas em Santa Catarina. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1.. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p.762-773.
- AUGUSTO FILHO, O. **Cartas de risco de escorregamentos: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilhabela, SP.** São Paulo. 162p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, 1994.
- BAKER, V. R. Geomorphological understanding of floods. **Geomorphology**, v.10, 1994. p.139-156
- BBC Weather Centre, 2000. Disponível em: <<http://www.bbc.co.uk/weather/weatherwise/factfiles/extremes/hail.shtml>> Acesso em: 05 abr. 2006.
- BIGARELLA, J. J; BECKER, R. D.; PASSOS, E. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais.** Florianópolis: Editora da UFSC, 1996. 875 p.
- BRYANT, E. A. **Natural hazards.** Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1991. 288 p.
- CALLIARI, L. J. ; TOZZI, H. A. M. ; KLEIN, A. H. F. Beach morphology and coastline erosion associated with storm surges in southern Brazil – Rio Grande to Chuí, RS. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, n. 70, v. 2, p. 231-247, 1998
- CAMPOS, J. N. B.; NETO, J. F. V.; MARTINS, E. S. Vulnerabilidade de sistemas hídricos: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH**, v. 2, n. 1, 1997.
- CARSON, M. A.; KIRKBY, M. J. **Hillslope form and process.** London: Cambridge University Press, 1975. 475 p.

- CARTER, R. W. G. **Coastal environments** – An introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coastlines. Academic Press, 1988. 617 p.
- CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991. 136 p.
- CASTRO, A. L. C. **Manual de Desastres: desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. 174 p.
- COCH, N. K. Geologic effects of hurricanes. **Geomorphology**, v. 10, n. 1-2, p. 37-63, 1994.
- COSTA, H.; TEUBER, W. **Enchentes no Estado do Rio de Janeiro – uma abordagem geral**. Rio de Janeiro: SEMADS, 2001. 160p.
- COUSSOT, P.; MEUNIER, M. Recognition, classification and mechanical description of debris flows. **Earth-Science Reviews**, v. 40, n. 3-4, p. 209-227, 1996.
- CROZIER, M. J. **Landslides: causes, consequences & environment**. Dover: Croom Helm, 1986. 252 p.
- DAVENPORT, A. G.; GEORGIU, P. N.; SURRY, D. **A hurricane wind risk study for the Eastern Caribbean, Jamaica and Belize with special consideration to the influence of topography**. London: Boundary Layer Wind Tunnel Laboratory, University of Western Ontario, 1985.
- DEMILLO, R. **Como funciona o clima**. São Paulo: Quark Books, 1998.
- DIÁRIO DO NORDESTE. **Ondas “Swell”**. Fortaleza, Ceará. Disponível em: <<http://diariodonordeste.globo.com/2001/02/11/010032.htm>>. Acesso em: 11 fev. 2001.
- DOSWELL, C. A. **What is a tornado?** Norman: NOAA//National Severe Storms Laboratory, 1997. Disponível em: <http://www.cimms.ou.edu/~doswell/a_tornado/atornado.html>. Acesso em: 5 jun. 2005.
- DYER, R. A. Remote Sensing Identification os tornado tracks in Argentina, Brazil and Paraguay. **Photogrammetric Engineering Remonte Sensing**. v. 54, n. 10, p.1429-1435, 1988.
- EMANUEL, K. Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. **Nature**, v. 436, 2005. p.686-688.
- FEMA – Federal Emergency Management Agency. **Taking shelter from the storm: building a safe room inside your house**. Washington, USA: FEMA, 1998. 28 p.
- FEMA - Federal Emergency Management Agency. **Design and construction guidance for community shelters**. Washington: FEMA, 2000. (FEMA 361).
- FEMA – Federal Emergency Management Agency. **Are you ready?** - An in-depth guide to citizen preparedness. Emmitsburg, USA: FEMA, 2004. 204 p.
- FERNANDES, M. C.; LAGÜENS, J. V. M.; COELHO NETTO, A. L. O processo de ocupação por favelas e sua relação com os eventos de escorregamentos no maciço da Tijuca/RJ. In: GEOVEG´99, IGU-GERTEC Meeting – ‘Geomorphic responses to vegetation changes: problems and remedial works’. **Proceedings**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, 1999. 12 p.
- FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. Cap. 3, p. 123-194.

- FEW, R.; AHERN, M.; MATTHIES, F.; KOVATS, S. **Floods, health and climate change: a strategic review**. Tyndall Centre, 2004. 138p. (Working Paper 63).
- FUJITA, T. Tornadoes and downbursts in the context of generalized planetary scales. **Journal Atmos. Science.**, v. 38, 1511-1534, 1981.
- GLICKMAN, T. S. **Glossary of meteorology**. Boston: American Meteorological Society, 2000. 855 p.
- GOERL, R.F.; KOBIYAMA, M. Considerações sobre as inundações no Brasil. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005, João Pessoa, **Anais...** 2005.
- GONÇALVES, E. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. Distribuição dos desastres naturais no Estado de Santa Catarina: estiagem (1980-2003). In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1.. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p.773-786.
- GUIDICINI, G.; IWASA, O. Y. **Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamentos em meio tropical úmido**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, 1976. 48 p. (Relatório n. 1080)
- GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. São Paulo: Edgard Blücher, 1993. 196 p.
- GUZZETTI, F.; CARRARA, A.; CARDINALI, M.; REICHENBACH, P. Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central/Italy. **Geomorphology**, v. 31, n. 1-4, p. 181-216, 1999.
- INNOCENTINI, V.; PRADO, S. C. C.; ARANTES, F. O.; BRANDÃO, I. N. Marulhos no Litoral Norte do Brasil Gerados por Furacões: caso 24 de outubro de 1999. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 10 p. 2001.
- JORNAL DA GLOBO. **Ondas gigantes no nordeste**. Disponível em: <<http://jg.globo.com/JGlobo/0,19125,VTJ0-2742-20060302-53568,00.html>>. Acesso em: 02 mar. 06.
- KNIGHT, C. A.; KNIGHT, N. C. Hailstorms. In: DOSWELL III, C. A. **Severe convective storms**. Boston: American Meteorological Society, 2001. (Meteorological Monographs, v. 28, n. 50, 2001. p. 223-249).
- KNUTSON, C.; HAYES, M.; PHILLIPS, T. **How to reduce drought risk**. Lincoln, USA: Western Drought Coordination Council, 1998.
- KOBIYAMA, M. CHECCHIA, T.; SILVA, R.V.; SCHRÖDER, P.H.; GRANDO, A.; REGINATTO, G.M.P. Papel da comunidade e da universidade no gerenciamento de desastres naturais. In: I Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 2004, Florianópolis. Florianópolis: GEDN, **Anais**, 2004a. p. 834-846.
- KOBIYAMA, M.; SILVA, R.V.; CHECCHIA, T.; ALVES, A. Mapeamento de área de perigo com consideração do alcance da massa deslizada: estudo de caso. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004b. p.117-128.
- KULICOV, V. A.; RUDNEV, G. V. **Agrometeorologia tropical**. Havana: Científico-Técnica, 1980.
- LIU, H.; GOPALARATNAM, V. S.; NATEGHI, F. Improving Wind Resistance of Wood-Frame Houses. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, v. 36, n. 2, p.699-707, 1990.

- MARCELINO, E. V. **Mapeamento de áreas susceptíveis a escorregamento no município de Caraguatatuba (SP) usando técnicas de sensoriamento remoto e SIG**. São José dos Campos. 218p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003a.
- MARCELINO, I. P. V. O. **Análise de episódios de tornados em Santa Catarina: caracterização sinótica e mineração de dados**. São José dos Campos. 214p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003b.
- MARCELINO, E. V.; RUDORFF, F. M.; MARCELINO, I. P. V. O.; GOERL, R. F.; KOBAYAMA, M. Impacto do Furacão Catarina sobre a região sul catarinense: monitoramento e avaliação pós-desastre. **Geografia**, v. 30, n. 3, 2005. p. 559-582.
- MET OFFICE. **Catarina hits Brazil: South Atlantic Hurricane breaks all the rules**. Disponível em: <<http://www.metoffice.com/sec2/sec2cyclone/catarina.html>> Acesso em: 30 out. 2004.
- MIZUTANI, T. **Science and technology for natural disasters prevention**. Tokyo: University of Tokyo Press, 2002. 207p. (em japonês).
- MOLION, L. C. B.; FERREIRA, N. J.; MEIRA FILHO, L. G. **O uso de satélites ambientais para o monitoramento de geadas**. São José dos Campos: INPE, 1981. (INPE-2128-RPE/352).
- MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, v. 16, n. 31, p. 69-78, 2001.
- MORTON, R. A. **An overview of coastal land loss: with emphasis on the southeastern United States**. Saint Petesburg: USGS, 2003. 28 p. (USGS OFR 03-337).
- MOTA, F. S. **Meteorologia agrícola**. São Paulo: Nobel, 1983.
- NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. **Hurricane basics**. [S.I.]: NOAA, 1999. Disponível em: <<http://hurricanes.noaa.gov/pdf/hurricanebook.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2004.
- NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. **Tropical Weather**. Disponível em: <http://www.srh.weather.gov/srh/jetstream/tropics/tc_structure.htm>. Acesso em: 20 nov. 2005
- PLATE, E.J. Flood risk and flood management. **Journal of Hydrology**, v.267, p.2-11, 2002.
- ROMÃO, M. **A geada e a agricultura**. Disponível em: <http://paginas.terra.com.br/servicos/servicosvn/ventonw/artigo06_geada01.htm>. Acesso em: 28 mar. 2006.
- RUDORFF, F. M. **Geindicadores e análise espacial na avaliação de suscetibilidade costeira a perigos associados a eventos oceanográficos e meteorológicos extremos**. Florianópolis. 101p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.
- RUDORFF, F. M; BONETTI, J; MORENO, D. A. **Maré de Tempestade**. In: Maria Lúcia de Paula Herrmann. (Org.). Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina. Florianópolis. 2006 (no prelo).
- SELBY, M.J. **Hillslope materials and processes**. 2ed. Oxford: Oxford Univ. Press, 1993. 451p.

- SILVA DIAS, M. A. F; GRAMMELSBACHER, E. A. A possível ocorrência de tornados em São Paulo no dia 26 de abril de 1991: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 6, n. 2, p.513-522, 1991.
- SIMPSON, R. H. The hurricane potential scale. **Weatherwise**, v. 27, 1974, p. 169-186.
- SPARKS, P. R. Wind speeds in tropical cyclones and associated insurance losses. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, v. 91, 2003, p. 1731-1751.
- STULL, R. B. **Meteorology for scientists and engineers**. Pacific Grove: Brooks/Cole, 2000. p.339-351.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília: INMET, 2000.
- VIANELLO, R. L; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 1991. 449 p.
- WALTON, T. L. **Hurricane**: resistant construction for home. Florida: Florida Sea Grant Publication/NOAA, 1976. 32 p. (FLSGP-T1-76-003 C2)
- WEATHER DOCTOR. Disponível em: <<http://www.islandnet.com/~see/weather/elements/hailform.htm>> Acesso em: 05 abr. 2006.
- WEBSTER, P. J; HOLLAND, G. J.; CURRY, J. A.; CHANG, H. R. Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. **Science**, v. 309, 2005. p. 1844-1846.
- ZÊZERE, J. L; FERREIRA, A. B.; RODRIGUES, M. L. Landslide in the North of Lisbon Region (Portugal): conditioning and triggering factors. **Physics and Chemistry of the Earth, Part A: Solid Earth and Geodesy**, v. 24, n. 10, p. 925-934, 1999.

MEDIÇÃO DE CHUVA

*“Gotas de água da chuva
Alegre arco-íris sobre a plantação
Gotas de água da chuva
Tão tristes são lágrimas
na inundação
Águas que movem moinhos
São as mesmas águas
Que encharcam o chão
E sempre voltam humildes”*

Guilherme Arantes

5.1. IMPORTÂNCIA DA MEDIÇÃO DA CHUVA

Inicialmente é necessário refletir sobre os efeitos positivos e negativos da água. Todas as formas de vida deste planeta dependem da água da chuva, dos rios, dos mares e oceanos para sua existência. Para ilustrar esta informação, o corpo humano é basicamente composto por água (cerca de 75%). Assim, o ser humano pode ficar vários dias sem comer absolutamente nada, apenas tomando água, porém não é possível ficar mais do que três dias sem bebê-la.

Outro papel importante da água é o de manter a temperatura média global, pois a água no seu estado gasoso (vapor d'água) é a maior responsável pela retenção do calor na atmosfera, gerando o efeito estufa.

A chuva é importante e benéfica para todos, porém, também pode ser muito danosa e perigosa quando ocorre em excesso. Quando chove forte, o excesso de água pode causar inundações e escorregamentos. Quando chove pouco, a escassez de água poderá causar outros desastres, como as estiagens e secas.

Embora existam outros elementos meteorológicos significativos para o estudo de desastres naturais, a chuva, pela sua importância e também facilidade de medição, deve ser um dos principais elementos estudados.

Os dados medidos de chuva podem ajudar na previsão do tempo, estabelecimento de sistema de alerta, mapeamento de áreas de risco e na construção de obras de engenharia, como barragens, pontes, estradas, portos,

diques, entre outros. O registro das precipitações pode subsidiar muitos estudos, como estimativas das vazões máximas de cheias e a frequência com que ocorrem. É dito que a previsão de cheias é muito mais fácil do que a do tempo. Mas, ressalta-se as cheias são totalmente dependentes do tempo. Então, para minimizar os danos devido a cheias, é necessário medir a chuva. Os radares meteorológicos podem ser ideais para o Brasil. Entretanto, atualmente é difícil instalá-los devido ao altíssimo custo. Então, a maneira mais fácil de medir é realizar uma medição manual que será descrita posteriormente.

As medições de chuva geram não somente os dados de chuva. As atividades de medições feitas pela comunidade certamente contribuirão para a conscientização da mesma sobre a chuva, os recursos hídricos, etc., fazendo parte da educação ambiental.

Entretanto, não obstante a importância da medição de chuva, no Brasil o número de postos pluviométricos ainda são insuficientes. É necessário organizar as comunidades, a partir da iniciativa dos cidadãos, para juntar esforços com o intuito de aumentar o número de postos pluviométricos com medição diária de chuva. Portanto, o ideal é que cada escola possua um posto pluviométrico e meça a chuva todos os dias.

5.2. CARACTERÍSTICAS DA CHUVA

Principais características da água (ou recursos hídricos) são: (1) Circulação natural (ciclo hidrológico ou ciclo da água); (2) variabilidade (heterogeneidade) espacial; e (3) variabilidade (heterogeneidade) temporal.

O ciclo hidrológico é o processo natural de evapotranspiração, condensação, precipitação, detenção, escoamento superficial, interceptação, infiltração, percolação no solo, escoamento de água subterrânea, escoamentos fluviais e interações entre esses componentes (Figura 2.7). A precipitação é parte deste ciclo. Cada sub-processo, dentro do chamado processo hidrológico, possui sua própria velocidade de deslocamento da água, em qualquer uma de suas fases (gasosa, líquida e sólida).

Devido à diferença de velocidade entre os processos hidrológicos, ocorrem naturalmente variabilidades espaciais e temporais de precipitação. Muitas vezes, no Brasil, ocorre um cenário, no qual, na região nordeste a população sofre com estiagem e na região sul sofre com inundação. Além disso, em um mesmo local

chove em um dia e em outro pode não chover. Sintetizando, em nenhum lugar do mundo chove todos os dias durante o ano inteiro.

Para demonstrar esse fato, apresenta-se um estudo das variabilidades espacial e temporal de precipitação. Usando os dados de precipitação obtidos durante 25 anos (1976 – 2000) em 7 estações pluviométricas, ALVES et al (2005) investigaram essas variabilidades na região do município de Alfredo Wagner/SC.

As Figuras 5.1, 5.2, e 5.3 mostram a distribuição espacial da precipitação anual, precipitação mensal de janeiro, e precipitação mensal de junho, respectivamente. A variabilidade espacial de precipitação em janeiro é bem diferente com a ocorrida em junho. Enquanto que, na Tabela 5.1, encontra-se a variabilidade sazonal de precipitação nesta área de estudo. Como pode ser observado, o mês de abril é menos chuvoso e janeiro é mais chuvoso.

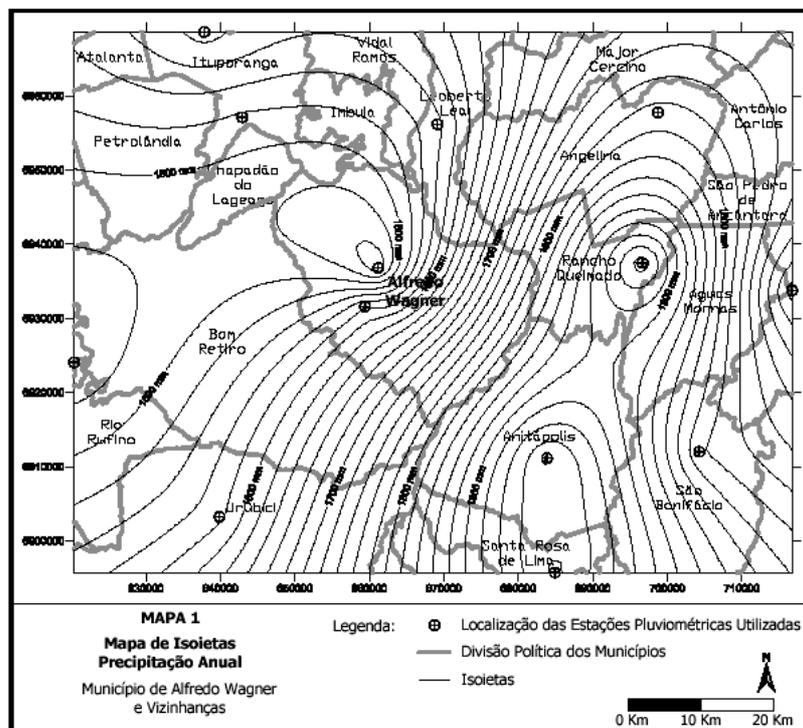


Figura 5.1 - Distribuição espacial de precipitação anual na região do município de Alfredo Wagner – SC
Fonte: Alves et al. (2004)

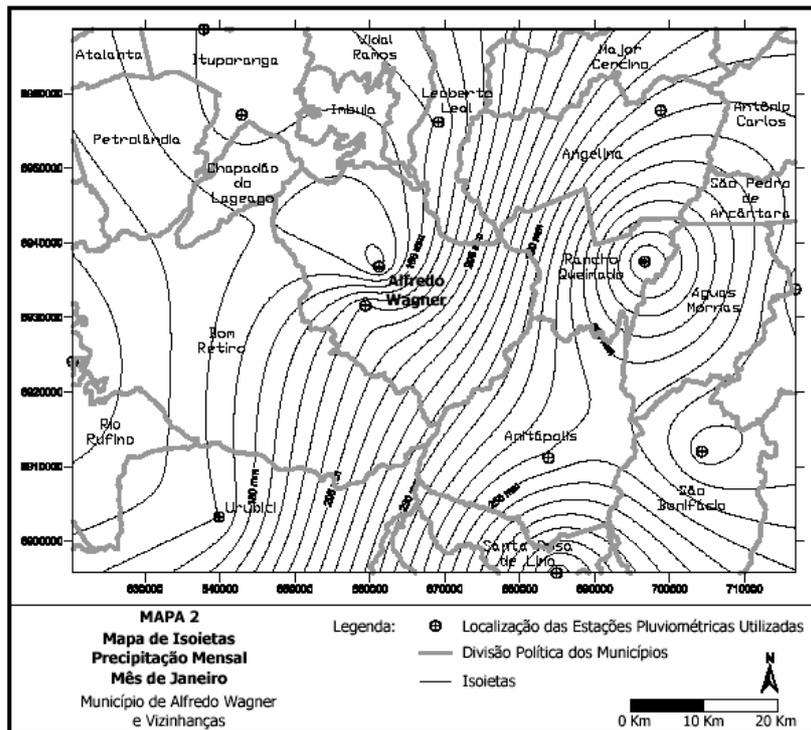


Figura 5.2 - Distribuição espacial de precipitação mensal de janeiro na região do município de Alfredo Wagner – SC.
 Fonte: Alves et al. (2004)

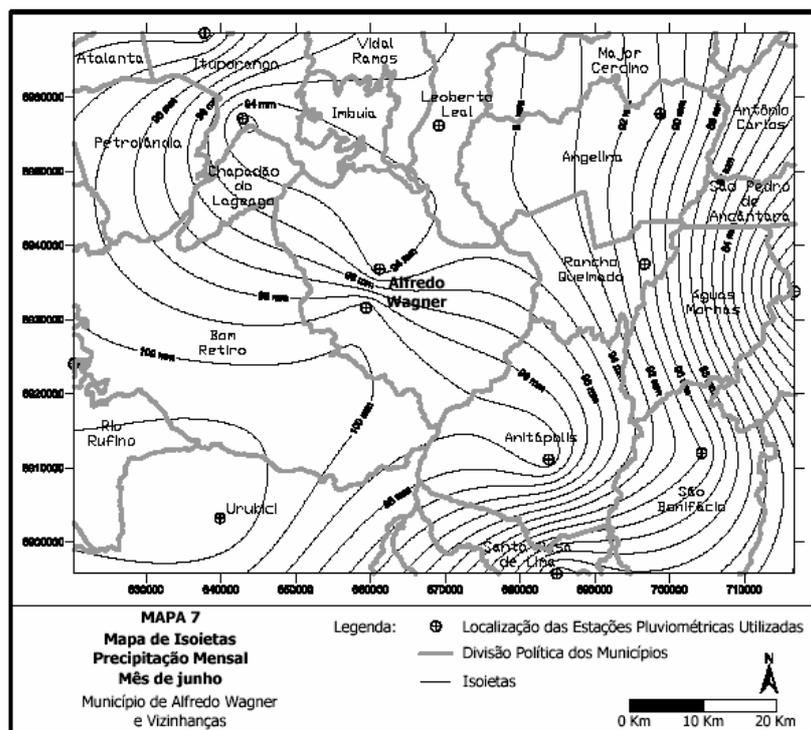


Figura 5.3 - Distribuição espacial de precipitação mensal de junho na região do município de Alfredo Wagner – SC.
 Fonte: Alves et al. (2004).

Tabela 5.1 - Distribuição temporal de precipitação mensal (em mm) para 7 estações pluviométricas na região do município de Alfredo Wagner/SC.

Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
P1	196,4	165,3	106,8	85,9	108,9	99,6	150,1	121,1	136,7	151,9	115,0	142,5
P2	162,4	153,8	98,1	82,8	97,5	93,3	141,7	113,8	121,9	140,8	105,5	135,7
P3	170,0	165,1	109,6	94,9	113,6	102,0	146,4	118,1	137,1	137,6	123,0	149,3
P4	281,7	256,8	160,8	99,1	114,6	90,7	139,6	111,1	158,8	199,1	151,1	210,7
P5	247,8	244,5	181,5	104,4	122,0	99,3	142,6	127,3	150,4	152,1	158,7	226,7
P6	175,3	162,0	114,2	87,5	100,9	98,3	127,3	125,4	123,9	137,5	109,8	142,3
P7	180,7	174,8	111,3	88,6	108,2	94,8	135,6	114,8	130,3	148,3	121,6	144,7
Média	202,0	188,9	126,0	91,9	109,4	96,9	140,5	118,8	137,0	152,5	126,4	164,6
Coef. de Var. Médio	0,43	0,44	0,39	0,54	0,76	0,51	0,86	0,68	0,49	0,45	0,51	0,48

Fonte: Alves et al. (2004).

Assim, com os dados medidos ao longo do tempo é possível reconhecer características espaciais e temporais da precipitação para cada região. E esse reconhecimento possibilita estabelecer um melhor gerenciamento de desastres naturais, especialmente aqueles de origem hidrológica.

5.3. COMO MEDIR A CHUVA?

Normalmente a chuva é registrada utilizando uma unidade de distância, isto é, comprimento. Por exemplo, bebem-se dois litros de água diariamente. Entretanto, quando chove ninguém se refere a quantos litros choveu: “Hoje choveu 100 litros de água!”. Em linguagem técnica a chuva é medida em milímetros: “Hoje choveu 10 mm!”. Os meios de comunicação (rádio, TV, jornais, etc.) também se referem desta forma para dar uma noção da proporção *versus* estragos causados por uma chuva.

Então, como se mede? Coleta-se a chuva em um recipiente qualquer (copo, balde, garrafa, funil, etc.) (Figura 5.4), cuja área (A) da boca seja previamente conhecida. Depois de acumular durante um dia (24 horas), mede-se o volume (V) coletado e faz-se um simples cálculo V/A . Então o valor h ($= V/A$) indica a quantidade, ou seja, a altura da chuva que caiu durante um dia.



Figura 5.4 – Tipos de pluviômetros.

Algumas vezes, é necessário saber a quantidade de chuva que caiu durante um minuto, dez minutos, uma hora, dois dias, etc. Então, usando-se o recipiente com área da boca de A [cm²], coleta-se o volume V [cm³]. Note-se que 1 cm³ é igual a 1 ml. Abaixo são apresentados três exemplos:

- Se a coleta foi durante T_1 dias, calcula-se: $\frac{10 \cdot V}{A \cdot T_1} = H_1$. Esse valor H_1 [mm/dia] é a altura (quantidade) da chuva por dia;
- Se a coleta foi durante T_2 horas, calcula-se: $\frac{10 \cdot V}{A \cdot T_2} = H_2$. Esse valor H_2 [mm/hora] é a altura (quantidade) da chuva por hora;
- Se a coleta foi durante T_3 minutos, calcula-se: $\frac{10 \cdot V}{A \cdot T_3} = H_3$. Esse valor H_3 [mm/minuto] é a altura (quantidade) da chuva por minuto.

Apesar do cálculo da medição ser importante, a maneira de instalar o aparelho de medir chuva (pluviômetro) também é fundamental. Durante a instalação do pluviômetro é necessário verificar se existem alguns obstáculos próximos do mesmo. Se houver algo perto da boca do pluviômetro, a chuva não poderá ser medida corretamente. Além disso, na condição ideal, a altura da boca do pluviômetro deve estar 1,5 m acima da superfície do solo.

Ao fixar o pluviômetro numa haste de madeira, a boca do aparelho tem que estar bem reta, nivelada em relação ao plano horizontal. Jamais se deve esquecer que o topo da madeira deve ficar abaixo da boca do pluviômetro (Figura 5.5).

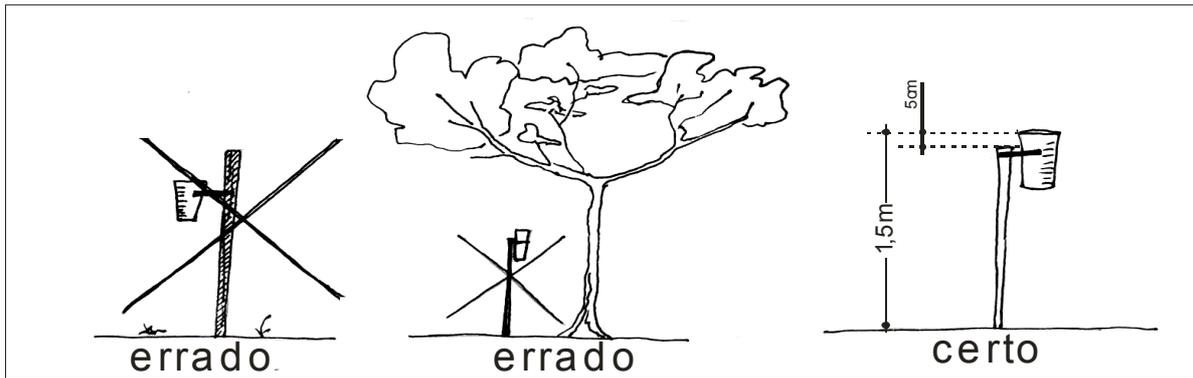


Figura 5.5 – Instalação de pluviômetros.

É muito importante que a medição seja realizada diariamente, sempre no mesmo horário. Depois de anotar o volume acumulado numa planilha (Anexo 2), jogue-o fora, preparando o pluviômetro para a próxima medição.

5.3.1. Exercícios

Para a realização destes exercícios serão apresentados o cálculo de quatro casos de medição de chuva.

Caso 1- Num recipiente (pluviômetro) cuja área da boca é 80 cm^2 , a precipitação medida durante 3 dias (às 09:00 horas dos dias 23, 24 e 25 de dezembro) foi de 1.152 cm^3 (cc ou ml), ou seja, 1,152 litros. Para obter a quantidade diária usa-se $\frac{10 \cdot V}{A \cdot T_1} = H_1$, então $H_1 = \frac{10 \cdot V}{A \cdot T_1} = \frac{10 \cdot 1152}{80 \cdot 3} = 48 \text{ [mm/dia]}$. Para obter, nessas condições,

o valor médio de chuva durante uma hora basta calcular: $48/24 = 2 \text{ mm/hora}$.

Caso 2 - Considerando-se que a área da boca do pluviômetro utilizado é de 50 cm^2 e a precipitação medida durante 6 horas (às 09:00 e às 15:00 horas num sábado), totalizou um volume de 840 cm^3 (cc ou ml), ou seja, 0,840 litro. Para calcular a quantidade acumulada por hora usa-se $\frac{10 \cdot V}{A \cdot T_2} = H_2$, obtendo-se

$H_2 = \frac{10 \cdot V}{A \cdot T_2} = \frac{10 \cdot 840}{50 \cdot 6} = 28 \text{ [mm/hora]}$. Para obter o valor médio de chuva durante 30

minutos nessas condições, basta calcular: $28/2 = 14 \text{ mm/30 min}$.

Caso 3 - Usando-se um pluviômetro cuja área da boca de 25 cm^2 , mediu-se a precipitação durante 40 minutos (às 09:00 e às 09:40 horas na segunda-feira de manhã), acumulando-se um volume de chuva equivalente a 400 cm^3 (cc ou ml), ou seja, 0,4 litro. Para calcular a quantidade acumulada por minuto usa-se:

$$\frac{10 \cdot V}{A \cdot T_3} = H_3, \text{ obtendo-se } H_3 = \frac{10 \cdot V}{A \cdot T_3} = \frac{10 \cdot 400}{25 \cdot 40} = 4 \text{ [mm/min]}. \text{ Para obter o valor médio}$$

de chuva durante uma hora neste caso, basta calcular $4 \times 60 = 240$ mm/hora.

Caso 4 - Em um pluviômetro cujo diâmetro da boca é de 20 cm, registrou-se das 15:00 horas no dia 02/03 às 21:00 horas no dia 03/03, um volume de 1152 cm³ (cc ou ml), ou seja, 1,152 litro. Neste caso, a área da boca é $\pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot 10^2 = 314$ cm².

Então, usando-se $\frac{10 \cdot V}{A \cdot T_2} = H_2$, obtém-se $H_2 = \frac{10 \cdot V}{A \cdot T_2} = \frac{10 \cdot 1152}{314 \cdot 30} = 1,2$ [mm/hora]. Para

obter o valor médio de chuva durante 1 dia neste caso, basta calcular $1,2 \times 24 = 28,8$ mm/dia.

REFERÊNCIAS

ALVES, A.; KOBAYAMA, M.; SILVA, R.V.; CHECCHIA, T. Análise de dados hidrológicos na região do município de Alfredo Wagner/SC. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Sul, 1., 2005. **Anais...** Santa Maria: ABRH, 2005. CD rom.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

“A natureza é exatamente simples, se conseguirmos encará-la de modo apropriado... Essa crença tem-me auxiliado, durante toda a minha vida, a não perder as esperanças, quando surgem grandes dificuldades de investigação”

Albert Einstein

Com o aumento da população e conseqüente urbanização, também aumentou a pressão pela ocupação das áreas de risco de inundações e escorregamentos. Diante dos danos e prejuízos, como mortes, desabrigados, incontáveis danos materiais e degradação do meio ambiente fazem-se necessárias ações de grande alcance. Considerando-se a carência de ações governamentais voltadas para esta temática, é importante a participação popular nas ações preventivas para desastres naturais. Além do que, a socialização do conhecimento permitirá com que a população reivindique a elaboração e execução de políticas públicas para a prevenção dos desastres naturais, especialmente aqueles causados pelas adversidades climáticas.

No presente trabalho, foram explicados os principais mecanismos dos diversos tipos de desastres naturais que assolam o Brasil. Entretanto, ainda hoje, nem a ciência tem a compreensão total dos mesmos. Assim, enquanto aguardam-se os avanços científicos, é importante, a partir do conhecimento já acumulado, tentar minimizar os seus efeitos.

Os fenômenos naturais, especialmente os climáticos, são inevitáveis, obrigando sempre as comunidades a conviverem com eles. Essa convivência deve ser baseada no conhecimento dos mecanismos e processos geodinâmicos, os quais são submetidos às intervenções da sociedade.

Da mesma forma, os desastres naturais também são freqüentes em nossas sociedades. As sociedades precisam identificar as melhores formas de convivência com eles. Assim, pergunta-se: O que é necessário fazer para alcançar tal nível de convivência? A resposta é clara. Devem-se conhecer ambos os lados do processo, ou

seja, os fenômenos naturais responsáveis pelo desastre e as comunidades expostas. O conhecimento é a melhor maneira de proteção. Portanto, o presente trabalho expôs algumas formas de ação no caso da ocorrência de desastres naturais.

Um dos grandes desafios a ser superado é a compreensão de cada forma de desastre natural. A Figura 6.1 mostra uma relação entre os processos de ocorrência e seus respectivos levantamentos científicos. Os cientistas estão pesquisando e se aprofundando em técnicas de monitoramento e modelagem para prevenção de desastres naturais. Diagnosticar os desastres naturais e seus mecanismos através do monitoramento e modelagem é fundamental. Com isso será possível prever onde, quando e como os desastres naturais ocorrem e estabelecer medidas científicas para prevenção.

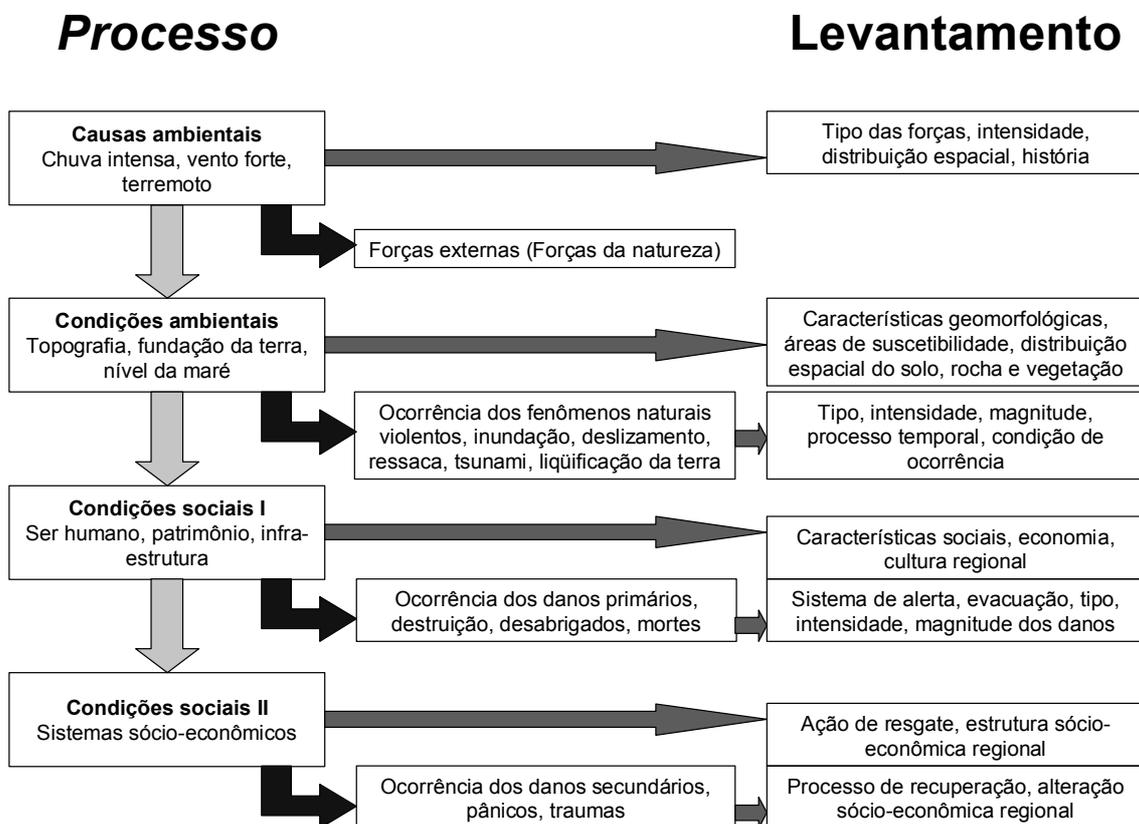


Figura 6.1 – Levantamentos científicos para um desastre natural.

Uma vez que os mecanismos que geram os desastres naturais forem compreendidos, as medidas científicas serão utilizadas para ajustar as etapas de pré-evento, evento e pós-evento, a fim de se reduzir o número de perdas materiais e humanas. Nesta etapa, os desastres naturais devem ser estudados de forma sistêmica, enfatizando as relações entre o meio e a sociedade.

Também é de suma importância o intercâmbio de informações entre as entidades que compõe o ciclo gerenciador de desastres naturais. O grande desafio da sociedade atual é o gerenciamento da informação. Uma sociedade bem informada resultará numa sociedade protegida.

Usando dados da UNESCO, Menciondo (2005) demonstrou que, 5% do custo total utilizado para desastres naturais no mundo são para “pré-evento” (prevenção) e o resto (95%) é para “durante” e “pós-evento” (resgate e reconstrução). Esta tendência deve ser modificada o quanto antes. Contudo, devido à própria característica do ser humano, é difícil alterar esta proporção, ou seja, que o ser humano invista mais na prevenção, mesmo sabendo conviver com os desastres naturais. Neste sentido, cada cidadão não pode esperar somente pelo apoio governamental.

A organização comunitária e a promoção de conferências e debates nas comunidades podem a partir da divulgação do conhecimento, criar novas mentalidades e uma cultura de desastres no Brasil. A ação voluntária, nesse caso, é fundamental e pode começar pela sua própria vizinhança.

Então, a mensagem final é:

“PENSE NO FUTURO, AJA HOJE”.

REFERÊNCIA

MENDIONDO, E. M. Flood risk management of urban waters in humid tropics: early warning, protection and rehabilitation. In: TUCCI, C.E.; GOLDENFUM, J. (orgs.) **Workshop on Integrated Urban Water Management in Humid Tropics**, UNESCO IHP-VI, 2005, Foz do Iguaçu, p1- 14.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

A seguir, são apresentadas várias publicações para quem quer aprofundar seus conhecimentos sobre fenômenos geoambientais e desastres naturais.

- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. 332p.
- BURBY R. J. (Ed.) **Cooperating with Nature: Confronting Natural Hazards with Land-Use Planning for Sustainable Communities**. Joseph Henry Press, Washington DC. 1998. 368p.
<http://fermat.nap.edu/catalog/5785.html>
- CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991. 136p.
- CASTRO, A. L. C. **Manual de Desastres: desastres naturais**. Brasília: Imprensa Nacional, 1996. 182 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 188 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. 1ª ed. São Paulo: E. Blucher, 1981. 313p.
- COX J. D. **Climate Crash: Abrupt Climate Change and What It Means for Our Future** Joseph Henry Press, Washington DC. 2005. 224p.
<http://fermat.nap.edu/catalog/10750.html>
- CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 392 p.
- CUTTER S. L. (Ed.). **American Hazardscapes: the Regionalization of Hazards and Disasters**. Joseph Henry Press, Washington DC. 2001. 226p.
<http://fermat.nap.edu/catalog/10132.html>
- DIXON, D. **Geografía: paisaje, clima y gentes**. Madrid: Ediciones Generales Anaya, 1985.
- ECLAC. **Handbook for estimating the socio-economics and environmental effects of disasters**. New York 2003. 357p.
http://www.undp.org/bcpr/disred/documents/publications/eclac_handbook.pdf
- FIORI, A. P.; CARMIGNANI, L. **Fundamentos de mecânica dos solos e rochas: aplicações na estabilidade de taludes**. Curitiba: UFPR, 2001. 550p.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 416 p.
- GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 652 p.
- GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. São Paulo: Edgard Bluscher, 1993. 196 p.
- HERRMANN, M. L. P. **Levantamento dos desastres naturais causados pelas adversidades climáticas no Estado de Santa Catarina, período 1980 a 2000**. Florianópolis: Imprensa Oficial, 2001. 92p.
- INPE - **Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. São José dos Campos: INPE/CPTEC. (periódico mensal)

- KUNREUTHER, H and ROTH, R.J. (Ed.). **Paying the Price: The Status and Role of Insurance Against Natural Disasters in the United States**. Joseph Henry Press. Washington, DC. 1998. 320 p.
<http://fermat.nap.edu/catalog/5784.html>
- LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.
- LITAN, R. E. **The Impacts of Natural Disasters: A Framework For Loss Estimation**. National Academy Press. Washington, DC. 1999. 80p.
<http://fermat.nap.edu/catalog/6425.html>
- MARCELINO, I. P. V. O. **Análise de episódios de tornados em Santa Catarina: caracterização sinótica e mineração de dados**. São José dos Campos. 220p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2003.
- MILETI, D. **Disasters by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States**. Joseph Henry Press, Washington DC. 1999. 376p.
<http://fermat.nap.edu/catalog/5782.html>
- MOLION, L. C. A Amazônia e o clima da Terra. In: BRITO, S. S. **Desafio Amazônico: o futuro da civilização dos Trópicos**. Brasília: Ed. da UNB/CNPq, 1990.
- MOLION, L. C. ENOS e o clima no Brasil. **Ciência Hoje**, n°58, p. 24-29, 1989.
- MONTEIRO, C. A. F. **Geografia Regional do Brasil - Região Sul**. Rio de Janeiro, IBGE, 1962. p. 117-169.
- _____. **A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil**: contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil. São Paulo: Instituto de Geografia da USP, 1969. (Série Teses e Monografias n° 1).
- _____. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos do clima urbano no Brasil. **Geosul**, n. 9, p. 7-19, 1990.
- MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do Estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, n.31, p. 68-78, 2001.
- MOTA, F. S.; AGENDES, M. O. O. **Clima e agricultura no Brasil**. Porto Alegre: Sagra, 1986, p. 51-70.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, **A Safer Future: Reducing the Impacts of Natural Disasters** National Academy Press, Washington, DC. 1991; 76p.
<http://fermat.nap.edu/catalog/1840.html>
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Wind and the Built Environment: U.S. Needs in Wind Engineering and Hazard Mitigation**. National Academy Press, Washington, DC; 1993. 144p.
<http://fermat.nap.edu/catalog/1995.html>
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, **Flood Risk Management and the American River Basin: An Evaluation**. National Academy Press, Washington, DC; 1995. 256p.
<http://fermat.nap.edu/catalog/4969.html>

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, **Reducing Disaster Losses Through Better Information**. National Academy Press, Washington, DC; 1999. 72p.
<http://fermat.nap.edu/catalog/6363.html>
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, **Risk Analysis and Uncertainty in Flood Damage Reduction Studies**, National Academy Press, Washington, DC; 2000. 216p.
<http://fermat.nap.edu/catalog/9971.html>
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Abrupt Climate Change: Inevitable Surprises**. National Academy Press, Washington, DC; 2002. 244p.
<http://fermat.nap.edu/catalog/10136.html>
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Partnerships for Reducing Landslide Risk: Assessment of the National Landslide Hazards Mitigation Strategy**. National Academies Press, Washington, DC; 2004. 144p.
<http://fermat.nap.edu/catalog/10946.html>
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.
- NOVO, E. M. L.; SANTOS, A. P. **Monitoramento de enchentes através do sensoriamento remoto orbital: um exemplo do Vale do Rio Doce**. São José dos Campos: INPE, 1981. 37 p. (INPE-2109-RPE/335).
- SILVA, T. D.; BUTZKE, I. C. **Enchentes: a solução não cai do céu**. Blumenau: Fundação Água Viva, 1995. 21p.
- THIERNEY K. J; LINDELL M. K; PERRY R. W. **Facing the Unexpected: Disaster Preparedness and Response in the United States**. Joseph Henry Press, Washington DC, 2001. 306p.
<http://fermat.nap.edu/catalog/9834.html>
- TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. L. **Meteorologia descritiva: fundamento e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1980. 347p.
- TUCCI, C. E. M. Enchentes urbanas no Brasil. **RBE - Cadernos de Recursos Hídricos**, vol.12, n. 1, 1994, p. 117-136.
- TUCCI, C. E. M. (org.) **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo (EDUSP) e Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 1993.
- UNDP. **Reducing Disaster Risk: a Challenge for Development**. New York, 2004
http://www.undp.org/bcpr/disred/documents/publications/rdr/english/rdr_english.pdf - Inglês
http://www.undp.org/bcpr/disred/documents/publications/rdr/espanol/rdr_esp.pdf - Espanhol
- VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Brasília: INMET, 2001. 515p.
- VERSINI, B. R; COELHO, M. C. D. Gradex de precipitações extremas: uma alternativa para estudos de vazões máximas. **RBE - Cadernos de Recursos Hídricos**, vol.12, n. 1, 1994, p. 97-116.
- VIANELLO, R. L; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Editora UFV, 2002. 449 p.
- VITTE, A. C; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 280 p.

ANEXOS

- ANEXO 1 – Modelo de questionário para ser adaptado e aplicado com os moradores que vivem em áreas de risco. A primeira versão deste questionário foi desenvolvida pela Profa. Dra. Maria de Lúcia de Paula Herrmann. Para o presente trabalho, houve uma adaptação do mesmo. Ressalta-se que o mesmo deve ser modificado conforme a necessidade de cada localidade
- ANEXO 2 - Tabela para registro dos dados obtidos com a leitura do pluviômetro.

ANEXO I

QUESTIONÁRIO MORADORES

1. IDENTIFICAÇÃO

1.a NOME e ENDEREÇO

--

1.b. IDADE (anos)

Nº.		
-----	--	--

1.c. SEXO

Masculino:		Feminino:	
------------	--	-----------	--

1.d. ESTADO CIVIL

Solteiro:		
Casado:		
Separado:		
Viúvo:		
Outros:		

1.e. NATURALIDADE

--

1.f. ESCOLARIDADE (entrevistados)

Analfabetos:		
1º Grau Incomp.:		
1º Grau Comp.:		
2º Grau Incomp.:		
2º Grau Comp.:		
3º Grau Incomp.:		
3º Grau Comp.:		

1.g. ATIVIDADE PROFISSIONAL

--

1.h. HABILIDADES

--

1.i. NÚMERO DE FILHOS

Nº.		
-----	--	--

1.j. ONDE ESTUDAM?

--

1.k. CONTRIBUEM P/ RENDA FAMILIAR

Des.:		
Nº.		

1.l. RENDA FAMILIAR (salário mensal)

Nº.		
-----	--	--

2. MORADIA

2.a. TIPO DE MORADIA

1 PAVIMENTO:		2 PAVIMENTOS:	
--------------	--	---------------	--

Alvenaria		
Madeira		
Mista		
Pilotis		
Outra		

2.b. SUA RESIDÊNCIA POSSUI

Água		Luz		Esgoto	
------	--	-----	--	--------	--

2.c. EXISTE COLETA DE LIXO?

Diária		
Semanal		
Quinzenal		
Não é feita		

Se não é feita, qual o destino?

Enterra		
Separa		
Joga terreno baldio		
Joga no rio		

2.d. LOCALIZAÇÃO

Rural		Urbana	
-------	--	--------	--

2.e. AVALIAÇÃO DO TIPO DE TERRENO

Encosta íngreme		
Encosta suave		
Planície aluvial		
Planície		

2.f. TEMPO RESIDÊNCIA (anos)

Nº.		
-----	--	--

2.g. RESIDENTES

Nº.		
-----	--	--

2.h. RESIDÊNCIA ANTERIOR

--

2.i. MOTIVO DA MUDANÇA

--

2.j. VANTAGENS DO BAIRRO

--

2.k. DESVANTAGENS DO BAIRRO

--

2.l. PRETENDE MUDAR

Sim		Não	
-----	--	-----	--

Sim	mesmo bairro		
	outro bairro		

Sim: Porque?

--

Não: Porque?

--

3. INUNDAÇÕES E ESCORREGAMENTOS

3.a. FOI ATINGIDO

Sim		Não	
-----	--	-----	--

Se atingido

3.b. TIPO E QUANDO?

Inundações		Escorregamentos	
Data	Nível d'água	Data	Características - tipo

3.c. DANOS MATERIAIS

Sim		Não	
-----	--	-----	--

Sim: Quais?

--

3.d. DANOS FÍSICOS

Sim		Não	
-----	--	-----	--

Sim: Doenças (tipo)

--

Sim: Vítimas fatais (quantos)

Nº.		
-----	--	--

Sim: Outros (quais)

--

3.e. MEDIDAS DURANTE INUNDAÇÃO

Objetos elevados		
Abandonou residência		
Outros		

3.f. ONDE PROCUROU ABRIGO?

Parentes		
Vizinhos		
Amigos		
Igreja		
Escolas		
Outros		

3.g. TEMPO FORA DA RESIDÊNCIA (dias)

Nº.		
-----	--	--

3.h. MEDIDAS PREFEITURA E COMDEC

--

3.i . ACREDITA OCORRER NOVAS INUNDAÇÕES

Sim		Não	
-----	--	-----	--

3.j. MEDIDAS DIANTE NOVA INUNDAÇÕES

--

3.k. CAUSAS DAS INUNDAÇÕES

--

4. PROJETOS E SOLUÇÕES

4.a . CONHECE MEDIDAS PREFEITURA P/ INUNDAÇÕES

Sim		Não	
-----	--	-----	--

Sim: Quais?

--

4.b. SUGESTÕES

--

ANEXO II

TABELA PARA REGISTRO DOS DADOS OBTIDOS COM A LEITURA DO PLUVIÔMETRO

LEITURA DO PLUVIÔMETRO

LOCAL: _____ ANO: _____

DIA	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
TOTAL												
MEDIA												

POSFÁCIO

Como estão mencionados e demonstrados no Capítulo 1 e 2, os desastres naturais vêm ocorrendo e se intensificando por todo o mundo. Um dos mais marcantes foi o tsunami gerado por um terremoto, cujo epicentro localizou-se na costa oeste da ilha de Sumatra, no dia 26 de dezembro de 2004. Este tsunami matou mais de 200.000 pessoas em 13 países. Muitas notícias em relação a este episódio foram transmitidas pelos meios de comunicação ao redor do mundo. Aqui gostaria de discutir uma delas.

Uma menina inglesa de 10 anos, chamada Tilly Smith, salvou aproximadamente 100 pessoas numa praia na Tailândia. Duas semanas antes da ocorrência deste tsunami, ela teve uma aula de geografia, onde seu professor, Andrew Kearney, mostrou um vídeo de um tsunami ocorrido no Havaí. Nesta aula, ele demonstrou e ensinou como diagnosticar o mar um pouco antes da chegada do tsunami.

No dia 26 de dezembro de 2004, pouco antes da chegada do tsunami, ela observou o mesmo diagnóstico que ela aprendeu com Prof. Andrew e avisou seu imenso perigo aos seus pais. Então, acreditando no aviso da filha, eles agiram rápida e eficientemente para alertar diversas pessoas que estavam na praia.

Assim, uma menina de apenas 10 anos salvou 100 pessoas. Nesse episódio, se encontram os diversos papéis dos cidadãos. Aqueles que produziram o vídeo educativo do tsunami. Aquele que ensinou o fenômeno. Aquele que aprendeu e realizou a ação na prática. Aqueles que acreditaram e deram uma rápida ação. Se faltasse apenas um deles, talvez essas 100 pessoas que foram salvas poderiam ter sido vítimas do tsunami. Este fato é aquele com o qual todos nós podemos aprender.

Cada desastre natural traz uma imensa tristeza. É extremamente difícil evitá-lo. Entretanto é possível reduzi-lo. Se cada cidadão fizesse seu papel no gerenciamento de desastres naturais na comunidade, os prejuízos e as tristezas certamente poderiam ser bem menores.

O que se deve fazer? O que se pode fazer? Desejo que o presente livro tenha auxiliado os leitores a achar as suas respostas.

Masato Kobiyama

PREVENÇÃO DE DESASTRES NATURAIS

CONCEITOS BÁSICOS

Nas últimas décadas, o número de registro de desastres naturais em várias partes do mundo vem aumentando consideravelmente. Isto se deve, principalmente, ao aumento da população, a ocupação desordenada e ao intenso processo de urbanização e industrialização. Dentre os principais fatores que contribuem para desencadear estes desastres nas áreas urbanas destacam-se a impermeabilização do solo, o adensamento das construções, a conservação de calor e a poluição do ar. Enquanto que nas áreas rurais, destaca-se a compactação dos solos, o assoreamento dos rios, os desmatamentos e as queimadas.

Esses desastres que tanto influenciam as atividades humanas vêm historicamente se intensificando devido ao mau gerenciamento das bacias hidrográficas, especialmente pela falta de planejamento urbano. Além disso, o aquecimento global tem aumentado a frequência e a intensidade das adversidades climáticas, como precipitações extremas, vendavais, granizos entre outros, o que acarreta no aumento da incidência de desastres naturais

Os desastres naturais causam imensa tristeza e é extremamente difícil evitá-los. Entretanto é possível reduzi-los. Se cada cidadão fizesse seu papel no gerenciamento de desastres naturais na comunidade, os prejuízos e as tristezas certamente poderiam ser bem menores.



www.acirne.com.br



www.ens.ufsc.br



www.ppga.ufsc.br

Tractebel Energia
SUEZ

www.tractebelenergia.com.br

FEESC
1966 **40** 2006
a n o s

www.feesc.ufsc.br