

# **MANUAL DE DESASTRES**

**VOLUME I**

## **DESASTRES NATURAIS**

**Brasília - 2003**

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL

Ministro da Integração Nacional  
CIRO GOMES

Secretário Nacional de Defesa Civil  
JORGE DO CARMO PIMENTEL

Autor

ANTÔNIO LUIZ COIMBRA DE CASTRO

Co-Autores

LELIO BRINGEL CALHEIROS  
MARIA INÊZ RESENDE CUNHA  
MARIA LUIZA NOVA DA COSTA BRINGEL

Revisão

ANA ZAYRA BITENCOURT MOURA

Colaboração

FRANCISCO QUIXABA FILHO  
RAIMUNDO BORGES

Montagem

MARIA HOSANA BEZERRA ANDRE  
MARIA INÊZ RESENDE CUNHA  
MARIA LUIZA NOVA DA COSTA BRINGEL

Capa e Digitação

MARCO AURÉLIO ANDRADE LEITAO

## SUMÁRIO

### CAPITULO I - DESASTRES NATURAIS DE ORIGEM SIDERAL

#### TÍTULO I - IMPACTO DE CORPOS SIDERAIS

- 1 - Impacto de Meteorito

### CAPITULO II - DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM A GEODINÂMICA TERRESTRE EXTERNA

#### TITULO I - DESASTRES NATURAIS DE CAUSA EÓLICA

- 1 - Vendavais ou Tempestades
- 2- Vendavais Muito Intensos ou Ciclones Extratropicais
- 3-Vendavais Extremamente Intensos, Furacões, Tufões ou Ciclones Tropicais
- 4 - Tornados e Trombas d'Água . .

#### TITULO II - DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM TEMPERATURAS EXTREMAS

- 1 - Ondas de Frio Intenso
- 2 - Nevadas
- 3 - Nevascas ou Tempestades de Neve
- 4 - Aludes ou Avalanches de Neve
- 5 - Granizos
- 6 - Geadas
- 7 - Ondas de Calor
- 8 - Ventos Quentes e Secos . . . .

#### TITULO III - DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM O INCREMENTO DAS PRECIPITAÇÕES HÍDRICAS E COM AS INUNDAÇÕES

- 1 - Enchentes ou Inundações Graduais
- 2 - Enxurradas ou Inundações Bruscas
- 3 - Alagamentos
- 4 - Inundações Litorâneas Provocadas pela Brusca Invasão do Mar

#### TITULO IV - DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM A INTENSA REDUÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES HÍDRICAS .

- 1 - Estiagens
- 2 - Seca
- 3 - Queda Intensa da Umidade Relativa do Ar
- 4 - Incêndios Florestais

### CAPÍTULO III - DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM A GEODINÂMICA TERRESTRE INTERNA

## TITULO I - DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM A SISMOLOGIA

- 1 - Terremotos, Sismos e/ou Abalos Sísmicos
- 2 - Maremotos e Tsunamis.

## TITULO II - DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM A VULCANOLOGIA

- 1 - Erupções Vulcânicas

## TITULO III - DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM A GEOMORFOLOGIA, O INTEMPERISMO, A EROÇÃO E A ACOMODAÇÃO DO SOLO

- 1 - Escorregamentos ou Deslizamentos
- 2 - Corridas de Massa
- 3 - Rastejos
- 4 - Quedas, Tombamentos e/ou Rolamentos

## CAPITULO IV - DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM DESEQUÍLIBRIOS NA BIOCENOSE

### TITULO I - PRAGAS ANIMAIS

- 1 - Ratos Domésticos
- 2 - Morcegos Hematófagos
- 3 - Ofídios Peçonhentos
- 4 - Gafanhotos
- 5 - Formigas Saúvas
- 6 - Bicudos
- 7- Nematóides

### TITULO II - PRAGAS VEGETAIS

- 1- Fragas Vegetais Prejudiciais à Pecuária
- 2 - Pragmas Vegetais Prejudiciais à Agricultura
- 3 - Maré Vermelha

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## **Apresentação**

Há uma vasta bibliografia sobre desastres, mas poucos trabalhos, especialmente no Brasil, permitem uma visão geral.

No presente Manual, procurou-se agregar um volume significativo de informações sobre os desastres provocados por fenômenos e desequilíbrios da natureza, de ocorrência no Brasil e nos outros países.

Os demais tipos de desastres, ou seja, aqueles provocados pela ação ou omissão do homem e os mistos serão assunto de outros volumes, já em fase final de elaboração.

O Manual de Desastres Naturais - Volume I, ora apresentado pela Defesa Civil, foi elaborado com base na Classificação Geral dos Desastres e na Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos - CODAR, aprovadas pela Resolução nº 2, do Conselho Nacional de Defesa Civil, e aborda cada desastre utilizando a seguinte sistemática:

- Características;
- Causas;
- Ocorrência;
- Principais Efeitos Adversos:
- Monitorização. Alerta e Alarme;
- Medidas Preventivas.

O tema deste Manual foi desenvolvido em 4 capítulos, detalhando os desastres naturais relacionados com:

- o impacto de corpos oriundos do espaço sideral sobre a superfície da Terra;
- os fenômenos atmosféricos, meteorológicos e/ou hidrológicos que ocorrem na atmosfera terrestre;
- as forças atuantes nas camadas superficiais e profundas da litosfera;
- a ruptura do equilíbrio dinâmico entre os biótopos e a biocenose dos ecossistemas e na própria biocenose.

Neste Manual, não se pretende esgotar o assunto, e, por se tratar de versão preliminar, é de grande importância a contribuição de técnicos das áreas setoriais, das Defesas Cíveis estaduais e municipais e dos órgãos de apoio do Sistema Nacional de Defesa Civil - SINDEC, para o enriquecimento deste trabalho.

Deseja-se, portanto, que este Manual sirva de referencial técnico para o estudo e o gerenciamento dos desastres, em todo o território nacional.

## **CAPÍTULO I – DESASTRES NATURAIS DE ORIGEM SIDERAL**

CODAR:**NS**/CODAR: **11**

### **TÍTULO I - IMPACTO DE CORPOS SIDERAIS**

1 - Impacto de Meteoritos

# TÍTULO I – IMPACTO DE CORPOS SIDERAIS

CODAR: **NS.Q**/CODAR: **11.1**

## **Introdução**

Desastres naturais de origem sideral podem ocorrer como consequência do impacto de corpos oriundos do espaço sideral sobre a superfície da Terra.

Os corpos siderais têm atingido a Terra e outros planetas do sistema solar, bem como seus satélites, desde sua remota formação, há mais de 4,5 bilhões de anos.



### Caracterização

Qualquer corpo sideral que impacte contra a Terra é denominado de meteorito, independentemente de sua origem. Ao penetrar na atmosfera terrestre, sua velocidade inicial aproxima-se de 75 km/s, sendo freada pelo atrito com os fluidos gasosos da atmosfera, atingindo uma velocidade terminal superior a 25 km/s. O atrito torna os meteoritos incandescentes e luminosos.

Os meteoritos podem ser subdivididos em:

- carbonáticos, que são extremamente friáveis e queimam com tal intensidade na fase incandescente, que dificilmente atingem a superfície da Terra;
- assideritos ou aerólitos, os quais podem ser constituídos principalmente por silicato de alumínio, de composição semelhante à do SIAL, camada mais externa da crosta terrestre, ou por silicato de magnésio, de composição semelhante à do SIMA, camada intermediária do globo terrestre;
- sideritos, constituídos por uma liga de ferro (92%) e níquel (8%), de composição semelhante à do NIFE, que constitui o núcleo externo do globo terrestre;
- litossideritos, quando constituídos por porções rochosas e metálicas;
- fragmentos gelados dos cometas, que podem provocar grandes explosões ao atingirem as camadas mais adensadas da atmosfera. Dependendo do tamanho do fragmento, essa explosão pode provocar um impacto superior ao de numerosas bombas de hidrogênio.

Meteoritos são corpos siderais cujas massas variam entre centigramas e várias toneladas. Originados no espaço interplanetário, ao entrarem na atmosfera, tornam-se incandescentes em função do atrito e acabam por impactar sobre a superfície da Terra. Esses corpos siderais têm duas origens principais:

- asteróides;
- fragmentos de cometas.

### Asteróides

Os asteróides foram identificados a partir de 1801 e, ao longo dos anos, registrou-se mais de 1.560 deles, gravitando em torno do Sol, numa órbita intermediária entre Marte e Júpiter.

Para alguns cientistas, esses asteróides, também chamados de objetos Apollo, são restos de um planeta que primitivamente orbitava entre Marte e Júpiter. Esse planeta, que tinha aproximadamente um terço da massa da Terra, por algum motivo fragmentou-se, dando origem ao atual cinturão de asteróides, que continua ocupando sua órbita primitiva.

Para outros cientistas, o processo de consolidação desse planeta hipotético foi interrompido pela ação interativa das forças de gravidade do planeta Júpiter e do Sol, e os asteróides seriam os corpos resultantes da interrupção do processo.

Dentre os asteróides mais volumosos, destacam-se o Hephaistos, com 8 km de diâmetro e o Nereus, com 4 km.

## Cometas

Os cometas são corpos siderais que desenvolvem longas órbitas excêntricas entre Plutão e o Sol. São constituídos por aglomerados de gelo e de outras partículas cósmicas e, morfologicamente, formados por um núcleo condensado, uma aura mais luminosa denominada cabeleira ou coma e uma cauda que sempre se distribui em sentido oposto ao do Sol. O astrônomo holandês Jan Oort, falecido em 1992, descobriu, além de Plutão, nos confins do sistema solar, uma nuvem repleta de partículas de gases congelados e de detritos do espaço cósmico. Essa nuvem é conhecida como Nuvem de Oort, em homenagem ao seu descobridor.

Segundo os cientistas atuais, os cometas são gerados na Nuvem de Oort e, ao receberem um “chute gravitacional” provocados pela passagem de um conglomerado de poeira e gás, iniciam sua derrota em direção ao Sol.

Na medida em que os cometas aproximam-se do Sol, ganham velocidade, e o calor solar transforma os gases congelados em vapor que, juntamente com partículas ionizadas do espaço sideral, formam a coma e a cauda do cometa.

As órbitas dos cometas em princípio são elípticas, mas, algumas vezes, a excentricidade pode aproximar-se da unidade, caracterizando órbitas parabólicas, tendentes a hiperbólicas.

Aproximadamente 514 cometas, com órbitas conhecidas, já foram catalogados. Desses, aproximadamente 216 possuem órbitas nitidamente elípticas e 67 têm períodos inferiores a 10 anos, dos quais 31 retornam às proximidades da Terra a intervalos regulares.

Os cometas mais citados, inclusive pela imprensa, são os de: Halley, Encke, Biella, Brooks, Swift-Tuttle e, recentemente, o Shoemaker-Levy 9.

O cometa Halley tem uma órbita periódica de 76 anos. Sua última aproximação ocorreu em 1986 e provavelmente retornará em 2.062.

O cometa Swift-Tuttle, detectado em 1862, retornou no dia 07 de novembro de 1992, passando a 177 milhões de quilometro da Terra. Esse cometa é responsável pelas tempestades de meteoritos Poseidon, que ocorrem anualmente em agosto, quando a Terra cruza com sua cauda. O Swift-Tuttle, após circundar Plutão, numa órbita de 134 anos, retornará em agosto de 2.126, quando sua distância da Terra corresponderá a 23 milhões de quilômetros ou 60 distâncias lunares.

O cometa Shoemaker-Levy 9 impactou entre 18 e 22 de julho de 1994 contra a superfície de Júpiter.

Segundo os cientistas, há 65 milhões de anos, um fragmento de cometa, com 9.600 metros de diâmetro, impactou sobre a superfície da Terra, provocando a destruição de dois terços da vida existente, inclusive a extinção dos dinossauros que, até então, dominavam as formas de vida animal presentes.

Em 30 de julho de 1908, os restos de um cometa explodiram a 2.000 metros de altura, sobre Tunguska, na Sibéria, liberando uma quantidade de energia superior a 20 milhões de toneladas de TNT (20 megatons), com poder destruidor duas mil vezes superior ao da bomba de Hiroshima. A explosão destruiu 2.000 km<sup>2</sup> de florestas, calcinando árvores e animais. O estrondo provocado foi ouvido a 800 km de distância.



## Ocorrência

Os astrônomos concluíram que numerosas crateras observadas na Lua, nos planetas e em seus satélites foram provocadas pelo impacto de meteoritos, desviados de seus campos orbitais e atraídos pela força de gravidade desses astros.

Estima-se que aproximadamente 20 toneladas de partículas cósmicas da dimensão aproximada de um grão de areia precipitam-se diariamente sobre a superfície da Terra.

Anualmente, milhares de meteoritos do tamanho de pedras de carvão atingem a superfície da Terra, após desenharem na atmosfera suas trajetórias incandescentes.

Segundo o Departamento de Avaliação Geológica do Canadá, foram detectadas 139 grandes crateras na superfície terrestre, as quais foram provocadas pelo impacto de meteoritos de porte. Anualmente, são descobertas mais 5 a 6 novas crateras. No Brasil, foram identificadas 8 crateras, até o momento.

Como numerosas crateras foram desfeitas pelo intemperismo e pela erosão e como dos 659.082.000 km<sup>2</sup> da superfície da Terra, aproximadamente 148.148.000 correspondem às terras emersas, é muito provável que o planeta tenha sofrido mais de 3.000 grandes impactos, a partir de sua consolidação.

Conseqüentemente, pode-se estimar que a cada 1,5 milhões de anos a Terra é impactada por um meteorito de tal magnitude que, se o fenômeno ocorresse nos dias atuais, muito provavelmente provocaria um desastre de grandes proporções.

Há aproximadamente 100 mil anos, um meteorito de ferro-níquel, com um diâmetro de 150m e uma massa aproximada de 10 milhões de toneladas, impactou, numa velocidade aproximada de 25 km/s à superfície da Terra, nas imediações da atual Winslow, no Arizona. Do impacto, resultou uma cratera com 1.590m de diâmetro e 170m de profundidade.

Em junho de 1178, um meteorito explodiu sobre Canterbury, na Inglaterra, e os monges da época registraram o fenômeno, caracterizado pelo aparecimento de uma grande bola de fogo acompanhada de um estrondo muito intenso e de imensos incêndios florestais.

O mais famoso meteorito que atingiu o solo brasileiro é o de Bendegó, com 5.300 kg de ferro-níquel, o qual caiu no Estado da Bahia e está em exposição no Museu Nacional de História Natural, localizado na Quinta da Boa Vista, cidade do Rio de Janeiro.

## Principais Efeitos Adversos

Caso um meteorito semelhante ao que impactou contra a Terra no período Cretáceo, há 65 milhões de anos, atingisse o planeta nos dias de hoje, provocaria um desastre de tal intensidade, que poderia inviabilizar a própria existência da espécie humana.

Dentre os principais efeitos adversos, relacionados com essa ameaça, compete destacar:

- o efeito térmico;
- o efeito químico;
- o efeito mecânico;
- a formação da nuvem de poeira.

### 1 - Efeito Térmico

O meteorito, ao penetrar na atmosfera terrestre, com velocidade aproximada de 75 Km/s, em função do atrito crescente e da intensa compressão dos gases, durante sua trajetória, reduziria sua velocidade terminal para aproximadamente 25 Km/s, entraria em incandescência e formaria um túnel de gases superaquecidos, onde a temperatura seria superior a 1.000°C

## **2 - Efeito Químico**

Nessas elevadíssimas temperaturas, os gases que compõem a atmosfera terrestre se combinariam, produzindo ácido nítrico, provocando um dilúvio de chuva ácida, de alto poder destrutivo que, no exemplo citado, atingiria uma superfície superior à do atual Estado de Minas Gerais.

## **3 - Efeito Mecânico**

Ao impactar contra a superfície da Terra, com uma força cujo momento corresponde ao produto da massa pela velocidade terminal ( $3,1416 \times 9.000 \text{ m}^3 \times \text{Densidade Fe} \times 25.000 \text{ m/s}$ ), o bólido provocaria uma onda de pressão proporcional ao quadrado da velocidade e liberaria uma quantidade de energia, também proporcional ao quadrado da velocidade, a qual superaria, em muitas vezes, a totalidade do arsenal atômico atualmente existente.

Esse impacto, além de formar uma imensa cratera capaz de engolfar toda a cidade de Nova Iorque, provocaria uma onda de choque que causaria um terremoto de grande magnitude, com maremotos e, possivelmente, reativaria grande quantidade de vulcões.

## **4 - Formação da Nuvem de Poeira**

Como toda a ação produz uma reação igual e contrária, o violentíssimo impacto liberaria uma quantidade de energia tão grande, que:

- provocaria a elevação da temperatura em níveis somente existentes na superfície solar (6.000°C);
- provocaria a evaporação instantânea de toda a água e a calcinação de todas as formas de vida existentes nas imediações;
- elevaria uma grande quantidade de projéteis secundários até as camadas mais elevadas da atmosfera, os quais, ao reimpactarem contra a Terra, provocariam novos incêndios, ondas de choque e perdas de vida;
- elevaria uma imensa nuvem de poeira, que necessitaria de muitas centenas de anos para dissipar-se.

Essa nuvem de poeira, ao bloquear a passagem dos raios solares, inviabilizaria a fotossíntese, provocando o desaparecimento de todos os vegetais superiores e dos animais, cujas cadeias nutritivas dependem dos mesmos.

## **Monitorização, Alerta e Alarme**

Cogita-se a criação de uma agência internacional que, sob os auspícios da Organização das Nações Unidas - ONU, coordene as atividades das agências espaciais, como a NASA, e de observatórios astronômicos, objetivando o cadastramento de informações relacionadas com asteróides e cometas, que possam apresentar riscos de impacto para o planeta.

O custo inicial de implantação do sistema seria de aproximadamente US\$ 100 milhões, e

sua operacionalização custaria US\$ 10 milhões anuais.

A comunidade de astrônomos amadores, responsável por mais de 70% das descobertas de cometas, poderia participar do sistema, cabendo a cada um dos astrônomos cadastrados a responsabilidade de vigiar, permanentemente, um setor determinado do espaço sideral.

### **Medidas Preventivas**

No atual estágio de desenvolvimento tecnológico, o homem ainda não tem condições de alterar o curso de um meteorito de sua rota de impacto.

Teoricamente, mísseis extremamente potentes e precisos poderiam utilizar ogivas atômicas para interferir e modificar essas rotas.

É evidente que muito esforço de pesquisa deverá ser desenvolvido para permitir um aceitável grau de precisão, para um sistema antimeteorito.

## **CAPÍTULO II – DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM A GEODINÂMICA TERRESTRE EXTERNA**

CODAR: **NE**/CODAR: **12**

### TITULO I – DESASTRES NATURAIS DE CAUSA EÓLICA

- 1 - Vendavais ou Tempestades
- 2 - Vendavais Muito Intensos ou Ciclones Extratropicais
- 3 - Vendavais Extremamente Intensos, Furacões, Tufões ou Ciclones Tropicais
- 4- Tornados e Trombas d'Água

### TITULO II - DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM TEMPERATURAS EXTREMAS

- 1 - Ondas de Frio Intenso
- 2 - Nevadas
- 3 - Nevascas ou Tempestades de Neve
- 4 - Aludes ou Avalanches de Neve
- 5 - Granizos
- 6 - Geadas
- 7 - Ondas de Calor
- 8 - Ventos Quentes e Secos

### TITULO III- DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM O INCREMENTO DAS PRECIPITAÇÕES HÍDRICAS E COM AS INUNDAÇÕES

- 1 - Enchentes ou Inundações Graduais
- 2 - Enxurradas ou Inundações Bruscas
- 3 - Alagamentos
- 4 - Inundações Litorâneas Provocadas pela Brusca Invasão do Mar

### TITULO IV -DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM A INTENSA REDUÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES HÍDRICAS

- 1 - Estiagens
- 2 - Seca
- 3 - Queda Intensa da Umidade Relativa do Ar
- 4- Incêndios Florestais

# TÍTULO I – DESASTRES NATURAIS DE CAUSA EÓLICA

CODAR: NE. E/ CODAR: 12.1

## 1 - Vendavais ou tempestades

### Introdução

Os desastres naturais de causa eólica são os relacionados com a intensificação do regime dos ventos ou com a forte redução da circulação atmosférica.

Esses desastres são subdivididos em:

- vendavais ou tempestades;
- vendavais muito intensos ou ciclones extratropicais;
- vendavais extremamente intensos, furacões, tufões ou ciclones tropicais;
- tornados e trombas d'água.

A inversão térmica nas camadas será examinada quando do estudo dos desastres mistos.

### Escala Modificada de Beaufort

A escala foi idealizada pelo almirante e hidrógrafo inglês Sir Francis Beaufort, em 1806. Inicialmente, era definida em função dos estados do mar; com o decorrer do tempo, foi modificada e utilizada, também, para medir os fenômenos eólicos correntes nos continentes.

Nº DA ESCALA	NOMENCLATURA	VELOCIDADE DO VENTO EM km/h	CARACTERIZAÇÃO
0	Vento calmo ou calmaria	Menos de 1,8	Nada se move. A fumaça sobe verticalmente.
1	Bafagem, aragem leve, vento quase calmo	1,8 - 6,0	O sentido do vento é indicado pela fumaça, mas não pelo cata-vento.
2	Brisa leve ou aragem	7,0 - 11,0	Sente-se o vento na face. As folhas das árvores são agitadas levemente. Os cata-ventos são acionados
3	Vento fresco ou leve	12,0 - 19,0	As bandeiras leves desfraldam. As folhas das árvores e arbustos movimentam-se continuamente.
4	Vento moderado	20,0- 30,0	Levanta poeira e papéis. Movimenta pequenos galhos de árvores.
			Forma ondas com



5	Vento regular	31,0 - 40,0	cristas nos rios e lagos. Faz oscilar os arbustos.
6	Vento muito fresco ou meio forte	41,0 - 51,0	Faz zunir os fios telegráficos. Movimenta os galhos maiores das árvores. Dificulta o uso de guarda-chuvas
7	Vento forte	52,0 - 61,0	Movimenta o tronco das árvores. Dificulta caminhar contra o vento.
8	Ventos muito forte ou ventania	62,0 – 74,0	Quebra galhos de árvores. Impossibilita andar contra o vento.
9	Vento duro ou ventania fortíssima	75,0 – 87,0	Produz pequenos danos nas habitações. Arranca telhas. Derruba chaminés de barro.
10	Vento muito duro, vendaval ou tempestade	88,0 – 102,0	Derruba árvores. Produz danos consideráveis em habitações mal construídas. Destelha muitas edificações.
11	Vento tempestuoso, vendaval muito forte, ciclone extratropical	103,0 – 119,0	Arranca árvores. Provoca grande destruição. Derruba a fiação.
12	Furacão, tufão ou ciclone tropical	Acima de 120,0	Efeitos devastadores. Provoca grande danos e prejuízos.

## **1 – Vendavais ou tempestades**

CODAR: **NE.EVD/ CODAR: 12.101**

### **Caracterização**

São perturbações marcantes no estado normal da atmosfera. Deslocamento violento de uma massa de ar, de uma área de alta pressão para outra de baixa pressão. Também chamados de ventos muito duros, correspondem ao número 10 da Escala de Beaufort, compreendendo ventos cujas velocidades variam entre 88,0 a 102,0 km/h.

Os vendavais normalmente são acompanhados de precipitações hídricas intensas e concentradas, que caracterizam as tempestades. Além das chuvas intensas, os vendavais podem ser acompanhados por queda de granizo ou de neve, quando são chamados de nevascas.

### **Causas**

Os vendavais são provocados pelo deslocamento violento de uma massa de ar. Normalmente esses deslocamentos violentos são causados pelo:

- estabelecimento de um intenso gradiente de pressão;
- incremento do efeito de atrito e das forças centrífuga, gravitacional e de Coriolis.

O efeito da aceleração estudado por Coriolis é definido pela fórmula:

$$F = 2v \cdot w \cdot \text{sen } L$$

onde:

v = velocidade inicial do vento;

w = velocidade angular da Terra;

L = latitude.

O superaquecimento local, ao provocar a formação de grandes cumulonimbus isolados, gera correntes de deslocamentos horizontal e vertical de grande violência e de elevado poder destruidor. As tempestades relacionadas com a formação de cumulonimbus são normalmente acompanhadas de grande quantidade de raios e trovões.

### **Ocorrência**

Esses fenômenos ocorrem em todos os continentes.

### **Principais Efeitos Adversos**

Os vendavais ou tempestades normalmente:

- derrubam árvores e causam danos às plantações;
- derrubam as fiações e provocam interrupções no fornecimento de energia elétrica e nas comunicações telefônicas;
- provocam enxurradas e alagamentos;
- produzem danos em habitações mal construídas e/ou mal situadas;
- provocam destelhamento em edificações;
- causam traumatismos provocados pelo impacto de objetos transportados pelo vento, por afogamento e por deslizamentos ou desmoronamentos.

## **Monitorização, Alerta e Alarme**

Os serviços meteorológicos acompanham diariamente a evolução do tempo e têm condições de alertar a Defesa Civil com horas, ou mesmo, dias de antecedência, sobre:

- a passagem de uma frente fria intensa;
- a caracterização de linhas de instabilidade;
- a caracterização de formações convectivas.

Normalmente, nessas condições, a queda acentuada da pressão barométrica em uma determinada área e o estabelecimento de um forte gradiente de pressão, com uma frente em deslocamento, são prenúncio de vendaval.

## **Medidas Preventivas**

Dentre as medidas preventivas de longo prazo para reduzir os efeitos dos vendavais ou tempestades, destacam-se:

- plantação de renques, com quatro a seis fileiras de árvores com enraizamento profundo, de alturas gradualmente ascendentes, em sentido transversal ao do ventos dominantes, para proteger as plantações;
- construção de habitações sólidas e bem situadas, evitando áreas alagáveis ou sujeitas a deslizamentos e, sempre que possível, protegidas dos ventos dominantes, por elevações ou quebra-ventos;
- construção de coberturas com telhas cuidadosamente fixadas, para evitar deslizamentos ou destelhamentos. A construção de forros e lajes contribui para aumentar a segurança contra traumatismos;
- proteção das aberturas, dificultando a entrada de fortes correntes de ar no interior das residências, através de janelas e portas que fechem hermeticamente.

Dentre as medidas preventivas emergenciais, destacam-se:

- desligar a entrada da corrente elétrica, para evitar curtos-circuitos e incêndios;
- proteger as pessoas do impacto de objetos, colocando-as embaixo de mesas e de outros móveis sólidos, caso as habitações não sejam sólidas e confiáveis;
- fechar hermeticamente todas as aberturas da casa;
- fixar todos os objetos que possam se tornar perigosos, caso sejam arrastados pelo vento;
- manter a comunicação através de rádios de pilha;
- estacionar o veículo automotor fora da estrada, em áreas protegidas de riscos de inundações, quedas de árvores, deslizamentos e desmoronamentos, com as luzes de alerta acionadas.

## **2 - Vendavais muito intensos ou ciclones Extratropicais**

CODAR: **NE.ECL/ CODAR: 12.102**

### **Caracterização**

Também chamados de ventos tempestuosos, correspondem ao número 11 da Escala de Beaufort, compreendendo ventos cujas velocidades variam entre 102,0 a 120,0 km/h.

Normalmente, são acompanhados de precipitações hídricas muito intensas e concentradas. Além das chuvas concentradas, os vendavais muito intensos costumam acompanhar-se de inundações, ondas gigantescas, raios, naufrágios e incêndios provocados por curtos-circuitos.

Os ciclones tropicais, que no Hemisfério Norte têm uma rota de formato parabólico e, quando originados em Cabo Verde, em função do efeito Coriolis, seguem uma derrota curva, inicialmente na direção noroeste e, ao atingirem latitudes médias, infletem para nordeste, acabam por se converter em ciclones extratropicais, atingindo a Europa e a Sibéria.

No Hemisfério Sul, as trajetórias encurvam-se para sudoeste e depois para sudeste e, pelas mesmas causas, os ciclones tropicais podem ser continuados por ciclones extratropicais de menor intensidade.

### **Causas**

Os vendavais muito intensos surgem quando há uma exacerbação das condições climáticas, responsáveis pela gênese do fenômeno, incrementando a magnitude do mesmo.

### **Ocorrência**

Os vendavais muito intensos ocorrem em qualquer parte da Terra.

### **Principais Efeitos Adversos**

Esses fenômenos, quando muito intensos, arrancam árvores, destroem fiações e provocam danos, normalmente mais intensos que os provocados pelos vendavais e menos que os causados pelos ciclones tropicais ou furacões.

### **Monitorização, Alerta e Alarme**

Esses fenômenos são pré-ditos da mesma forma que as tempestades ou vendavais e se beneficiam, no caso de ciclones extratropicais, pelo sistema de predição de furacões.

### **Medidas Preventivas**

Semelhantes às apresentadas nos casos de vendavais ou tempestades.

### **3 – Vendavais Extremamente Intensos, Furacões, Tufões ou Ciclones Tropicais**

CODAR: **NE.EFR/ CODAR: 12.103**

#### **Caracterização**

Ventos de velocidades superiores a 120,0 km/h, correspondendo ao número 12 da Escala de Beaufort. O termo furacão deriva da palavra espanhola huracan, que provém da língua Caribe.

O primeiro furacão sofrido por europeus ocorreu em 16 de junho de 1494, no porto de Isabela, da Ilha de São Domingos. O fenômeno ocorreu enquanto Colombo estava ausente, em viagem de exploração, e provocou a destruição de duas naus.

O fenômeno tem varias terminologias locais e é denominado de:

- tufão, no mar da China e no golfo de Bengala;
- ciclone, no Oceano Indico;
- bagio, nas Filipinas;
- willy-willy, na Austrália.

Os furacões não atingem a violência dos tornados, mas a área afetada e a duração do fenômeno são muito maiores. Os furacões podem cobrir meio milhão de milhas quadradas e durar três semanas.

#### **Ocorrência**

Os furacões formam-se sobre águas mornas (aproximadamente 27°C) dos oceanos, dentro da faixa de depressão equatorial, situada entre 5° e 10° de latitude norte ou sul. No equador, devido à redução do efeito Coriolis, não há possibilidade de ocorrer o fenômeno.

Os furacões ocorrem normalmente nos meses correspondentes ao fim do verão e outono:

- no Atlântico norte;
- no Pacífico norte e sul;
- no Índico.

Em consequência da maior temperatura e umidade, provocadas pela circulação dos alísios, as margens ocidentais dos oceanos são mais propícias à formação de furacões. O fenômeno não ocorre no Atlântico sul e nos mares europeus.

Na zona temperada do Atlântico norte, podem ocorrer os chamados ciclones extratropicais, menos intensos que os tropicais, e que resultam da extensão do fenômeno a essas águas.

#### **Causas**

A ciclogênese de um furacão depende da energia latente do vapor d'água formado na faixa de depressão equatorial. A caracterização de um vórtice ou de uma linha de cisalhamento dentro da corrente dos alísios dá início a um movimento centrífugo, de direção anti-horária no Hemisfério Norte e horária, no Hemisfério Sul.

Quando se instala uma célula de baixa pressão nas camadas superiores da zona de

depressão equatorial, o efeito chaminé provoca a ascensão do ar para a alta troposfera, onde é resfriado e desviado para fora.

As forças de Coriolis e a força centrífuga transformam a energia cinética radial do ar, que converge para a área de baixa pressão, em energia cinética tangencial, característica dos ciclones.

As condições básicas para a formação de ciclones tropicais são as seguintes:

- o fenômeno inicia-se dentro da faixa de depressão equatorial;
- a temperatura da superfície do oceano deve estar próxima dos 27°C;
- o ponto de orvalho e a temperatura do ar acima da superfície devem estar acima da normal.

A frequência média anual do fenômeno varia em torno de 8 ocorrências no Atlântico norte e 28, no Pacífico e Índico.

### **Principais Efeitos Adversos**

Os danos provocados pelo fenômeno são causados:

- pela pressão dos ventos, normalmente de muito grande violência;
- por objetos transportados e arremessados pelos ventos;
- por chuvas torrenciais, causadoras de inundações bruscas e alagamentos;
- pela formação de ondas gigantes que, embora inferiores aos tsunamis, têm grande poder de destruição.

As costas rebaixadas e as ilhas em forma de atol dos mares do sul são as regiões mais vulneráveis aos ciclones.

Normalmente, as inundações são responsáveis por 75% das mortes provocadas pelo fenômeno.

### **Monitorização, Alerta e Alarme**

Existe um sistema integrado de previsão de ciclones ou furacões, constituído por satélites meteorológicos, sistemas de radar, aviões, navios e outros recursos utilizados pelos serviços meteorológicos.

As informações são rapidamente transmitidas pelos centros para os sistemas de alerta e alarme da Defesa Civil, permitindo que as informações fluam com razoável antecedência, definindo sua provável magnitude e rota.

### **Medidas Preventivas**

A redução dos danos depende de medidas objetivando a minimização das vulnerabilidades, através de medidas estruturais e não-estruturais.

As medidas não-estruturais dizem respeito a uma racional utilização do espaço geográfico, evitando construir em áreas sujeitas a inundações, ao impacto de ondas gigantes ou a deslizamentos e desmoronamentos.

As medidas estruturais dizem respeito à construção de habitações e outras instalações devidamente reforçadas, com telhas corretamente fixadas, protegidas dos ventos dominantes e sobre pilotis ou com sótãos habitáveis.

As medidas preventivas emergenciais são semelhantes as já apresentadas no item que trata de vendavais e tempestades.

Nas ilhas e costas de pequena altitude e sujeitas a riscos e ondas gigantescas, deve ser providenciada a construção de abrigos sólidos nas áreas mais elevadas, para onde a população é evacuada, com a devida antecedência.

## **4 – Tornados e Trombas d'Água**

CODAR: **NE.ETR/ CODAR: 12.104**

### **Caracterização**

Os tornados são vórtices ou redemoinhos de vento formados na baixa atmosfera, apresentando-se com características nuvens escuras, de formato afunilado, semelhante a uma tuba, que descem até tocar a superfície da Terra, com grande velocidade de rotação e forte sucção, destruindo em sua trajetória grande quantidade de edificações, árvores e outros equipamentos do território.

No Hemisfério Sul, a rotação ocorre no sentido horário, enquanto no Hemisfério Norte ocorre no sentido anti-horário.

O tornado supera a violência do furacão, mas sua duração é menor e a área afetada é de menor extensão.

As trombas d'água são fenômenos em tudo semelhantes aos tornados, que ocorrem apenas sobre uma superfície de água, ou seja no mar ou num lago. Nesses casos, a sucção no centro da tempestade eleva para os ares a água da superfície. As trombas d'água, em geral, desaparecem quando encontram a terra.

A imprensa e parte da população chamam impropriamente de trombas d'água as chuvas concentradas ou aguaceiros.

Os maiores aguaceiros ocorrem quando correntes ascendentes de velocidades superiores a 30 km/h mantêm em suspensão no interior dos cumulonimbus as gotas de chuva formadas, até que o peso das mesmas ultrapasse a força ascensional, fazendo com que o fenômeno ocorra de forma violenta.

### **Causas**

Os tornados podem originar-se:

- em processos convectivos, caracterizados pela formação de grandes nuvens cumulonimbus;
- em situações geradas pelo encontro de massas de ar altamente diferenciadas e de grande intensidade.

Nessas condições, a instalação de uma célula de baixa pressão nas camadas superiores da atmosfera provoca o efeito chaminé e a ascensão do ar para a alta troposfera, caracterizando o efeito de vórtice, responsável pela sucção.

### **Ocorrência**

Os tornados ocorrem em todos os continentes. No Brasil, são pouco frequentes e ocorrem, principalmente, nas regiões Sul e Sudeste, especialmente em São Paulo e no Paraná.

A maior tromba d'água ocorreu em 1888, nas proximidades das Bermudas, e foi presenciada pelo capitão Cleary, comandante do vapor River Avon. A tromba d'água tinha uma milha de diâmetro e uma altura descomunal.



## **Principais Efeitos Adversos**

A pressão atmosférica, que normalmente é de 760 mmHg no nível do mar, pode cair em níveis de 580 mmHg no interior do tornado, provocando fortes correntes ascendentes, em função do movimento tangencial.

A velocidade do vento na periferia do vórtice pode atingir incríveis níveis, correspondentes a 800 km/h. Como a pressão do vento aumenta com o quadrado da velocidade, nessas condições o vento exerce uma pressão 25 vezes superior à de um ciclone extremamente violento, com velocidade de 160 km/h.

A corrente ascendente, provocada pelo efeito chaminé, pode atingir velocidades de até 320 km/h.

Por esses motivos, a destruição provocada pelos tornados é altamente concentrada e extremamente violenta. O efeito chaminé provoca o arrancamento das árvores, a destruição das habitações e a elevação no ar dos destroços resultantes.

O terremoto de Yokohama (1923) provocou um incêndio de grandes proporções, dando origem a forças convectivas, que provocaram um tornado de fogo, causando a morte de 40.000 pessoas, que tinham sobrevivido à catástrofe geológica.

## **Monitorização, Alerta e Alarme**

Os serviços meteorológicos têm condições de alertar a defesa civil sobre a provável ocorrência de um tornado, em uma região determinada, com algumas horas de antecedência. A predição do local exato da ocorrência e da derrota seguida pelo fenômeno é extremamente difícil.

## **Medidas Preventivas**

A melhor proteção individual é constituída por abrigos subterrâneos, já que o efeito de sucção dos tornados só ocorre a partir da superfície do solo. Pessoas surpreendidas por tornados, fora de casa, devem deitar-se ao comprido, em uma vala ou depressão.

## **TITULO II - DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM TEMPERATURAS EXTREMAS**

CODAR: **NE.T/CODAR: 12.2**

### **Introdução**

Compreendem os desastres relacionados com temperaturas extremamente altas ou baixas e os fenômenos relacionados com as mesmas.

Os desastres naturais relacionados com temperaturas extremas são classificados em:

- ondas de frio intenso;
- nevadas;
- nevascas ou tempestades de neve;
- aludes ou avalanches de neve;
- granizos;
- geadas;
- ondas de calor;
- ventos quentes e secos.

## **1 - Ondas de Frio Intenso**

CODAR: **NE.TFI/ CODAR: 12.201**

### **Caracterização**

Rápida e grande queda na temperatura sobre uma extensa área. Esta temperatura, bastante baixa, permanece sobre esta área por várias horas, dias e, às vezes, uma semana ou mais, acompanhada geralmente por céu claro.

Em função da dinâmica atmosférica, em determinadas épocas do ano, há uma intensificação do deslocamento de frentes frias, que passam a atingir regiões de clima subtropical, tropical e, até mesmo, equatorial.

Denomina-se frente fria o limite anterior da massa de ar frio ou a interface entre essa massa de ar e outra de ar quente, a qual normalmente apresenta a forma de cunha.

As massas de ar de origem polar, ao se deslocarem, elevam o gradiente de pressão ao nível da superfície, fornecendo a energia necessária ao deslocamento dessas frentes e, quando as mesmas estacionam em regiões de clima quente, as massas de ar frio provocam a queda da temperatura local.

As quedas bruscas de temperatura, normalmente acompanhadas de ventos frios, que contribuem para agravar a sensação de desconforto térmico, são conhecidas localmente por friagem.

### **Causas**

Como já foi caracterizado, as ondas de frio intenso relacionam-se com a dinâmica atmosférica global.

Durante o outono/inverno no Hemisfério Sul, ocorre uma intensificação no mecanismo de produção de massas de ar frio nas imediações do Pólo Sul.

O ar resfriado, por ser mais denso, acumula-se nas camadas atmosféricas próximas da superfície e as altas pressões resultantes fornecem a energia necessária ao deslocamento das mesmas, no sentido sul-norte.

### **Ocorrência**

Na América do Sul, o fenômeno ocorre entre os meses de maio e setembro (outono/inverno), com maior prevalência nos meses de julho e agosto.

Nessas ocasiões, cidades com médias anuais de temperatura extremamente elevadas podem apresentar subitamente quedas para patamares muito baixos. O fenômeno normalmente dura de quatro a cinco dias.

Em Manaus, a queda pode ser de uma máxima de 30°C para uma mínima de 17°C e, em casos extremos, de 15°C. Em Cuiabá, a mínima pode atingir níveis inferiores a 5°C.

O ar aquecido das regiões de clima subtropical e tropical, por ser menos denso, tende a elevar-se, reduzindo as pressões nas camadas próximas do solo, facilitando a penetração das frentes frias.

Em função de gradiente horizontal de pressão, estabelecido entre as duas massas de ar, as frentes frias deslocam-se rapidamente através do continente sul-americano e o ar frio substitui o ar aquecido em áreas tropicais e equatoriais, permanecendo durante alguns dias nessa condição, até que se restabeleçam as condições homeostáticas, com a dissipação das frentes.

### **Principais Efeitos Adversos**

Os danos relacionam-se muito mais com a vulnerabilidade de determinados estratos populacionais do que com a magnitude do fenômeno.

É importante recordar que as populações de regiões com climas equatoriais aclimataram-se a condições de temperatura, caracterizadas por médias anuais muito elevadas e variações muito pouco importantes, entre as médias das máximas e das mínimas.

Os estratos populacionais mais vulneráveis são constituídos por idosos, enfermos, crianças e minusválidos, especialmente quando pertencentes a populações de baixa renda, ou quando desabrigados e desprovidos de agasalhos.

A mortalidade imediata é freqüente entre mendigos e ébrios, surpreendidos pela friagem, ao dormirem ao relento.

O costume de ingerir bebidas alcoólicas para “combater o frio” na realidade contribui para aumentar a mortalidade. A sensação de conforto térmico provocada pelo álcool deve-se a:

- aceleração do metabolismo, que contribui para consumir mais rapidamente as poucas reservas calóricas acumuladas;
- vasodilatação periférica, que acelera e intensifica a circulação subcutânea, incrementando a perda de calor por irradiação.

Além do incremento da mortalidade, as ondas de frio provocam, também, aumento da morbidade, especialmente a relacionada com doenças transmitidas por inalação, como gripe ou influenza, infecções respiratórias agudas inespecíficas (IRA), coqueluche, difteria, sarampo e meningite meningocócica

### **Monitorização, Alerta e Alarme**

Os serviços meteorológicos têm condições de informar, com muita precisão e razoável antecedência, sobre frentes frias, ondas de frio e quedas bruscas de temperatura.

### **Medidas Preventivas**

#### **1 - Medidas de Longo Prazo**

As medidas de longo prazo relacionam-se com programas habitacionais e com todos os demais programas relativos ao pleno emprego e à elevação da qualidade de vida dos estratos populacionais carentes.

#### **2 - Medidas Emergenciais**

As medidas emergenciais, de natureza assistencial, desenvolvidas em apoio às populações carentes, na iminência de friagens, compreendem:

- coleta e distribuição de agasalhos;
- recolhimento de mendigos e de pessoas desabrigadas em albergues ou abrigos temporários;
- suplementação alimentar, especialmente com sopas quentes e ricas em calorias (gordurosas);
- campanhas esclarecedoras sobre os riscos de ingestão de bebidas alcoólicas, nessas circunstâncias.

## **2- Nevadas**

CODAR: **NE.TNV/ CODAR: 12.202**

### **Caracterização**

São fenômenos meteorológicos caracterizados pelo ato de cair neve.

Para que ocorra a formação da neve, é necessário que:

- o ar esteja supersaturado pelo vapor d'água;
- a temperatura, nas altas camadas, atinja valores entre 12 e 20°C abaixo de zero, compensando a queda da pressão atmosférica. É importante recordar que, somente ao nível do mar e sob pressão de uma atmosfera, a água congela a 0°;
- existam núcleos de condensação, formados por partículas microscópicas de fumaça, pó ou pólen.

Nessas condições, os fenômenos ocorrem na seguinte seqüência:

- as moléculas de vapor d'água aderem umas às outras, em torno do núcleo de condensação, formando minúsculas gotículas de água;
- as gotículas de água passam ao estado sólido, transformando-se em diminutas gotas de gelo;
- por serem mais densas que o ar, as gotículas de gelo começam a descer e a se reunir, tomando formas geometricamente perfeitas, características dos cristais;
- os cristais reúnem-se, formando flocos de neve, que se chocam com o solo, após oito a dez minutos de queda.

O primeiro estudioso a observar a forma hexagonal dos cristais de neve foi o sueco Olaf MAGNUS (1490-1558). O físico inglês Robert HOOKE (1635-1703) publicou ilustrações de cristais de neve observados ao microscópio. É provável que a estrutura dos cristais de neve varie em função das características do ar, onde os mesmos iniciaram o processo de cristalização.

Enquanto um litro de ar pesa 1,293g, um litro de vapor d'água pesa 0,8g; por isso a água que se evapora dos mares, lagos e rios ou aquela eliminada das plantas e animais, através da transpiração, eleva-se na atmosfera.

O ar rarefeito das camadas elevadas da atmosfera perde sua capacidade de acumular grandes quantidades de vapor d'água e satura-se facilmente, isto é, à medida que o vapor de água atinge as camadas atmosféricas mais elevadas, menos densas e mais frias, provoca a saturação do ar.

### **Ocorrência**

As nevas são fenômenos meteorológicos freqüentes nos países de clima temperado e frio.

No Brasil, ocorrem nevas nas regiões serranas de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e sul do Paraná.

### **Principais Efeitos Adversos**

Em nosso País, os danos humanos e materiais provocados por nevas são

relativamente pequenos. Paradoxalmente, a neve protege o solo contra o supercongelamento, provocado pelas geadas, já que, em sua superfície em contato com o solo, a temperatura mínima é de 0° C.

Normalmente, os riscos pessoais ocorrem nos deslocamentos motorizados, durante as nevadas. Nessas condições, caso ocorra algum acidente ou pane, as pessoas correm o risco de permanecerem isoladas durante a intempérie.

### **Monitorização, Alerta e Alarme**

Os serviços meteorológicos têm condições de informar com antecedência sobre a ocorrência de nevadas.

### **Medidas Preventivas**

Em regiões de nevadas intensas, os telhados das casas devem ser:

- fortemente inclinados, para reduzir a acumulação da neve;
- suficientemente resistentes, para suportar um peso superior a 120 kg/m<sup>2</sup>.

Durante as nevadas, aconselha-se que os veículos se reúnam em comboios, em condições de prestarem apoio mútuo, quando trafegarem em estradas vicinais de regiões montanhosas.

### 3 - Nevascas ou Tempestades de Neve

CODAR: **NE.TTN/ CODAR: 12.203**

#### **Caracterização**

Ventos violentos e muito frios carregados de neve. Parte desta neve é levantada do solo nevado.

O termo originou-se na América, donde estendeu-se para outros países.

#### **Ocorrência**

As nevascas são fenômenos relativamente raros no Brasil e ocorrem nas regiões serranas dos estados sulinos, especialmente em Santa Catarina.

#### **Principais Efeitos Adversos**

Quando ocorrem nevascas, somam-se os efeitos destruidores dos vendavais aos danos provocados pelo resfriamento e pela acumulação da neve.

#### **Monitorização, Alerta e Alarme**

Os serviços meteorológicos têm condições de informar com antecedência sobre a ocorrência de nevascas.

#### **Medidas Preventivas**

Os planos operacionais de defesa civil devem prever medidas assistenciais para a população desabrigada e exposta ao frio, através de abrigos temporários, onde se deve prover agasalhos e alimentos quentes, com alto valor calórico.



## **4 - Aludes ou Avalanches de Neve**

CODAR: **NE.TAN/ CODAR: 12.204**

### **Caracterização**

São massas de neve e/ou gelo que deslizam de forma rápida e violenta pelas encostas de altas montanhas, arrastando fragmentos de rochas, árvores e até habitações.

As avalanches ou aludes caracterizam-se por movimentos extremamente rápidos e violentos, com limites laterais e profundos muito bem definidos.

### **Causas**

As avalanches ocorrem em função da ruptura do equilíbrio inercial, provocada pela interação dos seguintes fatores:

- redução do grau de coesão das camadas de neve, o qual depende da granulometria das camadas e varia em proporção inversa da temperatura. A elevação gradual da temperatura, ao término do inverno e início da primavera, torna a massa mais friável e facilita os deslizamentos;
- declividade da encosta - o grau de declividade da encosta define o ângulo de repouso em função do peso das camadas, da granulometria e do grau de coesão;
- peso das camadas de neve - a deposição de neve varia em proporção inversa aos índices de umidade relativa do ar, os quais dependem da evaporação e decrescem com a queda da temperatura nas áreas continentais, aumentando quando da penetração de frentes frias, formadas nas superfícies dos mares;
- grau de coesão e atrito - como a densidade da água é maior que a da neve e a do gelo, uma massa de neve ou de gelo, ao se liquefazer, passa a ocupar um volume menor que o primitivo, facilitando o surgimento de planos de clivagem e lubrificando as superfícies de deslizamento.

Nas condições descritas, qualquer vibração pode desencadear a avalanche. As vibrações podem ser provocadas por estampidos, passagem de trens ou de outros veículos ou, ainda, por qualquer outra causa circunstancial de vibrações.

### **Ocorrência**

As avalanches ocorrem nas áreas mais elevadas de regiões montanhosas, que acumulam neve e/ou gelo nas estações invernosas. São muito freqüentes nos Alpes, Andes, Himalaia, Montanhas Rochosas e em outras regiões de altas montanhas, onde a temperatura mantém-se abaixo de 00C, durante o inverno.

O fenômeno não ocorre no Brasil.

Normalmente, as avalanches intensificam-se no final do inverno e início da primavera.

### **Principais Efeitos Adversos**

Em comparação com outros desastres, as avalanches causam prejuízos moderados. A média anual de mortes, provocadas por avalanches, costuma ser inferior a 200.

Os danos materiais, nos países mais desenvolvidos que convivem com o fenômeno, normalmente são moderados.

Durante a Primeira Guerra Mundial, na frente italiana, as avalanches provocaram maior número de mortos que as ações do inimigo.

### **Monitorização, Alerta e Alarme**

Nas regiões onde esses fenômenos são prevalentes, os serviços meteorológicos e a Defesa Civil têm condições de informar, com razoável antecipação, sobre variáveis meteorológicas que aumentem os riscos de avalanches.

Os habitantes locais têm condições de prenunciar o fenômeno, através da observação de mudanças comportamentais de animais silvestres.

### **Medidas Preventivas**

#### **1 - Medidas Não-Estruturais**

O mapeamento das áreas de risco intenso permite o zoneamento e a definição de áreas non aedificandi . Nas áreas aedificandi com restrições, as construções devem ser situadas em locais protegidos e devem ser muito sólidas.

#### **2 - Medidas Estruturais**

As principais medidas estruturais são:

- reflorestamento das encostas, com árvores de raízes pivotantes muito profundas;
- construção de obstáculos em forma de “V” invertido, para desviar o curso de avalanches;
- construção de plataformas de deslizamento e de muros de contenção, para proteger rodovias e ferrovias.

As medidas estruturais só são eficazes frente a aludes pouco intensos.

#### **3 - Medidas Emergenciais**

Dentre as medidas emergenciais mais utilizadas, compete ressaltar:

- a antecipação do fenômeno, provocando vibrações, quando as camadas de neve ainda são pouco volumosas, contribuindo para reduzir a magnitude do fenômeno;
- a formação de equipes de busca e salvamento, altamente capacitadas, para reduzir os riscos de perdas humanas.

## 5 – Granizos

CODAR: **NE.TGZ/ CODAR: 12.205**

### Caracterização

Precipitação sólida de grânulos de gelo, transparentes ou translúcidos, de forma esférica ou irregular, raramente cônica, de diâmetro igual ou superior a 5mm.

O granizo é formado nas nuvens do tipo *cumulonimbus*, as quais se desenvolvem verticalmente, podendo atingir alturas de até 1.600m. Em seu interior, ocorrem intensas correntes ascendentes e descendentes. As gotas de chuva provenientes do vapor condensado no interior dessas nuvens, ao ascenderem sob o efeito das correntes verticais, congelam-se ao atingirem as regiões mais elevadas.

O granizo, também conhecido por saraivada, é a precipitação de pedras de gelo, normalmente de forma esférica, com diâmetro igual ou superior a 5mm, transparentes ou translúcidas, que se formam no interior de nuvens do tipo *cumulonimbus*. Podem subdividir-se em dois tipos principais:

- gotas de chuvas congeladas ou flocos de neve quase inteiramente fundidos e recongelados;
- grânulos de neve envolvidos por uma camada delgada de gelo.

Os meteorologistas designam as pedras de gelo com diâmetros superiores a 5mm de saraiva. As saraivadas são constituídas por várias camadas de gelo que podem ser alternativamente claras e opacas, em forma de casca de cebola, agrupadas em torno de um núcleo central. Este núcleo pode ser constituído por um grão de gelo, por ar comprimido, por poeira ou por pólen ou sementes.

Quando o granizo choca-se com o solo, o núcleo de gelo gera uma pressão interna mais intensa e provoca pequenas detonações. Ao caírem por seu próprio peso, absorvem mais umidade nas camadas inferiores, até que, novamente, são arrastadas para altitudes mais elevadas, onde sofrem novo congelamento. O processo se repete, até que o peso do gelo ultrapasse a força ascensional, provocando a precipitação.

### Ocorrência

O fenômeno ocorre em todos os continentes, especialmente em regiões montanhosas.

As tempestades de granizo de maior magnitude ocorrem em regiões continentais de clima quente, especialmente na Índia e na África do Sul.

No Brasil, as regiões mais atingidas por granizo são a Sul, Sudeste e parte meridional da Centro-Oeste, especialmente nas áreas de planalto, de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul.

### Principais Efeitos Adversos

O granizo causa grandes prejuízos à agricultura. No Brasil, as culturas de frutas de clima temperado, como maçã, pêra, pêssego e kiwi e a fumicultura são as mais vulneráveis ao granizo.

Dentre os danos materiais provocados pela saraiva, os mais importantes correspondem à destruição de telhados, especialmente quando construídos com telhas de amianto ou

de barro.

As tempestades que normalmente acompanham o granizo causam também outros prejuízos. O temporal ocorrido na cidade de São Paulo, em 21 de julho de 1995, durou apenas meia hora, causando danos materiais e humanos. Sete pessoas morreram, todas esmagadas por um muro de 7 metros de altura e 100 metros de comprimento, que desmoronou com a ação do vento; vários carros foram atingidos por árvores e galhos caídos e alguns bairros ficaram horas sem energia.

### **Monitorização, Alerta e Alarme**

Os serviços de meteorologia acompanham diariamente as condições do tempo e têm condições de prevenir sobre a provável ocorrência desses eventos.

As cooperativas de fruticultores, especialmente as de produtores de maçãs, estão adquirindo aparelhos de radar, que informam sobre a formação de nuvens cumulonimbus.

### **Medidas Preventivas**

As cooperativas de fruticultores adquiriram baterias de foguetes para bombardearem as nuvens com substâncias higroscópicas e anticriogênicas, objetivando provocar a precipitação da chuva e evitar a formação do granizo. O método tem sido largamente utilizado no Estado de Santa Catarina.

Os fumageiros e outros produtores garantem-se contra prováveis prejuízos, através de seguro.

É necessário que incentivem pesquisa para produzir telhas de baixo custo e resistentes à saraiva.

## **6 – Geadas**

CODAR: **NETGE/ CODAR: 12.206**

### **Caracterização**

A geada é formada pelo congelamento direto do vapor d'água existente na atmosfera, sem passagem pela forma líquida, e ocorre quando a temperatura ambiental cai a níveis abaixo de 0°C (ponto de congelação da água). Nessas condições, o orvalho transforma-se em geada.

O calor acumulado durante o dia pela crosta terrestre irradia-se durante a noite, provocando uma inversão de temperatura, de tal forma que, nas madrugadas de noites excepcionalmente frias, ocorre uma grande queda de temperatura nas camadas mais próximas do solo, formando o orvalho. Portanto, é completamente errada a expressão “cair geada”, já que o próprio orvalho não “cai”.

### **Ocorrência**

A geada ocorre com mais frequência em regiões elevadas e frias. Normalmente, o fenômeno está relacionado com a passagem de frentes frias e costuma ocorrer nas madrugadas de noites frias, estreladas e calmas, com maior intensidade nos fundos de vales e regiões montanhosas e, menos intensamente, nas encostas mais ensolaradas.

No Brasil, a geada ocorre, principalmente, nos planaltos sulinos e nas áreas montanhosas da região Sudeste.

### **Principais Efeitos Adversos**

Com a baixa temperatura forma-se a geada, provocando o congelamento da seiva das plantas, podendo causar grandes prejuízos às culturas perenes e às culturas de inverno, plantadas nas regiões com climas subtropicais de altitude.

No Brasil, os maiores prejuízos ocorrem com as plantações de café, de frutas cítricas e demais frutas de clima temperado e produtos hortigranjeiros.

### **Monitorização, Alerta e Alarme**

Em seus boletins diários, os serviços meteorológicos informam sobre a provável ocorrência de geadas nas áreas sujeitas ao fenômeno.

### **Medidas Preventivas**

A redução das vulnerabilidades às geadas depende, fundamentalmente, de medidas não-estruturais.

O seguro agrícola é a principal forma de reduzir os possíveis prejuízos dos agricultores.

A seleção de culturas resistentes às geadas, o racional zoneamento das culturas e as técnicas de cultivo adensado contribuem para a redução das vulnerabilidades.

## **7 - Ondas de Calor**

CODAR: **NET.TOC/ CODAR: 12.207**

### **Caracterização**

As ondas de calor originam-se quando frentes de alta pressão, formadas em regiões quentes, áridas ou semi-áridas, deslocam-se, invadindo regiões de climas mais amenos, onde se estabilizam por alguns dias.

### **Ocorrência**

O fenômeno adverso ocorre anualmente nos países do sul da Europa, como Grécia, Itália, Espanha, França e outros. Também, nos Estados Unidos da América do Norte, o fenômeno provoca intensos danos pessoais. No verão de 1995, nas cidades de Chicago, Nova Iorque, Filadélfia e em cidades dos Estados da Geórgia e do Kansas, morreram mais de 700 pessoas, em consequência da onda de calor.

O fenômeno ocorreu com maior intensidade em Chicago, onde a temperatura máxima atingiu 43°C, com uma umidade relativa do ar de 90%, índice alto como o de uma cidade da Amazônia, região onde chove todos os dias. Essa taxa de umidade dificulta a transpiração e potencializa os efeitos danosos do calor sobre o corpo humano.

### **Principais Efeitos Adversos**

As ondas de calor podem incrementar a morbimortalidade dos grupos vulneráveis, especialmente crianças, idosos e pessoas portadoras de afecções cardiorrespiratórias importantes. Os estrangeiros, especialmente os turistas nórdicos, pouco adaptados às condições climáticas dos países mediterrâneos, são os mais susceptíveis ao fenômeno adverso.

Nessas condições, a queda sustentada da umidade atmosférica favorece a intensificação de incêndios florestais muito intensos, principalmente porque os reflorestamentos são feitos com coníferas, altamente combustíveis.

Como a população brasileira é bem adaptada ao calor, embora registre a sensação de desconforto térmico, não está sujeita aos mesmos danos que as populações não adaptadas.

## **8 – Ventos Quentes e Secos**

CODAR: **NE.TVQ/ CODAR: 12.208**

### **Caracterização**

Tempestades de ventos quentes e abrasadores ocorrem em regiões áridas e desérticas, como as do deserto do Saara. Algumas vezes o fenômeno é tão intenso, que a poeira pode ultrapassar o Mediterrâneo e atingir os países do sul da Europa.

O viajante, surpreendido pelo fenômeno no interior do deserto, corre graves riscos. Inúmeras expedições de conquistadores foram dizimadas pelo Simum ou Siroco, nome dado ao vento do deserto.

O nômade do deserto, quando surpreendido pelo Simum, faz ajoelhar seu camelo e o utiliza, como anteparo contra o vento. Com o albarnoz, improvisa um abrigo para proteger-se e também para proteger a cabeça de sua montaria, evitando a sufocação pela poeira. Depois aguarda, com estoicismo e resignação, que o vento se abrande, a fim do que possa retomar sua viagem.

### **Ocorrência**

No Brasil, tempestades do ventos quentes e secos não são registradas e o fenômeno adverso não ocorre de forma aguda.

No entanto, durante a estação estival, o Nordeste e Centro-Oeste são constantemente percorridos por ventos cujas intensidades variam entre 7 e 30 km/h, correspondentes, na escala de Beaufort, aos números:

- 2 - brisa leve ou aragem
- 3 - vento fresco ou leve
- 4 - vento moderado

### **Principais Efeitos Adversos**

Como nas citadas regiões são raros os proprietários que se preocupam em plantar pára-ventos, esses ventos constantes, além de provocarem erosão eólica, contribuem para aumentar a evapotranspiração e para ressecar as passagens.

Esse desastre crônico, em termos econômicos, é muito mais importante que o Simum. Anualmente, no Brasil, produz prejuízos financeiros superiores a US\$ 2 bilhões, ao se computar:

- a perda de peso do gado de corte;
- o atraso na idade de abate de dois para quatro anos;
- a redução da produção leiteira no período de entressafra;
- o aumento dos índices de morbimortalidade, provocados pelas desnutrição dos animais.

## **TITULO 3 – DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM O INCREMENTO DA PRECIPITAÇÕES HÍDRICAS E COM AS INUNDAÇÕES**

CODAR: **NE.TOC/ CODAR: 12.207**

### **Caracterização**

As inundações podem ser definidas como um transbordamento de água proveniente de rios, lagos e açudes.

As inundações podem ser classificadas em função da magnitude e da evolução.

Em função da magnitude, as inundações, através de dados comparativos de longo, prazo, são classificadas em:

- inundações excepcionais;
- inundações de grande magnitude;
- inundações normais ou regulares;
- inundações de pequena magnitude.

Em função da evolução, as inundações são classificadas em:

- enchentes ou inundações graduais;
- enxurradas ou inundações bruscas;
- alagamentos;
- inundações litorâneas provocadas pela brusca invasão do mar

### **Causas**

As inundações têm como causa a precipitação anormal de água que, ao transbordar dos leitos dos rios, lagos, canais e áreas represadas, invade os terrenos adjacentes, provocando danos.

O incremento dos caudais superficiais, na maioria das vezes, é provocado por precipitações pluviométricas intensas e concentradas, mas, também, pode ter outras causas imediatas e/ou concorrentes, como:

- degelo;
- elevação dos leitos dos rios por assoreamento;
- redução da capacidade de infiltração do solo, causada por ressecamento, compactação e/ou impermeabilização;
- saturação do lençol freático por antecedentes próximos, de precipitações continuadas;
- erupções vulcânicas em áreas de nevados;
- combinação de precipitações concentradas com períodos de marés muito elevadas;
- invasão de terrenos deprimidos e dos leitos dos rios em áreas de rebaixamento geológico, por maremotos ou ressacas intensas;
- rompimento de barragens construídas com tecnologia inadequada;
- drenagem deficiente de terrenos situados a montante de aterros, em estradas que cortem transversalmente vales de riachos;
- estrangulamento de leitos de rios, provocado por desmoronamentos causados por terremotos ou deslizamentos relacionados com intemperismo.

### **Ocorrência**

As inundações ocorrem em todos os continentes e em regiões com todos os padrões de



clima, inclusive regiões áridas e semi-áridas, quando recebem chuvas concentradas.

### **Principais Efeitos Adversos**

Normalmente, as inundações provocam grandes danos materiais e, dependendo de sua violência, graves danos humanos.

Quando extensas, as inundações destroem ou danificam plantações e exigem um grande esforço para garantir o salvamento de animais, especialmente bovinos, ovinos e caprinos.

Em áreas densamente habitadas, podem danificar ou destruir habitações mal localizadas e pouco sólidas, bem como danificar móveis e outros utensílios domésticos.

O desastre prejudica a atuação dos serviços essenciais, especialmente os relacionados com a distribuição de energia elétrica e com o saneamento básico, principalmente distribuição de água potável, disposição de águas servidas e de dejetos e coleta do lixo.

Normalmente, o fluxo dos transportes e das comunicações telefônicas é prejudicado.

O alagamento de silos e armazéns causa danos às reservas de alimentos estocados.

As inundações também contribuem para intensificar a ocorrência de acidentes ofídicos e aumentar o risco de transmissão de doenças veiculadas pela água e pelos alimentos, por ratos (leptospirose), assim como a ocorrência de infecções respiratórias agudas (IRA).

### **Monitorização, Alerta e Alarme**

A permanente monitorização dos níveis dos rios e a medição de seus caudais, bem como a monitorização da evolução diária das condições meteorológicas permitem antecipar as variáveis climatológicas responsáveis pela ocorrência de inundações.

No Brasil, a Divisão de Controle de Recursos Hídricos, do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE - é responsável pela manutenção e operacionalização de extensa rede de estações pluviométricas, responsáveis pelo acompanhamento diário dessas variáveis.

As principais variáveis observadas e registradas diariamente são:

- fluviométricas e/ou fluviográficas;
- climatológicas, relacionadas com a pluviometria e evaporimetria;
- medição do caudal e descarga diária;
- sedimentométricas
- de controle de qualidade da água.

Segundo dados de 1944 e de anos anteriores, os estudos são realizados nas seguintes bacias da rede fluvial brasileira:

- 1 - Bacia do Rio Amazonas;
- 2- Bacia do Rio Tocantins;
- 3- Bacia do Atlântico - Norte e Nordeste;
- 4- Bacia do Rio São Francisco;
- 5- Bacia do Atlântico - Leste;
- 6- Bacia do Rio Paraná;
- 7- Bacia do Rio Uruguai;

## 8- Bacias do Atlântico - Sul e Sudeste.

Semanalmente, o DNAEE encaminha à Defesa Civil relatórios pormenorizando as medições diárias realizadas por suas estações, em todas as bacias citadas. Nos períodos de maior risco de enchentes, as informações são diárias.

As variáveis são relacionadas com a média de longo período mensal (MLPM) e com cotas de alerta.

A monitorização das inundações bruscas ou enxurradas é facilitada pela operação dos radares meteorológicos, que têm condições de antecipar a quantidade de chuva que vai cair numa determinada região, com razoável nível de precisão.

### **Medidas Preventivas**

#### **1 - Previsão de Inundações**

A estrutura de um sistema de previsão de inundações é de capital importância para a redução da vulnerabilidade ao fenômeno.

#### **2 - Zoneamento**

Dentre as medidas não-estruturais, a definição e o mapeamento das áreas de risco e o consequente zoneamento urbano, periurbano e rural facilitam o correto aproveitamento do espaço geográfico e permitem uma definição precisa das áreas:

- non aedificandi;
- aedificandi com restrições;
- aedificandi sem outras restrições, que não as impostas pelo código de obras local.

#### **3 - Construção de Habitações Diferenciadas**

Nas áreas aedificandi com restrições, às quais correspondem os locais atingidos pelo alagamento, mas onde as águas fluem sem impetuosidade, podem ser construídas habitações sobre pilotis ou com sótãos habitáveis, mediante adaptações pré-planejadas.

#### **4 - Projetos Comunitários de Manejo Integrado de Microbacias**

Microbacias bem manejadas preservam a flora e a fauna silvestres, garantem a biodiversidade, facilitam o controle de pragas e reduzem as inundações e as secas ou estiagens.

A reunião de microbacias corretamente manejadas:

- preserva o solo;
- protege as culturas;
- melhora o metabolismo das águas;
- permite o pleno aproveitamento das obras de contenção e de perenização.

Encostas reflorestadas protegem o solo, aumentam a infiltração das águas e a alimentação dos lençóis freáticos, reduzindo as enxurradas.

O terraceamento e o desenvolvimento de culturas em harmonia com as curvas de nível evitam a erosão, o assoreamento dos rios, aumentam a infiltração das águas e a alimentação do lençol freático, reduzem as enxurradas e, a longo prazo, melhoram a qualidade do solo agricultável.

Matas ciliares reduzem o assoreamento, a evaporação e as enxurradas, além de protegerem as nascentes e conservarem as essências vegetais nativas e a fauna local.

A rotação racional das culturas, a adubação orgânica, a cobertura do solo com palhadas e o plantio direto conservam a umidade, aumentam a infiltração, reduzem a erosão, o assoreamento e as enxurradas, aumentam a humificação e melhoram a saúde do solo.

A construção de bacias de captação, às margens das estradas vicinais, além de preservá-las, contribuem para ampliar a infiltração e a alimentação do freático e reduzir as enxurradas.

## **5 - Obras de Perenização e de Controle das Enxurradas**

O manejo racional do sistema de represas de uma bacia permite, através do controle dos deflúvios, nos diversos níveis do fall-line, reduzir a intensidade das inundações e garantir a perenização dos aproveitamentos.

A construção de canais extravasores e a interligação de bacias, com transposição de deflúvios, facilita o controle integrado das inundações e garante a perenização de caudais, por ocasião de estiagens prolongadas.

## **6 - Barragens Reguladoras**

Dentre as obras de redução de riscos de inundações, as mais efetivas são as barragens reguladoras, como:

- Três Marias, no rio São Francisco;
- Furnas, no rio Grande;
- Emborcação, no rio Paranaíba;
- Boa Esperança, no rio Parnaíba;
- Castanhão, a ser construída no rio Jaguaribe.

Ao regularem os deflúvios das grandes bacias, essas barragens contribuem para:

- controlar os escoamentos ao longo das calhas dos rios e reduzir a magnitude das inundações a jusante das mesmas;
- reduzir os custos das barragens construídas a jusante e otimizar as condições de geração de energia elétrica, reduzindo os custos de produção;

Naqueles casos em que a quase totalidade dos desnivelamentos dos rios é aproveitada, por intermédio de sistemas lineares de barragens (fall-line), como já acontece na bacia do rio Paraná, especialmente no Estado de São Paulo e no sul dos Estados de Minas Gerais e de Goiás, o nível dos rios é controlado em função das vazões regularizadas das represas, programadas e controladas por sistemas integrados de computadores.

## **7 - Obras de Desenrocamento, Desassoreamento e de Canalização**

Essas obras são especialmente indicadas nas inundações por alagamento, nas quais o acúmulo de água depende muito mais de deficiências nos sistemas de drenagem, a jusante da área inundada, do que da intensidade das precipitações.

As obras de desassoreamento ou de dragagem contribuem para aprofundar as calhas dos rios, aumentar a velocidade dos fluxos e reduzir a magnitude das cheias.

As obras de desenrocamento (retirada de rochas) produzem os mesmos resultados das

obras de desassoreamento e contribuem para reduzir os regimes turbilhonares de escoamento, os quais, quando intensos, produzem alterações nas margens (desbarrancamentos) e nos fundos dos rios.

As obras de canalização podem ser desenvolvidas:

- ao longo do trajeto dos rios, com o objetivo de regularizar o desenho dos mesmos;
- para derivar deflúvios excedentes, diretamente para o mar ou para outras bacias mais carentes de recursos hídricos.

## **8 - Canais de Derivação e de Interligação de Bacias**

Os canais de derivação podem ser construídos com o objetivo de:

- derivar parte do fluxo em direção ao mar, aliviando o leito principal do rio, dos deflúvios excedentes,
- derivar os deflúvios excedentes de uma bacia para outra, onde os recursos hídricos são carentes.

Nessas condições, os canais de derivação funcionam como obras de controle, tanto de inundações como de secas.

Os canais de derivação são especialmente indicados quando se diagnostica uma evidente desproporção entre:

- as possibilidades de captação das bacias hidrográficas de drenagem - BHD;
- a capacidade de escoamento das calhas dos rios, a jusante do ponto considerado.

Nessas circunstâncias, a construção de canais de derivação permite otimizar as condições de escoamento e restabelecer o equilíbrio dinâmico entre captação e drenagem.

Na maioria das vezes, a desproporção entre a captação da BHD e a capacidade de escoamento da calha dos rios depende de condições relacionadas com a evolução da geomorfologia da área em estudo. No Brasil, muitas vezes esta desproporção é provocada pela captura, em períodos geológicos anteriores, de um determinado rio ou afluente, por um outro rio, durante o seu crescimento em direção a montante.

Um bom exemplo de captura ocorreu na bacia do rio Itajaí-Açu. Há evidências de que o rio Itajaí do Norte foi primitivamente um afluente do rio Iguazu, o qual foi capturado pelo crescimento, em direção a montante, da bacia do atual Itajaí-Açu.

Nesse caso específico, a construção de um canal de derivação, na planície litorânea, ao otimizar as condições de drenagem, pode contribuir para reduzir a magnitude das cheias que afetam as cidades ribeirinhas.

Também no rio São Francisco, existe uma evidente desproporção entre a capacidade de captação de BHD ao Alto e Médio São Francisco, quando comparadas com as possibilidades de escoamento da calha do Baixo São Francisco, depois que o rio inflete para leste e sudeste.

É muito provável que o rio primitivo drenava em direção ao norte, desembocando no antigo mar Siluriano, que deu origem à bacia sedimentar do Parnaíba. É possível que, num determinado período geológico, esse rio tenha sido capturado pelo braço principal do primitivo rio do Pontal e, em conseqüência, tenha mudado de curso.

Caso essa teoria esteja correta, a abertura de um canal de derivação (Cabrobó-Jati)

unindo a bacia do rio São Francisco com a do Jaguaribe, por intermédio do Salgado com ramais de interligação para os rios Piranhas, Apodi, Pajeú, Terra Nova e Brígida, além de restabelecer parte do sistema de drenagem primitivo, contribuiria para:

- reduzir a magnitude das cheias do Baixo São Francisco;
- perenizar rios intermitentes na área com as maiores carências hídricas de todo o semi-árido.

## **9 - Diques de Proteção**

A construção de diques de proteção só é realmente efetiva quando as áreas das planícies subjacentes não se encontram em nível sensivelmente inferior ao das médias de cotas máximas das cheias anuais.

Necessariamente, os diques de proteção devem ser complementados com a instalação de potentes bombas de recalque e, sempre que possível, com ações de desassoreamento da calha principal.

## **10 - Medidas para Otimizar a Alimentação do Lençol Freático**

As enxurradas ou inundações relâmpago, freqüentes nos pequenos rios de planalto, que apresentam grandes variações de deflúvios, após poucas horas de chuvas concentradas, são minimizadas por minuciosos trabalhos de planejamento e gestão integrada das microbacias.

Todas as medidas que contribuem para reduzir o volume de sedimentos transportados pelos cursos de água, diminuem o processo de assoreamento dos rios e a magnitude das cheias.

Da mesma forma, a alimentação regularizada das calhas dos rios pelos lençóis freáticos marginais e de fundos de vale, ao permitir uma melhor distribuição espacial da água, contribui para horizontalizar a curva de acumulação e de depleção hidrográfica. Por esse motivo, as atividades de manejo integrado das microbacias contribuem para minimizar:

- as secas;
- as inundações relâmpago ou enxurradas;
- os processos erosivos.

Dentre as Técnicas de Manejo Integrado de Microbacias, destacam-se:

- O florestamento e o reflorestamento de áreas de preservação e de proteção ambiental, em encostas íngremes, cumeadas de morros, matas ciliares e matas de proteção de mananciais.
- O cultivo em harmonia com as curvas de nível e a utilização de técnicas de terraceamento. Os sulcos, quando abertos em sentido perpendicular ao do escoamento das águas, contribuem para reter a água e para reduzir a erosão.
- Sempre que possível, deve-se roçar e não capinar as entrelinhas das culturas. Os restos da capina, ao permanecerem sobre o solo, contribuem para reduzir a erosão, reter a umidade e diminuir o aquecimento das camadas superficiais do solo.
- O plantio de quebra-ventos, em sentido perpendicular ao dos ventos dominantes, reduz a erosão eólica e a evapotranspiração.
- A adubação orgânica, mediante a utilização de técnicas de compostagem, permite a

utilização de esterco, lixo orgânico e palhada, devidamente curtidos, com o objetivo de aumentar a fertilidade e a saúde do solo humificado, e contribui para otimizar a infiltração da água.

- A incorporação ao solo dos restos de cultura, mediante técnicas de plantio direto, e a utilização da água reduzem a erosão, diminuem a insolação direta do solo e a evaporação da água e preservam a umidade.

- A rotação de culturas, além de facilitar o plantio direto, contribui para evitar a especialização das pragas, ao reduzir a oferta regular de um determinado padrão de substrato alimentar.

- O adensamento das culturas, pela redução do espaçamento, permite uma maior concentração das plantas por unidade de área e diminui a exposição do solo à insolação direta e reduz os processos erosivos.

- A utilização de culturas intercalares, plantando leguminosas como feijão, soja ou ervilha entre as fileiras de cereais, como milho, sorgo ou cana, ou de tubérculos como batata-doce, diminui os fenômenos erosivos e a evapotranspiração e aumenta a fixação de nitrogênio no solo, por intermédio dos rizóbios que se desenvolvem em regime simbiótico, nas raízes das leguminosas.

## **Bacias de Captação de Água**

CODAR: **NE.HIG/ CODAR: 12.3**

Bacias de captação de água, construídas nas laterais das estradas vicinais, de acordo com técnica desenvolvida pelo engenheiro agrônomo Aloysio Miguel Agra, em Batatais - SP, são muito úteis porque, além de evitarem que o leito das estradas vicinais seja danificado pelas enxurradas, permitem o aproveitamento das águas pluviais, como bebida para o gado e para alimentar o lençol freático.

## **1 – Enchentes ou Inundações Graduais**

CODAR: **NE.HIG/ CODAR: 12.301**

### **Caracterização**

O Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semi-Árido - CPATSA, órgão da EMBRAPA, situado em Petrolina-PE, adaptou as bacias de captação de Miguel Agra às condições edafo-climáticas do semi-árido. As bacias foram alongadas e estreitadas, sob a forma de canais, cobertos com troncos de palmeira, palhada e terra, com o objetivo de reduzir as perdas hídricas por evaporação.

Nas enchentes, as águas elevam-se de forma paulatina e previsível; mantêm-se em situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoam-se gradualmente.

Normalmente, as inundações graduais são cíclicas e nitidamente sazonais. Exemplo típico de periodicidade ocorre nas inundações anuais da bacia do rio Amazonas. Ao longo de quase uma centena de anos de observação e registro, caracterizou-se que, na cidade de Manaus, na imensa maioria dos anos, o pico das cheias ocorre em meados de junho.

As inundações graduais são intensificadas por variáveis climatológicas de médio e longo prazos e pouco influenciáveis por variações diárias do tempo. Relacionam-se muito mais com períodos demorados de chuvas contínuas do que com chuvas intensas e concentradas. O fenômeno caracteriza-se por sua abrangência e grande extensão.

### **Ocorrência**

As inundações graduais são características das grandes bacias hidrográficas e dos rios de planície, como o Amazonas, o Nilo e o Mississipi-Missouri. O fenômeno evolui de forma facilmente previsível e a onda de cheia desenvolve-se de montante para jusante, guardando intervalos regulares.

### **Monitorização, Alerta e Alarme**

A implementação de um maior número de estações monitoras automáticas, interligadas por satélites aos centros de computação de dados de Brasília, está permitindo que o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE - aperfeiçoe modelos matemáticos de previsão, altamente precisos.

A previsão da evolução temporal do fenômeno e da magnitude do mesmo, nas diferentes regiões da bacia Amazônica, permitirá incorporar mais de 80 milhões de hectares de várzeas dessa região ao processo produtivo, com um mínimo de custos.

De um modo geral, a previsibilidade das cheias periódicas e graduais facilita a convivência harmoniosa com o fenômeno, de tal forma que possíveis danos ocorrem apenas:

- nas inundações excepcionais;
- em função de vulnerabilidades culturais, características de mentalidades imediatistas e sem o mínimo de previsibilidade.

O mapeamento das cotas máximas das cheias, nos anos de inundações excepcionais,



facilita o zoneamento urbano e periurbano e a definição de áreas de riscos intensificados. Através do zoneamento, o poder municipal poderá caracterizar, com extrema facilidade, as áreas non aedificandi e aedificandi com restrições.

### **Medidas Preventivas**

A monitorização anual do fenómeno e o aperfeiçoamento de modelos matemáticos, ao permitirem uma previsão cada vez mais precisa, contribuirão para a redução de possíveis danos e prejuízos.

O mapeamento das inundações e o zoneamento urbano e periurbano conseqüentes permitirão uma maior harmonização do homem com a natureza.

A seleção de culturas e de cultivares, com ciclos de produção compatíveis com os períodos de estiagens, e de culturas e pastagens resistentes ao alagamento facilita a incorporação ao processo económico de milhões de hectares de várzeas, fertilizadas e humificadas anualmente pela natureza.

A seleção de espécies e de raças resistentes às chuvas intensas e ao alagamento das pastagens contribuirá para aperfeiçoar a exploração pecuária.

Dentre as espécies, destacam-se os búfalos e, das raças brasileiras, o Indobrasil, que, por possuir um grande número de glândulas sebáceas, tem melhores condições de prosperar na região.

Na península de Malabar, na Índia, um dos lugares de maior índice de precipitação do mundo, houve uma seleção natural de gado, produzindo a raça Dangi. Essa raça, de tamanho médio, corpo compacto, barbela pouco desenvolvida, cabeça pequena, chifres grossos e curtos, orelhas pendentes e pelagem chitada, com tons vermelhos, brancos e negros, caracteriza-se pelo número aumentado de glândulas sebáceas e pela produção de uma secreção untuosa, que contribui para protegê-la de chuvas intensas.

Esse gado, bastante semelhante ao Gir, pode ser importado da Índia, para cruzá-lo com o gado da região Amazônica e verificar a possibilidade de transferir suas características aos seus mestiços.

Medidas estruturais, como construções de cais, aterros e canais de drenagem, só se justificam em áreas restritas das cidades.

## **2 – Enxurradas ou Inundações Bruscas**

CODAR: **NE.HEX/ CODAR: 12.302**

### **Caracterização**

As enxurradas são provocadas por chuvas intensas e concentradas, em regiões de relevo acidentado, caracterizando-se por produzirem súbitas e violentas elevações dos caudais, os quais escoam-se de forma rápida e intensa. Nessas condições, ocorre um desequilíbrio entre o continente (leito do rio) e o conteúdo (volume caudal), provocando transbordamento.

A inclinação do terreno, ao favorecer o escoamento, contribui para intensificar a torrente e causar danos.

Esse fenômeno costuma surpreender por sua violência e menor previsibilidade, exigindo uma monitorização complexa.

### **Ocorrência**

As enxurradas são típicas de regiões acidentadas e normalmente ocorrem em bacias ou sub-bacias de médio e de pequeno portes. Normalmente, relacionam-se com chuvas intensas e concentradas, sendo o fenômeno circunscrito a uma pequena área.

### **Principais Efeitos Adversos**

De um modo geral, as enxurradas provocam danos materiais e humanos mais intensos do que as inundações graduais.

### **Monitorização, Alerta e Alarme**

Os serviços meteorológicos têm condições de acompanhar a evolução diária do tempo e informar, com antecipação de horas, sobre a provável ocorrência de chuvas concentradas.

Radares meteorológicos permitem previsões sobre a magnitude das precipitações futuras, através do estudo das nuvens causadoras de chuvas.

### **Medidas Preventivas**

O conjunto de medidas relacionadas no Título III deste Capítulo - pág. 36- aplica-se às enxurradas.

As inundações bruscas, por ocorrerem em pequenas e médias bacias, exigem minuciosos estudos, planejamento integrado e intensa participação da comunidade no planejamento integrado e na execução de medidas de previsão, prevenção e controle.

O manejo integrado de microbacias contribui para reduzir as vulnerabilidades e minimizar os danos.

### **3 – Alagamentos**

CODAR: **NE.HAL/ CODAR: 12.303**

#### **Caracterização**

São águas acumuladas no leito das ruas e nos perímetros urbanos por fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes.

Nos alagamentos o extravasamento das águas depende muito mais de uma drenagem deficiente, que dificulta a vazão das águas acumuladas, do que das precipitações locais.

O fenômeno relaciona-se com a redução da infiltração natural nos solos urbanos, a qual é provocada por:

- compactação e impermeabilização do solo;
- pavimentação de ruas e construção de calçadas, reduzindo a superfície de infiltração;
- construção adensada de edificações, que contribuem para reduzir o solo exposto e concentrar o escoamento das águas;
- desmatamento de encostas e assoreamento dos rios que se desenvolvem no espaço urbano;
- acumulação de detritos em galerias pluviais, canais de drenagem e cursos d'água;
- insuficiência da rede de galerias pluviais.

#### **Ocorrência**

Os alagamentos são freqüentes nas cidades mal planejadas ou quando crescem explosivamente, dificultando a realização de obras de drenagem e de esgotamento de águas pluviais.

É comum a combinação dos dois fenômenos - enxurrada e alagamento - em áreas urbanas acidentadas, como ocorre no Rio de Janeiro, Belo Horizonte e em cidades serranas.

Em cidades litorâneas, que se desenvolvem em cotas baixas, como Recife e cidades da Baixada Fluminense, a coincidência de marés altas contribui para agravar o problema.

#### **Principais Efeitos Adversos**

Os alagamentos das cidades normalmente provocam danos materiais e humanos mais intensos que as enxurradas.

#### **Monitorização, Alerta e Alarme**

A monitorização é semelhante à descrita, a propósito das enxurradas.

#### **Medidas Preventivas**

A organização de mapas de risco de inundações facilita o planejamento urbano e o desenvolvimento de planos diretores, em harmonia com os determinantes ambientais.

A comunidade deve ser motivada para participar do planejamento de medidas preventivas não-estruturais e estruturais.

O planejamento deve ser integrado, multidisciplinar e de longo prazo. O consenso é

importante e a filosofia dos projetos comunitários é semelhante à que orienta os projetos comunitários de manejo integrado de bacias, devidamente adaptada ao espaço urbano.

## **4 – Inundações Litorâneas Provocadas pela Brusca Invasão do Mar**

CODAR: **NE.HIL/ CODAR: 12.304**

### **Caracterização**

As inundações litorâneas, provocadas pela brusca invasão do mar, normalmente caracterizam-se como desastres secundários, podendo ser provocadas por vendavais e tempestades marinhas, ciclones tropicais, trombas d'água, Tsunâmis e ressacas muito intensificadas.

### **Ocorrência**

O fenômeno ocorre, principalmente, em costas pouco elevadas de continentes ou de ilhas rasas. Dentre as inundações resultantes de invasão do mar, as mais famosas são as que ocorreram nas terras baixas da Holanda, as quais, como se sabe, foram conquistadas ao mar através da construção de diques.

O fenômeno é particularmente destrutivo em áreas sujeitas a furacões, especialmente em Bangladeche e no Pacífico sul. Também pode ocorrer como consequência de tsunâmis, causados pela propagação de ondas de choque desencadeadas por terremotos.

### **Principais Efeitos Adversos**

Normalmente, os danos humanos e materiais e os prejuízos econômicos e sociais são muito intensos.

### **Monitorização, Alerta e Alarme**

Como o fenômeno tem múltiplas causas, a monitorização depende do estudo das causas específicas do fenômeno, nas áreas consideradas.

### **Medidas Preventivas**

O conjunto de medidas relacionadas no Título III deste Capítulo - pág. 36 - aplica-se às inundações litorâneas, provocadas por brusca invasão do mar.

Em alguns casos, a construção de diques e as facilidades de bombeamento permanente podem contribuir para a redução do fenômeno.

Nas ilhas rasas do Pacífico, a previsão antecipada permite a evacuação da população para áreas de cotas elevadas e a redução da mortalidade.

## **TITULO IV – DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM INTENSA REDUÇÃO DAS PRECIPITAÇÃO HÍDRICAS**

CODAR: **NE.S/ CODAR: 12.4**

### **Introdução**

Esses desastres relacionam-se com a redução das precipitações hídricas, com a queda da umidade ambiental, com as estiagens, secas e incêndios florestais.

Classificam-se em:

- estiagens;
- seca;
- queda intensa da umidade relativa do ar;
- incêndios florestais

## **1 – Estiagem**

CODAR: **NE.SES/ CODAR: 12.401**

### **Caracterização**

As estiagens resultam da redução das precipitações pluviométricas, do atraso dos períodos chuvosos ou da ausência de chuvas previstas para uma determinada temporada.

Nas estiagens, ocorre uma queda dos índices pluviométricos para níveis sensivelmente inferiores aos da normal climatológica, comprometendo necessariamente as reservas hidrológicas locais e causando prejuízos a agricultura e à pecuária.

Quando comparadas com as secas, as estiagens caracterizam-se por serem menos intensas e por ocorrerem durante períodos de tempo menores.

Embora o fenômeno seja menos intenso que a seca, produz reflexos extremamente importantes sobre o agrobussines, por ocorrer com relativa freqüência em áreas mais produtivas e de maior importância econômica que as áreas de seca.

### **Causas**

A estiagem, enquanto desastre, relaciona-se com a queda intensificada das reservas hídricas de superfície e de subsuperfície e com as conseqüências dessa queda sobre o fluxo dos rios e sobre a produtividade agropecuária.

A redução das precipitações pluviométricas relaciona-se com a dinâmica atmosférica global.

A redução das reservas hídricas de superfície e de subsuperfície depende de:

- fatores relacionados com a dinâmica global das condições atmosféricas, que comandam as variáveis climatológicas relativas aos índices de precipitação pluviométrica;
- fatores ambientais locais, relacionados com o segmento abiótico do meio físico, especialmente os concernentes à geologia, à pedologia e à geomorfologia e suas influências e interações recíprocas sobre os índices de infiltração da água e de alimentação do lençol freático;
- fatores ambientais locais relacionados com o segmento biótico do meio ambiente (biota), especialmente com a cobertura vegetal;
- fatores antrópicos relacionados com a intensidade do consumo das reservas hídricas ou, ao contrário, com a capacidade de acumulação das mesmas.

### **Ocorrência**

Embora as estiagens ocorram com maior freqüência em regiões de clima tropical, nenhuma área de produção agropecuária pode ser considerada como absolutamente imune ao fenômeno.

As médias climatológicas anuais de precipitações pluviométricas são obtidas pela soma das médias mensais de longo período, de uma região determinada.

Considera-se que existe estiagem, quando:

- o início da temporada chuvosa em sua plenitude atrasa por prazo superior a quinze dias;
- as médias de precipitação pluviométricas mensais dos meses chuvosos alcançam limites inferiores a 60% das médias mensais de longo período, da região considerada.

### **Principais Efeitos Adversos**

A intensidade dos danos provocados pelas estiagens é proporcional:

- à magnitude do evento adverso;
- ao grau de vulnerabilidade da economia local ao evento.

As vulnerabilidades às estiagens relacionam-se com:

- fatores ambientais relacionados com o segmento abiótico do meio físico, especialmente os concernentes à geologia, à pedologia e à geomorfologia; -
- fatores ambientais relacionados com a biota, especialmente os concernentes a preservação da cobertura vegetal;
- fatores antrópicos relacionados com o manejo agropecuário, com a intensidade da exploração dos recursos hídricos e com técnicas protecionistas, concernentes à proteção dos mananciais e do lençol freático, bem como da capacidade de reserva da água.

### **Monitorização, Alerta e Alarme**

Os serviços meteorológicos têm condições de antecipar previsões de longo e de médio prazos sobre as condições climáticas e, de curto prazo, sobre as condições do tempo.

Os serviços de acompanhamento hidrológico e hidrogeológico têm condições de informar sobre a evolução das reservas de superfície e de apresentar estimativas razoavelmente seguras sobre o potencial das reservas de subsuperfície.

### **Medidas Preventivas**

No atual estágio de desenvolvimento tecnológico, o homem não tem condições de influenciar na redução da magnitude do fenômeno adverso, já que este depende da dinâmica atmosférica global.

Dessa forma, as medidas preventivas, objetivando a minimização dos danos, devem concentrar-se na redução das vulnerabilidades socioeconômicas e ambientais.

Dentre as medidas preventivas mais eficientes, destacam-se as relacionadas com o manejo integrado das microbacias e com o plantio direto.

#### **1 - Manejo Integrado das Microbacias**

O manejo integrado das microbacias contribui para atenuar os efeitos das estiagens e aumentar a produtividade natural, através de:

- florestamento e/ou reflorestamento de áreas de preservação ambiental, como encostas íngremes, cumeadas de morros, matas ciliares e matas de proteção de nascentes;
- cultivo em harmonia com as curvas de nível e técnicas de terraceamento, permitindo que sulcos, abertos em sentido perpendicular ao do escoamento das águas, retenham a umidade, aumentem a infiltração e reduzam a erosão;
- plantio de quebra-ventos, reduzindo a erosão eólica, a evaporação e o ressecamento do solo, nos períodos de estio;
- adubação orgânica, utilizando resíduos animais (esterco), restos culturais e lixo



orgânico das cidades que, além de promoverem a humificação do solo, melhoram as suas características físico-químicas (produção de colóides);

- utilização de cobertura morta, como palhada, casca de arroz e serragem, bem como a incorporação ao solo, dos restos culturais anteriores, diminuindo o efeito da evaporação e conservando a umidade natural do solo;
- sempre que possível, roçar e não capinar, reduzindo a exposição do solo ao aquecimento e à perda da umidade;
- culturas adensadas, reduzindo o espaçamento e a exposição do solo, ao concentrar um maior número de plantas, por unidade de área;
- utilização de culturas intercalares, plantando leguminosas, como feijão e soja, entre fileiras de milho e cana, permitindo o sombreamento pelas gramíneas, reduzindo a evapotranspiração, enquanto o rizóbio das leguminosas reduz a necessidade de adubação, ao fixar o nitrogênio ao solo.

A rotação de culturas, ao manter o solo permanentemente coberto, reduz a erosão e favorece a infiltração e a alimentação do freático.

O fogo, ao destruir a camada humificada e os colóides orgânicos, contribui poderosamente para intensificar o problema.

## **2 - Plantio Direto**

Técnica surgida na década de 60, na Inglaterra, e na de 70, nos Estados Unidos da América. Disseminou-se pelos Estados do sul do Brasil, onde, em 1990, já existiam 1.000.000 ha plantados com esta técnica. Recentes experiências em áreas irrigadas do cerrado demonstram sua adaptabilidade a climas quentes, sem perda de produtividade.

O plantio direto é, no momento, a técnica mais eficiente de cultivo e reduz em:

- 30% a perda de umidade;
- 30% o consumo de água;
- 60% a perda de solo por erosão;
- 30% o emprego de mão-de-obra;
- 50% as operações com máquinas e o custo de combustível

O plantio direto diminui a erosão, a evaporação e, de forma drástica, o processo de compactação do solo. Além de recuperar a textura do solo, facilita o processo de humificação e reduz o consumo de fertilizantes.

Metodologicamente, o plantio direto, utilizado em sistema de rotação, compreende as seguintes fases:

- na colheita, a palhada é picada e espalhada no terreno
- na época de cultivo, qualquer vegetação que tenha brotado é roçada e não capinada ou destruída por herbicida de contato
- ao se plantar, procede-se às seguintes operações, em sucessão:  
passagem de rolo compactador, que acama a palhada, seguido, no mesmo trem, por rolo-faca, que corta a mesma em fragmentos;  
passagem de sulcador que revolve o solo na profundidade de 6 a 10 cm, apenas nas linhas de semeadura, seguido, no mesmo trem, por semeador, que lança a semente, mistura fertilizante e fecha o sulco.

Nos intervalos das colheitas, a pouca vegetação que consegue romper a palhada é roçada ou destruída por herbicida de contato.

Quando da colheita, as operações se repetem na mesma ordem, e a rotação correta das

colheitas impede a especialização de pragas e permite que leguminosas fixem nitrogênio para o ciclo de plantação de cereais.

### **Redução da Vulnerabilidade da Pecuária**

Considerando que nos períodos de estiagens a massa verde reduz-se a aproximadamente 30%, a produtividade dos rebanhos de corte e leiteiro será intensamente reduzida, caso o criador não se prepare para esses períodos.

Da mesma forma que nos países de clima temperado, onde o produtor armazena o alimento que o gado consumirá no inverno, é desejável que, nos países de clima tropical, o produtor armazene o alimento que o gado consumirá nos períodos de estiagens.

O superpovoamento deve ser evitado e as áreas mais úmidas da propriedade devem ser reservadas para o plantio de campineiras. As técnicas de produção de feno e de silagem devem ser difundidas no meio rural, para evitar as violentas quedas de produtividade que ocorrem ciclicamente, nos chamados períodos de entressafra.

Na medida em que o produtor for convencido a armazenar o produto para a alimentação do seu rebanho, nas épocas de estio, aumentará a produtividade do setor pecuário.

## **2- Seca**

CODAR: **NE.SSC/ CODAR: 12.402**

### **Caracterização**

Do ponto de vista meteorológico, a seca é uma estiagem prolongada, caracterizada por provocar uma redução sustentada das reservas hídricas existentes.

Durante o período de seca, ocorre uma ruptura do metabolismo hidrológico, com:

- intensificação das atividades catabólicas ou de consumo;
- redução das atividades anabólicas ou de acumulação.

As reservas hídricas de superfície e de subsuperfície diminuem em função:

- da redução intensa e sustentada das precipitações pluviométricas;
- do incremento das perdas líquidas causadas pela evaporação e pela transpiração;
- do incremento do consumo.

A evaporação da água contida nos reservatórios e a transpiração da água existente nos organismos vegetais e animais aumenta em consequência:

- da redução dos níveis de umidade relativa do ar,
- do incremento da insolação;
- do incremento do regime de ventos secos.

O desastre seca é também um fenômeno social, caracterizando-se como uma de uma situação endêmica de pauperismo e estagnação econômica, sob o impacto do fenômeno meteorológico adverso.

Para que se configure o desastre, é necessário que o fenômeno adverso, caracterizado pela ruptura do metabolismo hidrológico, atue sobre um sistema ecológico, econômico, social e cultural, vulnerável à redução das precipitações pluviométricas.

### **Causas**

As secas que se instalam periodicamente na região Nordeste do Brasil relacionam-se com múltiplos fatores condicionados pela geodinâmica terrestre global em seus aspectos climáticos e meteorológicos.

As chuvas do Nordeste são influenciadas basicamente por:

- deslocamentos no sentido norte-sul da zona de convergência intertropical (ITCZ/ZCIT), sobre o oceano Atlântico
- deslocamento, em sentido sul-norte, de sistemas frontais (SF) provocados por frentes frias originadas no Pólo Sul;
- deslocamento, em sentido leste-oeste, de frentes convectivas de origem continentais/equatorial;
- ação dos alísios de sudeste, carregados de umidade, provocando chuvas de relevo em contato com as vertentes orientais da chapada da Borborema.

Muitos desses fenômenos são influenciados pelas variações de temperatura das águas da superfície dos oceanos.

Está comprovado que o fenômeno El-Niño - Oscilação Sul (ENOS) - guarda uma íntima

relação de causa e efeito com os períodos de secas intensas no Semi-Árido nordestino e com inundações catastróficas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil.

Esse fenômeno caracteriza-se pelo incremento do aquecimento das águas superficiais do oceano Pacífico, junto à costa oeste do Equador e da Colômbia. Essa elevação de temperatura provoca a formação de correntes ascendentes em direção à alta troposfera, onde o ar é ressequido. Esse bolsão de alta pressão retorna à superfície do planeta, no Semi-Árido nordestino, provocando uma célula de alta pressão nas camadas mais baixas da atmosfera. Essa célula de alta pressão contribui para reduzir a descida da ZCIT/INZT e impede a penetração:

- das frentes convectivas de oeste;
- dos sistemas frontais de sul.

Os sistemas frontais de sul, detidos pela célula de alta pressão nordestina, são responsáveis pela intensificação das precipitações nas regiões Sul e Sudeste.

O deslocamento em sentido norte-sul da Zona de Convergência intertropical também é influenciado pela temperatura superficial das águas dos oceanos. O estabelecimento de um dipolo de temperatura entre as águas do Atlântico tropical, com o aquecimento maior ao sul que ao norte, provoca um aumento relativo da pressão atmosférica ao norte e o deslocamento da ZCIT/ITCZ para o sul. Quando o dipolo se inverte, ocorre seca nas áreas ao norte da região Nordeste do Brasil.

## **Ocorrência**

As precipitações pluviométricas podem apresentar-se reduzidas, em caráter:

- permanente: nas regiões de climas áridos e semi-áridos;
- ocasional: em regiões onde os níveis de pluviosidade apresentam-se abaixo da normal, apenas em determinados períodos do ano ou mesmo em alguns anos.

A seca, enquanto desastre, não ocorre em regiões onde as precipitações são reduzidas em caráter permanente, porque nessas a sociedade e a biocenose que sobrevive na área estão adaptadas às condições climatológicas adversas do biótipo.

Ao contrário, em regiões de secas ocasionais, a sociedade e a biocenose, adaptados aos períodos de pluviosidade normal são vulneráveis às reduções cíclicas das precipitações.

Informações sobre Regiões Áridas e Semi-Áridas com Índices Pluviométricos Permanentemente Reduzidos.

A redução permanente dos índices pluviométricos está relacionada com os seguintes fatores condicionantes:

- existência de células permanentes de alta pressão atmosférica;
- proximidade de correntes marinhas de águas frias;
- situação a sotavento de cordilheiras de grande porte.

As células de alta pressão desenvolvem-se nos Hemisférios Norte e Sul, ao longo dos paralelos, especialmente em regiões adjacentes aos trópicos de Câncer e de Capricórnio.

As principais regiões áridas, provocadas por células de alta pressão em regiões adjacentes ao trópico de Câncer, são:

- o deserto do Saara, na África, com 8.960.000 km<sup>2</sup>

- o deserto da Líbia, na África, com 1.300.000 km<sup>2</sup>
- o deserto Árábico, na Ásia Menor, com 777.000 km<sup>2</sup>
- o deserto do Thar, na Índia, com 200.000 km<sup>2</sup>
- a península da Califórnia, no México.

As principais regiões áridas, provocadas por células de alta pressão em regiões adjacentes ao trópico de Capricórnio, são:

- o Grande Deserto de Areia, na Austrália, com 384.000 km<sup>2</sup>
- o deserto de Kalahari, na África, com 310.000 km<sup>2</sup>
- o deserto de Alacama, no Chile - América do Sul, que é considerada a região mais árida do mundo.

As correntes marinhas, de origem nas regiões ártica e antártica, ao circularem nas proximidades dos continentes, ressecam o ar, e as correntes aéreas, com baixos índices de umidade relativa, absorvem a umidade existente na região.

A corrente de Humboldt é responsável pela redução das precipitações na costa sul-americana, voltada para o Pacífico. Essas correntes marinhas frias também são responsáveis pela semi-aridez da costa da Califórnia (América do Norte), da costa oeste da África e das costas noroeste e sudoeste- da África.

A corrente das Malvinas ou Falklands correm junto à margem ocidental do Atlântico sul e é responsável pelo clima de semi-aridez existente na Patagônia.

A situação a sotavento, de grandes cordilheiras que atuam como obstáculos à penetração de brisas marinhas carregadas de umidade, explica os climas áridos dos desertos de Takla-Makan e de Gobi.

### **Principais Efeitos Adversos**

Os efeitos os adversos da seca repercutem desfavoravelmente em todo o território nacional. A seca não é um problema do Nordeste, é um problema do Brasil.

Durante a seca ocorre uma crise de agravamento de uma situação de pauperismo endêmico e de estagnação econômica, reduzindo ainda mais os já baixíssimos índices de bem-estar social e de qualidade de vida da população local.

Nessas circunstâncias, a economia local, que sobrevive basicamente de uma pecuária extensiva e de uma agricultura de subsistência, sem a menor capacidade de gerar reservas financeiras ou de estocar alimentos e outros insumos, é completamente bloqueada.

É importante recordar que o Nordeste do Brasil é a região semi-árida de maior densidade populacional da Terra. A população que, nas épocas de intercrise apenas sobrevive, perde a capacidade de gerar trabalho remunerado e, conseqüentemente, perde a capacidade de adquirir um mínimo de bens necessários à garantia de sua sobrevivência.

O mercado é afetado muito mais pela drástica redução da já deficiente capacidade aquisitiva do que pela redução da capacidade de produzir alimentos de subsistência e demais bens de consumo imediato

A estagnação econômica repercute sobre as já precárias condições sociais, agravando ainda mais os índices de morbimortalidade infantil e dos estratos vulneráveis,

constituídos por idosos, enfermos e minusválidos.

A situação de desnutrição crônica da população socioeconomicamente marginalizada evoluiu para uma crise de fome.

Cresce a morbimortalidade por infecções respiratórias agudas (IRA), carências nutricionais protéico-calóricas e por gastroenterites e desidratação.

A intranquilidade social, os assaltos a depósitos de alimentos e o êxodo rural, em busca de melhores condições de sobrevivência, são desastres sociais secundários à grande crise.

As migrações descontroladas e a fixação de populações desenraizadas de seus ambientes culturais, em bolsões de pobreza das grandes cidades do litoral-nordestino e das demais regiões do Brasil, geram novos e importantes desastres sociais.

### **Monitorização, Alerta e Alarme**

O acompanhamento das variações de temperatura das águas de superfície dos oceanos Pacífico, Atlântico e Índico e, em especial, a monitorização do fenômeno El-Niño, permitem uma razoável previsão sobre períodos de seca e de inundações.

O crescente aperfeiçoamento dos modelos matemáticos e estatísticos está permitindo uma evolução extremamente favorável das previsões climatológicas de longo prazo.

A monitorização dos níveis dos grandes açudes e dos índices de evaporação diária dos mesmos pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE, -, Departamento Nacional de Obras Contra Secas - DNOC - e por outros órgãos, bem como o acompanhamento da vazão dos mananciais de subsuperfície pelo DNAEE, DNOC, Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais - CPRM - e outros órgãos permitem uma razoável previsão sobre a evolução das reservas hídricas.

### **Medidas Preventivas**

As medidas preventivas estruturais e não-estruturais, relacionadas com as secas e, em especial, com a seca do Semi-Árido Nordeste, são detalhadas no Programa de Redução das Vulnerabilidades à Seca no Semi-Árido Nordeste - PREVSAN, cujos dois primeiros volumes - Implementação dos Recursos Hídricos e Pesquisa; Extensão e Desenvolvimento Rural - já foram concluídos pelo órgão central do Sistema Nacional de Defesa Civil.

Por sua condição de programa holístico, o PREVSAN não estuda apenas projetos relacionados com a infra-estrutura hídrica, mas os seguintes projetos globais:

- Implementação dos Recursos Hídricos;
- Pesquisa, Extensão e Desenvolvimento Rural;
- Implementação de Pólos Secundários e Terciários de Desenvolvimento;
- Implementação de Pequenas Empresas e de Indústrias Artesanais;
- Implementação de Indústria Turística;
- Implementação de Infra-Estrutura de Apoio (especialmente transportes, comunicações e eletrificação rural);
- Interiorização das Ações de Saúde;
- Mudança Cultural.

Os objetivos do PREVSAN são:

- Reduzir as Vulnerabilidades do Nordeste a seca, em suas interfaces com os desastres humanos de causas sociais, com especial atenção para a estagnação econômica, o pauperismo, o desemprego, a marginalização econômica e social, a fome e a desnutrição crônica, o êxodo rural e as migrações descontroladas.

- Otimizar as Potencialidades Regionais, com a finalidade de promover o pleno desenvolvimento do Nordeste, reduzir as desigualdades sociais e regionais, incrementar o bem-estar social e a qualidade de vida da população.

O Programa tem as seguintes estratégias:

- Fortalecimento do Sistema Nacional de Defesa Civil - SINDEC, no Nordeste Brasileiro, instalando Comissões Municipais de Defesa Civil - COMDEC, nos Municípios situados em áreas de risco.

- Desenvolvimento de recursos humanos, do SINDEC e de outros sistemas, com o objetivo de elevar o número de pessoas capacitadas, em condições de participar do esforço para reduzir as vulnerabilidades do Nordeste.

- implementação de uma mudança cultural e comportamental da sociedade, objetivando o desenvolvimento comunitário e a efetiva participação de comunidades bem informadas no trabalho de reconstrução. Deseja-se que os grupos sociais sejam co-autores das soluções e não objetos passivos e fatores de agravamento dos problemas.

- Promoção de pequenas empresas e de indústrias artesanais que contribuam para o incremento de uma economia que seja menos dependente das condições climáticas locais.

- Ampliação da oferta de empregos estáveis e não dependentes de ciclo das safras e das variações das condições meteorológicas, objetivando a fixação e a melhoria das condições de vida da população.

- Pleno aproveitamento do potencial hídrico armazenado no Nordeste, por intermédio de projetos de irrigação que utilizem racionalmente os recursos hídricos já reservados.

- Viabilização da oferta permanente de água potável, para uso humano e animal, em todas as localidades nordestinas, mediante o planejamento integrado de sistemas microrregionalizados de captação, tratamento e adução de recursos hídricos.

- Conclusão e recuperação de pequenas obras hídricas, como cisternas, poços e pequenos açudes que, por motivos diversos, não foram concluídos ou que, após entregues à população, deterioraram-se por faltada manutenção.

- Perenização de rios temporários ou intermitentes, por intermédio de Projetos de Regularização Espacial de Deflúvios das Bacias - PREO.

- Incremento do potencial de recursos hídricos, em áreas onde esses recursos são carentes, por intermédio de Projetos de Interligação de Bacias com Transposição de Deflúvios Excedentes, utilizando o potencial hídrico de importantes rios de caudal permanente, como o Tocantins, o São Francisco e o Parnaíba.

- Promoção de Projetos de Captação e de Irrigação Pontual, com a finalidade de viabilizar a agricultura de sequeiro, em aproximadamente 80% da área total do semi-

árido por intermédio de cisternas in pluvio, poços, pequenos açudes, barragens subterrâneas e outras técnicas consentâneas com as comunidades locais.

- Incremento dos grandes perímetros irrigados e otimização do uso dos recursos hídricos desses perímetros, por empresas agrícolas e cooperativas de produção, com elevada capacitação técnica, objetivando garantir a produção intensiva, com índices de produtividade compatíveis com as necessidades de geração de rendas e de ativação das atividades econômicas.

- Nos projetos de irrigação pública, o acesso e a posse da terra devem ser direcionados para pequenos e médios produtores, que tenham comprovado que possuem a necessária competência e capacitação técnica para desenvolver culturas irrigadas com elevados níveis de produtividade.

- Implementação de pólos secundários e terciários de desenvolvimento, na região semi-árida, com o objetivo de promover o fortalecimento de agroindústrias e indústrias produtoras de insumos agrícolas e de outras atividades relacionadas com o agrobussines, próximos de áreas rurais com maior capacidade produtiva.

- Fortalecimento de cooperativismo, objetivando o aumento da produção e da produtividade agropecuária, da oferta de alimento, da capacidade de gerenciamento e da competitividade comercial.

- Intensificação das atividades de educação técnica, com ênfase para a formação e capacitação de técnicos agrícolas, técnicos em economia doméstica, técnicos em irrigação e outros necessários ao desenvolvimento rural, em cooperação com a iniciativa privada, especialmente com as Confederações Nacionais da Indústria, do Comércio e da Agricultura.

- Intensificação das atividades de pesquisa, capacitação, extensão e assistência técnica agropecuária relacionadas com:

- zoneamento agro-ecológico, buscando o desenvolvimento em harmonia com a natureza, a conservação dos solos agricultáveis e a proteção do patrimônio ecológico,  
- aproveitamento e plena utilização do potencial de recursos hídricos de superfície de subsuperfície objetivando o desenvolvimento de uma agropecuária independente de variações sazonais, relacionadas com a redução das precipitações pluviais;  
- fortalecimento de uma agropecuária adaptada às condições peculiares do semi-árido.  
- fortalecimento de atividades florestais e da silvicultura, objetivando o incremento desta atividade econômica, a proteção do solo e a redução dos riscos de desertificação.

- Fortalecimento das atividades relacionadas com a pós-colheita, o armazenamento, a conservação dos produtos agropecuários, o combate às pragas e com a refrigeração de produtos deterioráveis, objetivando reduzir as perdas e o desperdício.

- Fortalecimento e modernização das atividades relacionadas com a comercialização e a circulação dos bens de produção, objetivando reduzir o número de agentes de intermediação ao estritamente necessário, com a finalidade de aumentar as margens de ganhos do setor produtivo e reduzir os custos finais para os consumidores.

- Intensificação das ações de saneamento básico e de melhoria das condições sanitárias dos habitat urbano e rural, com o objetivo de reduzir a transmissão de doenças infecto-contagiosas e de melhorar a qualidade de vida e o bem-estar social das populações.



- Intensificação das ações de saúde, com ênfase para a promoção da saúde, a assistência médica primária e para a proteção de estratos populacionais mais vulneráveis, como os grupo materno-infantil, idosos e de deficientes físicos.
- Intensificação de projetos de promoção do planejamento familiar, da paternidade responsável e de reforço da estrutura familiar, com o objetivo de reduzir os problemas relacionados com menores carentes e abandonados.

### **Implementação dos Recursos Hídricos**

Dentre os projetos relacionados no PREVSAN, o de maior importância é o de Implementação dos Recursos Hídricos, que diz respeito á captação, armazenamento, adução e aproveitamento nacional de águas de origem telúrica, de superfície e de subsuperfície. Relaciona-se, também, com projetos de dessalinização de águas, com altas diluições de sais minerais. Essas águas salinizadas são encontradas com relativa freqüência em poços perfurados em áreas de aforamento do cristalino.

Os Projetos de Implementação dos Recursos Hídricos têm os seguintes objetivos:

- aproveitar plenamente os recursos hídricos já armazenados, especialmente através de macroaçudagem, por intermédio de projetos de irrigação que utilizem racionalmente o potencial já disponível;
- concluir pequenas obras hídricas de captação e recuperar aquelas que se deterioraram por falta de manutenção;
- incrementar a implementação de grandes perímetros irrigados, de acordo com uma ótica empresarial que tenha por principais objetivos aumentar a produtividade, a produção e a comercialização de excedentes agrícolas, promover o agrobussines? e garantir a autogestão desses perímetros, no mais curto prazo possível;
- desenvolver e incrementar projetos de obras pontuais de captação, reservação e aproveitamento de água, para fins de abastecimento e para a pequena irrigação, com a finalidade de viabilizar a chamada agricultura de sequeiro, em aproximadamente 80% da área do semi-árido;
- viabilizar a oferta permanente e suficiente de água potável, para uso humano e animal, em todas as cidades e localidades situadas no Semi-Árido Nordeste, independentemente das variações das precipitações pluviométricas;
- promover o aproveitamento sistemático de águas de subsuperfície, inclusive por intermédio de poços muito profundos, especialmente em áreas sedimentares de grande potencial aquífero, que se estendem por aproximadamente 890.000 km<sup>2</sup> da região semi-árida. O potencial aquífero de subsuperfície é bem menos importante em áreas de aforamento do cristalino desgastado que se estendem por aproximadamente 710.000 km.
- promover a perenização de rios intermitentes e implementar projetos de regularização espacial dos deflúvios das bacias.
- promover a interligação de bacias com transposição de deflúvios excedentes, objetivando incrementar as obras de perenização e de implementação de projetos integrados de irrigação;
- promover projetos de dessalinização de águas, com níveis compatíveis de economicidade e produtividade, com o objetivo de aproveitar grandes quantidades de águas salinizadas que são captadas em aproximadamente 30% das perfurações desenvolvidas na área do cristalino.

As obras de macroaçudagem no Nordeste iniciaram-se no termino do Segundo Império. Embora concluída após a Proclamação da República, a bela barragem do açude de Cedro, totalmente construída em pedra de cantaria, é um magnífico exemplo das obras daquela época.

As obras de macroaçudagem objetivavam represar grandes coleções de água, com imensos espelhos d'água, as quais atuavam como pólos de desenvolvimento agropecuário. A grande desvantagem dessas obras é que os grandes espelhos de água aumentam a superfície de insolação e, conseqüentemente, de evaporação da água reservada.

As obras de perenização de rios intermitentes tem outra filosofia. Ao contrário das obras de macroaçudagem, não criam grandes espelhos de água sujeitos á evaporação, mas grandes estirões ou trechos de rio, onde as águas circulam com regularidade.

## **1 - Perenização de Rios Intermitentes**

Também chamados de Projetos de Regularização Espacial dos Deflúvios das Bacias - PRED, caracterizam-se por um conjunto articulado de obras, com as seguintes finalidades gerais:

- Incrementar os mecanismos de Infiltração, objetivando uma melhor alimentação do lençol freático;
- otimizar os escoamentos subterrâneos aumentadores das bacias fluviais;
- reduzir os escoamentos subalveolares
- controlar a velocidade dos escoamentos de calha, ao longo dos diferentes esões do eixo fluvial

A estratégia dos PRED consiste em:

- reduzir a prioridade relacionada com a construção de barragens de grande porte que, além de exigirem maior volume de recursos financeiros, são construídas com a finalidade de desenvolver projetos de irrigação com as águas armazenadas, gerando pólos de desenvolvimento agropecuário;
- maximizar a prioridade relacionada com a construção de conjuntos escalonados e integrados de pequenas obras de engenharia, desenvolvidas linearmente ao longo dos eixos fluviais, com a finalidade de regularizar o regime dos rios e incrementar a distribuição espacial de projetos simplificados de irrigação.

A implementação desses projetos, além de caracterizar uma nova visão de planejamento integrado, emite:

- reduzir as necessidades de desapropriação, que contribuem para aumentar os custos de construção de grandes açudes;
- diminuir sensivelmente os custos de construção;
- reduzir as migrações internas para os pólos valorizados pelas obras de macroaçudagem, em prejuízo das áreas de jusante, e a geração de bolsões de pobreza, em função de expectativas não satisfeitas;
- otimizar os mecanismos de drenagem natural e, conseqüentemente, reduzir os riscos de salinização do solo;
- a implantação de projetos modulados, que podem ser desenvolvidos, sem grandes prejuízos, em função da disponibilidade de recursos;
- o controle de escoamento ao longo da calha, com o mínimo desperdício, e o ajustamento das vazões, em função das necessidades de água dos diferentes estirões;
- um controle mais efetivo das inundações;
- uma grande redução das perdas hídricas por evaporação.

As principais obras estruturais serem desenvolvidas no PRED são:

## **Linhas de Barramentos Múltiplos**

Construção de linhas de pequenas barragens sucessivas, ao longo dos trajetos dos rios, com o objetivo de reduzir a velocidade do fluxo, regularizar os estirões de água e, ao reduzir a superfície dos espelhos de água, diminuir as perdas por evaporação.

## **Soleiras subsuperficiais ou Passagens Molhadas**

Construção de estruturas baixas, ao longo do trajeto do rio, em sentido transversal ao curso de água, com o objetivo de reduzir o escoamento dos rios nas épocas de vazante. As soleiras subsuperficiais, ou passagens molhadas, só permitem o escoamento das águas quando o volume-represado ultrapassa a altura da crista das mesmas.

## **Barragens de Soleiras Subterrâneas**

Escavação de trincheiras, em terrenos aluvionais pouco profundos, as quais são aprofundadas até o horizonte de rocha-matriz impermeável.

Essas trincheiras construídas em sentido perpendicular ao eixo maior dos vales podem projetar-se, inclusive, sob o leito de pequenos rios. A seguir, essas trincheiras são preenchidas com material impermeável.

Barragens subterrâneas têm por finalidade:

- aumentar a capacidade de retenção do manto poroso;
- reduzir o escoamento subalveolar (por baixo do leito dos rios);
- aumentar o nível do lençol freático saturado, em todo o vale situado á montante da barragem.

## **Obras de Dragagem e de Desenrocamento**

Essas obras têm por objetivo controlar o assoreamento dos rios, regularizar os estirões, reduzir os regimes turbilhonares, responsáveis pela intensificação do desbarrancamento e de outras alterações no leito e nas margens dos rios.

## **Obras de Proteção e de Regularização das Margens**

O reflorestamento e a recomposição das matas ciliares são, sem nenhuma dúvida, as mais importantes obras de proteção das margens dos rios e de redução da erosão e do assoreamento.

Outras obras como diques, guias e barragens subterrâneas desenvolvidas em sentido longitudinal, com barbacãs a intervalos regulares, podem ser construídas em sentido paralelo ao eixo dos rios, com a finalidade de aumentar o manto poroso nas laterais dos cursos de água.

No PREVISAN, os projetos de perenização de rios intermitentes devem ser desenvolvidos em estreita articulação com:

- as obras de macroaçudagem já implantadas e a implantar;
- os projetos de adução e de abastecimento das cidades e localidades do semi-árido, com água potável;
- as obras pontuais de captação e de reservação de água;
- os grandes projetos de interligação de bacias com transposições dos deflúvios excedentes.

É importante enfatizar que as atividades de irrigação, nos rios perenizados, iniciam-se pela elevação da água, a partir dos fundos dos vales desses rios. Por esse motivo, para que esses projetos tornem-se econômicos, devem ser complementados com projetos de eletrificação rural.

## **2- Obras Pontuais de Captação e de Reservação de Água**

É importante recordar que a região semi-árida do Nordeste Brasileiro é a mais densamente povoada do mundo. Apesar do esforço secular, objetivando o pleno aproveitamento hídrico, ainda existem aproximadamente 500.000 propriedades que não são beneficiadas por obras de captação de água e cuja produção é totalmente dependente do regime de precipitações pluviométricas.

Ao contrário dos demais projetos, os projetos de obras pontuais não têm por objetivo priorizar pólos ou eixos de irrigação, mas reduzir as vulnerabilidades dessas 500000 propriedades que estão dispersadas em aproximadamente 80% da área semi-árida. Por esse motivo, esses projetos são necessariamente e descentralizados.

As obras pontuais de captação e de reservação de água mais adaptadas à região semi-árida são:

- pequenos açudes, especialmente nas áreas de aforamento do cristalino desgastado;
- poços tubulares e outros, especialmente nas áreas sedimentares, com maior potencial aquífero;
- poços amazonas, construídos nos aluviões fluviais;
- barragens subterrâneas, especialmente em áreas de terrenos aluvionais pouco profundos, com o objetivo de elevar o nível dos lençóis freáticos à montante dos mesmos. A água armazenada pode ser aproveitada “in situ”, através de projetos de fruticultura ou de silvicultura com árvores cujas raízes atinjam as camadas mais profundas;
- barreiros, tanques, cacimbas e passagens cobertas;
- bacias de captação de água <sup>(1)</sup> construídas ao longo de estradas vicinais, com a finalidade de evitar que os leitos das mesmas sejam danificados por enxurradas e de aproveitar as águas pluviais, para alimentar o lençol freático. No Nordeste, a técnica foi aperfeiçoada, as bacias foram alongadas, sob a forma de canais cobertos com troncos e terra, reduzindo as perdas líquidas por evaporação;
- cisternas in pluvio, que vêm sendo construídas desde os tempos pré-históricos, e, no Nordeste, sua construção é indicada especialmente naquelas áreas carentes de águas superficiais e onde as águas de subsuperfície são salinizadas.

### **3 – Queda Intensa da Umidade Relativa do Ar**

CODAR: **NE.SQU/CODAR: 12.403**

#### **Caracterização**

Umidade relativa do ar é a relação, expressa em porcentagem, entre a quantidade de vapor d'água existente no ar e a quantidade máxima que o ar pode conter, sob as mesmas condições de temperatura e pressão. Valores abaixo de 40% favorecem a ocorrência de incêndios.

#### **Ocorrência**

O fenômeno adverso é relativamente freqüente em áreas de planalto continental, distantes das influências suavizadoras do clima marítimo. No Brasil, a queda intensa dos índices de umidade atmosférica ocorre, principalmente, no Semi-Árido nordestino e na área de planalto da região Centro-Oeste.

As duas maiores cidades da região Centro-Oeste - Goiânia e Brasília - são particularmente vulneráveis -ao fenômeno, que tende a se intensificar todos os anos, entre meados de junho e meados de setembro.

#### **Principais Efeitos Adversos**

Uma queda de índices de umidade relativa do ar, quando em torno de:

- 30%, causa sensação de desconforto físico;
- 15%, além de desconforto físico, causa aumento dos índices de morbidade por desidratação e por afecções respiratórias.

Em princípio, os trabalhos ao ar livre, nos horários de maior calor e insolação, devem ser suspensos, quando os níveis de umidade aproximam-se de 15%.

A queda dos índices de umidade relativa do ar, no Planalto Central brasileiro, coincide com o período de redução das precipitações pluviométricas e com a intensificação do fenômeno de inversão térmica, nas camadas superiores da atmosfera. A soma dos três fenômenos adversos contribui para:

- reduzir as reservas hídricas de superfície e subsuperfície;
- incrementar o consumo de água tratada;
- intensificar o ressecamento das pastagens e da vegetação geral;
- incrementar os incêndios florestais;
- intensificar a poluição atmosférica e reduzir a visibilidade;
- intensificar os índices de morbidade por desidratação e por afecções respiratórias.

#### **Medidas Preventivas**

- Planejamento Integrado de Cidades Vulneráveis à Redução da Umidade e aos Períodos de Estiagem, como Brasília e Goiânia

#### **Condicionantes**

Por estar num nó orográfico, a região de Brasília atua como dispersora de água para as bacias dos rios Tocantins, São Francisco e Paraná.

Sabe-se que as reservas hídricas de superfície e de subsuperfície aumentam no sentido de jusante e se reduzem no sentido de montante. Dessa forma, conclui-se que as reservas hídricas de Brasília são escassas e tendem a reduzir-se, ainda mais, nos períodos de estio.

### **Diretrizes Relativas às Reservas Hídricas**

O Plano Diretor de Brasília deve considerar a água como um bem crítico, em função das condições climáticas, geomorfológicas e geológicas, definindo as seguintes diretrizes gerais, relativas às reservas hídricas:

- os potenciais local e regional das reservas hídricas de superfície e subsuperfície devem ser considerados como os principais fatores de limitação do crescimento demográfico e do desenvolvimento econômico sustentado, industrial e/ou agropecuário;
- as reservas hídricas locais e regionais deverão ser protegidas e o lençol freático, incrementado, através de projetos prioritários de manejo integrado das microbacias;
- o armazenamento de recursos hídricos deve ser implementado e o potencial -hídrico, armazenado, utilizado racionalmente;
- as fontes de água, os rios e os lagos formados pelo represamento devem ser muito bem protegidos de contaminações por rejeitos de mineração, efluentes industriais, agrotóxicos, resíduos animais e da atividade humana (lixo, dejetos e águas servidas).

### **Diretrizes Relativas à Cobertura Vegetal**

Incrementar a cobertura vegetal das áreas urbanas, periurbanas e rurais, através do plantio adensado de espécies arbóreas perenes, especialmente de arbustos e árvores perenifólias, dotados de grandes raízes pivotantes, capazes de atingir o lençol freático, mesmo em períodos de estiagem.

Implementar áreas verdes e o plantio adensado de vegetação arbustiva e arbórea, contribuindo para reduzir a refletância das radiações selares ou do grau de albedo e para amenizar o microclima local.

Florestar ou reflorestar os divisores de água, as encostas íngremes, as nascentes e as matas ciliares, contribuindo para amenizar o microclima local, intensificar a alimentação do lençol freático e reduzir os fenômenos erosivos.

### **Diretrizes Relativas à Urbanização, à Edificação e ao Apoio Comunitário**

No período de redução dos níveis de umidade e de intensificação de estiagens (meados de junho a meados de setembro), o Sol nasce a leste-Nordeste e se põe a Oeste-Sudeste, donde se conclui que as fachadas devem se orientar, preferencialmente, no sentido Sul –Sudeste/Norte-Nordeste.

As comunidades locais devem ser incentivadas a criarem ambientes de recreação densamente arborizados e dotados de piscinas comunitárias.

As casas devem ser construídas com:

- pé-direito alto, para aumentar a ventilação e a cubagem de ar;
- portas e janelas localizadas de modo a facilitar a ventilação cruzada;
- abertura entre as águas dos telhados, com aproximadamente 1,20 m, protegida por lanternim com mais de 0,15 m de altura, para facilitar a circulação do ar aquecido e a perda de calor ambiental;
- telhados construídos com telhas de argila e pintados com cores claras, para aumentar

a reflexão das radiações solares;

- terraços nas fachadas voltadas para o nascente e o poente, com a finalidade de reduzir a insolação direta das paredes laterais e refrescar as habitações;
- pátios internos ou jardins de inverno densamente vegetados e, sempre que possível, com pequeno espelho d'água dotado de esguicho, buscando desenvolver um microclima ameno, em comunicação com os ambientes mais nobres da residência. As residências árabes são construídas com pátios internos, há muitas centenas de anos.

Os edifícios devem ser planejados e construídos, buscando aproveitar, ao máximo, o efeito Venturi, para aumentar a circulação natural do ar. Para tanto, devem ser construídos amplos poços internos de ventilação, em comunicação com o exterior do edifício, através de um andar de pilotis interposto entre a área de serviços gerais, garagens e circulação horizontal e as áreas nobres da construção.

Os poços de ventilação são recobertos por telhados transparentes, dotados de filtros solares, facilitando a iluminação natural. Esses telhados devem possuir aberturas protegidas por lanternim, facilitando a eliminação do ar aquecido e a perda de calor ambiental.

Nessas condições, o ar que penetra no ambiente interno do edifício, através do andar de pilotis, ascende pelos amplos espaços de ventilação e é eliminado através das aberturas do telhado, estabelecendo uma circulação interna natural, provocada pelo efeito Venturi.

As áreas nobres das edificações devem ser construídas voltadas para os espaços verticais de ventilação, de forma a se beneficiarem do efeito chaminé.

A construção de altos edifícios, em forma de lâminas, com extensas fachadas de vidro, embora de inegável efeito estético, é pouco racional em regiões de clima tropical, com médias térmicas anuais elevadas.

### **Medidas Não-Estruturais**

- reduzir atividades físicas, ao ar livre, nos horários de maior calor e insolação;
- suspender as atividades físicas ao ar livre, quando os níveis de umidade atingirem 15%;
- ingerir líquidos (água, sucos) e alimentos leves (frutas, verduras);
- vestir roupas leves;
- colocar toalhas molhadas e bacias d'água no quarto, principalmente para crianças e idosos;
- evitar o uso excessivo de ar-condicionado.

## **4- Incêndios Florestais**

CODAR: **NE.SQU/ CODAR:12.404**

### **Caracterização**

A propagação do fogo, em áreas florestais e de savanas (cerrados e caatingas), normalmente ocorre com maior frequência e intensidade nos períodos de estiagem e está intrinsecamente relacionada com a redução da umidade ambiental.

Para que um incêndio se inicie e se propague, é necessária a conjunção dos seguintes elementos condicionantes:

#### **1 - Combustíveis**

Os combustíveis são compostos sólidos, líquidos e gasosos, que alimentam o processo de combustão e queimam em presença do oxigênio. Nas florestas e savanas, as principais cargas combustíveis são constituídas por material celulósico, rico em carbono, e resinas presentes em certas árvores que, além de ricas em cadeias de carbono, são facilmente volatilizáveis.

#### **2 - Comburente**

Constituído pelo oxigênio que, ao combinar-se quimicamente com os combustíveis, provoca uma reação de oxidação, com intensa liberação de energia calórica. Quanto mais ventilado e rico em oxigênio for o ambiente, mais ativa será a combustão e mais intensa a produção de calor e de chama.

#### **3 - Calor**

A liberação de grandes quantidades de energia calórica permite a prévia gaseificação dos combustíveis sólidos e líquidos e facilita a combinação dos mesmos com o oxigênio, bem como a alimentação da combustão.

#### **4 - Reação Exotérmica em Cadeia**

A alimentação da combustão é mantida a partir da conjunção de condições que permitam e facilitem o desenvolvimento da reação exotérmica em cadeia.

Os incêndios florestais são classificados quanto:

- ao estrato florestal, que contribuí predominantemente para a manutenção da combustão
- ao regime de combustão
- ao substrato combustível

##### **1 – Quanto ao Estrato Florestal**

Em função do estrato florestal, que contribui para a manutenção e progressão da combustão, os incêndios são classificados em:

- incêndios subterrâneos e/ou residuais - quando se mantêm através da queima de húmus, turfa, raízes e troncos mais grossos, os quais são a carga combustível remanescente dos incêndios florestais. Perduram por longo tempo, para queimar as camadas de húmus e turfa, que são compactadas e completamente isoladas da atmosfera, devido á falta de oxigênio. Por isso, o fogo desenvolve-se de forma lenta, sem chamas, mas persistentemente. Os incêndios subterrâneos causam a morte das



raízes, dos microorganismos e da fertilidade do solo;

- incêndios superficiais - quando se propagam principalmente através de gramíneas, vegetação arbustiva e folhas e galhos secos depositados sobre o solo. Desenvolvem-se na superfície do solo, queimando folhas, galhos secos e gramíneas. É o mais comum dos tipos de incêndio, podendo ocorrer em todas as formações florestais. É também a forma pela qual começam quase todos os tipos de incêndio, isto é, praticamente todos eles iniciam-se com fogo superficial.

- incêndios de copa - quando se propagam nos andares mais elevados das florestas, e caracterizam-se pela queima das copas das árvores. A folhagem é totalmente destruída e as árvores geralmente morrem, devido ao superaquecimento dos troncos. Esse tipo de incêndio propaga-se rapidamente, encontrando condições favoráveis, como tipos de folhagem das árvores, umidade relativa do ar, temperatura e, principalmente, o vento.

## **2 - Quanto ao Regime de Combustão**

Em função do regime de combustão, os incêndios florestais são classificados em

- incêndios turbilhonares - quando intensos, com grande produção de calor e grande velocidade de propagação. Caracterizam-se pela formação de fortes correntes convectivas, provocadas pela ascensão do ar aquecido e aspiração do ar periférico, rico em oxigênio, o que contribui para intensificar a combustão, com o crescimento das chamas, aumentando a liberação de energia calórica e intensificando o processo de gaseificação da carga combustível;

- incêndios esparsos - quando fagulhas transportadas pelo vento dão início a numerosos focos de incêndio.

## **3 - Quanto ao Substrato Combustível**

Em função do substrato combustível, os incêndios florestais são classificados em:

- incêndios de florestas homogêneas - quando ocorrem em florestas homogêneas, normalmente plantadas pelo homem, os quais podem causar graves prejuízos econômicos. Os incêndios de coníferas, em função da grande quantidade de resinas voláteis, produzidas por essas árvores, adquirem rapidamente as características de incêndios turbilhonares de copas. Os incêndios de florestas de eucaliptos, em função da carga celulósica, constituída por gramíneas, folhas secas e arbustos do sub-bosque, tendem a se propagar como incêndios de superfície;

- incêndios de florestas heterogêneas - quando ocorrem em matas heterogêneas, normalmente nativas, os incêndios são muito danosos, por reduzirem a biodiversidade e degradarem os biótipos responsáveis pela sustentação da fauna silvestre: Também provocam prejuízos econômicos, ao destruírem essências florestais que levaram muitos anos para se desenvolver;

- os incêndios podem, também, ocorrer em áreas pantanosas, ricas em musgos, detritos secos e turfa, em jazidas carboníferas e em turfeiras. Nesses casos, os incêndios se mantêm por muito tempo nas camadas profundas que, embora pouco aeradas, são ricas em material combustível.

Normalmente os incêndios florestais evoluem de acordo com os seguintes estágios:

- iniciam-se na vegetação rasteira, constituída pelas gramíneas, arbustos ressequidos e folhas mortas, que constituem a carga combustível mais acessível e em melhores condições de dar início à combustão;

- crescem de intensidade e propagam-se de forma mais rápida e violenta, nos andares mais elevados, especialmente quando existem árvores ricas em resinas, em função da maior disponibilidade de oxigênio (comburente) nesses andares;

- perduram por mais tempo com a redução das chamas e da produção de energia calórica, nas raízes subterrâneas e em troncos grossos semicarbonizados,

remanescentes do sinistro.

## **Causas**

Os incêndios podem iniciar-se de forma espontânea ou ser consequência de ações e/ou omissões humanas mas, mesmo nesse último caso, os fatores climatológicos e ambientais são decisivos para incrementá-los, facilitando sua propagação e dificultando seu controle.

Os incêndios florestais podem ser provocados por:

- causas naturais, como raios, reações fermentativas exotérmicas, concentração de raios solares por pedaços de quartzo ou cacos de vidro em forma de lente e outras causas;
- imprudência e descuido de caçadores, mateiros ou pescadores, através da propagação de pequenas fogueiras, feitas em seus acampamentos;
- fagulhas provenientes de locomotivas ou de outras máquinas automotoras, consumidoras de carvão ou lenha;
- perda de controle de queimadas, realizadas para limpeza de campos ou de sub-bosques;
- incendiários e/ou piromaníacos.

A propagação do fogo é influenciada:

- pela quantidade e qualidade do material combustível;
- pelas condições climáticas, como umidade relativa do ar, temperatura e regime dos ventos;
- pelo tipo de vegetação e maior ou menor umidade da carga combustível;
- pela topografia.

De uma maneira geral, queimam mais facilmente: as cascas de árvores mortas; as folhas secas; os ramos pequenos e secos; as gramíneas, os líquens e os pequenos arbustos ressecados. A combustão de galhos grossos, troncos caídos, húmus e de raízes é mais lenta.

## **Ocorrência**

Os incêndios das estações estivais ocorrem nas épocas em que a queda da umidade relativa do ar facilita a geração e propagação desses sinistros. Esses incêndios ocorrem em savanas e florestas naturais e artificiais de todos os continentes.

## **Principais Efeitos Adversos**

Os incêndios florestais causam danos materiais ao:

- destruírem as árvores em fase de crescimento ou em fase de utilização comercial, reduzindo a produção de madeira, celulose, essências florestais e outros insumos;
- reduzirem a fertilidade do solo, como consequência da destruição da matéria orgânica reciclável, obrigando a um maior consumo de fertilizantes;
- reduzirem a resistência das árvores ao ataque de pragas, obrigando a um maior consumo de praguicidas.

Os incêndios florestais causam danos ambientais:

- reduzindo a biodiversidade;
- alterando drasticamente os biótipos, reduzindo as possibilidades de desenvolvimento equilibrado da fauna silvestre;
- facilitando os processos erosivos;
- reduzindo a proteção dos olhos d'água e nascentes.

Os desastres florestais são causa de:

- perdas humanas e traumatismos provocados pelo fogo ou por confusões;
- desabrigados e desalmados;
- redução das oportunidades de trabalho relacionadas com o manejo florestal.

### **Monitorização, Alerta e Alarme**

A monitorização e as ações de alerta e alarme relacionadas com incêndios florestais dependem de medidas:

- institucionais de vigilância, que podem ser: fixa, através de torres de observação; ou móvel, através de patrulhamento terrestre ou aéreo. Os aviões ultraleves são bastante utilizado na vigilância;
- não-institucionais, relacionadas com informações de voluntários, radioamadores, pilotos comerciais e outros.

Modernamente, os focos de incêndio de grande porte podem ser detectados e fotografados por satélites artificiais.

### **Medidas de Prevenção**

#### **1 - Medidas de Longo Prazo**

De um modo geral, a prevenção de incêndios depende fundamentalmente de medidas preventivas de longo prazo, como:

- construção de aceiros, que devem ser mantidos limpos e sem materiais combustíveis;
- construção de faixas limpas e sem materiais combustíveis, nas divisórias e contornos dos talhões;
- plantação de cortinas de segurança com vegetação menos inflamável, no interior dos talhões;
- construção de barragens de água que atuem como obstáculos à propagação do fogo e como reserva de água para o combate de possíveis sinistros.

#### **2 - Medidas de Médio Prazo**

A prevenção depende, também, de medidas de médio prazo, como:

- a eliminação de material combustível, através da capina, e revolvimento do solo, objetivando a cobertura dos resíduos combustíveis com terra;
- combustão controlada de folhas secas e de arbustos ressequidos. Essa medida, embora economize mão-de-obra, não é recomendada, por motivos óbvios.

A construção de estradas vicinais, no interior das florestas, facilita a fiscalização, delimita os talhões e favorece o carregamento dos meios para controlar os incêndios.

#### **3 - Medidas de Combate ao Fogo**

Um incêndio florestal, do ponto de vista morfológico, é constituído por:

- uma cabeça ou frente de incêndio, que se define em função do sentido do vento;
- uma região posterior ou colo do incêndio, localizada em sentido oposto ao da cabeça;
- flancos ou laterais do incêndio.

O combate ao incêndio no terreno é desenvolvido por:

- meios diretos, objetivando o combate das chamas e o retardamento da propagação do sinistro, através de resfriamento da área com água, do abafamento das chamas com

terra ou abafadores manuais. Nos -incêndios turbilhonares, os meios diretos são pouco eficientes e envolvem grandes riscos, quando dirigidos contra a cabeça do incêndio;

- métodos indiretos, através da construção de aceiros e/ou através de incêndios controlados (fogo de encontro), objetivando reduzir a carga de material combustível na direção de avanço do incêndio;
- recursos aéreos, utilizando aviões e helicópteros, para despejarem água com mistura química, no foco do incêndio. Esses aviões exigem pilotos especialmente adestrados para voarem a baixa altura e tirarem proveito da direção dos ventos, para dirigirem a carga líquida aos pontos mais sensíveis do sinistro.

#### **4 - Medidas de Rescaldo ou Pós-Incêndio**

Após o controle do incêndio principal, iniciam-se as medidas de rescaldo, objetivando impedir a reativação do incêndio. Essas medidas compreendem:

- eliminação dos focos residuais;
- descoberta e combate imediato de focos de reativação;
- ampliação do aceiro;
- derrubada de árvores e arbustos semicarbonizados, os quais devem ser resfriados e recobertos com terra.

## **CAPÍTULO III - DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM A GEODINÂMICA TERRESTRE INTERNA**

CODAR: **NI/ CODAR: 13**

### TÍTULO I – DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM A SISMOLOGIA

- 1 - Terremotos, Sismos e/ou Abalos Sísmicos
- 2- Maremotos e Tsunâmis

### TÍTULO II- DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM A VULCANOLOGIA

- 1 - Erupções Vulcânicas

### TÍTULO III - DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM A GEOMORFOLOGIA, O INTEMPERISMO, A EROSÃO E A ACOMODAÇÃO DO SOLO

- 1 -Escorregamentos ou Deslizamentos
- 2 -Corridas de Massa
- 3- Rastejos
- 4-Quedas, Tombamentos e/ou Rolamentos de Matacões e/ou Rochas
- 5- Processos Erosivos - Erosão Laminar
- 6- Erosão Linear - Sulcos, Ravinas e Boçorocas.
- 7-Subsidência do Solo
- 8- Erosão Fluvial - Desbarrancamentos de Rios e Fenômenos de Terras Caídas
- 9- Erosão Marinha
- 10- Soterramento de Localidades Litorâneas por Dunas de Areia

# TÍTULO I – DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM A SISMOLOGIA

CODAR: **NI.S/ CODAR: 13.1**

## **Introdução**

Os desastres naturais relacionados com a movimentação do interior da Terra são classificados em:

- terremotos, sismos e abalos sísmicos;
- maremotos e tsunâmis;

O globo terrestre é constituído por três grandes camadas concêntricas:

- crosta, litosfera ou SIAL,
- manto, piroesfera ou SIMA,
- núcleo central ou NIFE.

### **1 - Crosta, Litosfera ou SIAL**

O conjunto de rochas que constitui a camada mais superficial da Terra é denominado de crosta, litosfera ou SIAL. Essa camada, muito pouco espessa, constitui os continentes, as ilhas e o fundo do mar, sua espessura varia entre:

- 25 a 50km nos continentes, podendo atingir maiores profundidades nas raízes das grandes-cadeias de montanhas;
- 5 a 11km nos fundos dos mares, podendo atingir menores profundidades em áreas de fraturas.

Como o raio médio da Terra, medido na linha do equador, é de 6.378 km, verifica-se que, comparativamente, a espessura da crosta é mínima.

Os elementos químicos mais abundantes na crosta são: oxigênio, silício, alumínio, os quais, somados, correspondem a 75% do peso da camada, daí a denominação de SIAL.

Os demais elementos, por ordem de importância, são ferro, cálcio, sódio, potássio, magnésio, titânio, fósforo, hidrogênio, manganês, flúor, cloro, enxofre, bário, carbono e outros. Como a composição da crosta não é homogênea, surgem depósitos minerais nos locais onde determinados elementos apresentam-se mais concentrados, caracterizando anomalias da crosta.

As rochas dominantes na crosta terrestre são os granitos. O alumínio, sob a forma de óxidos, ocorre, principalmente, nos depósitos sedimentares.

### **2- Manto, Piroesfera ou SIMA**

Ao contrário da crosta, o manto é bastante espesso, atingindo profundidades médias de 2.900 km. Além de espesso, é muito quente, e sua temperatura oscila entre 870°C, nas proximidades da crosta, e 2.200°C, nas proximidades do núcleo central.

Os principais elementos que constituem o manto são: oxigênio, silício e magnésio; daí a denominação SIMA e, em menor proporção, ferro, alumínio e outros elementos.

Em função das altas temperaturas, o manto apresenta uma consistência pastosa. A massa fluída, de constituição basáltica, distribui-se de forma homogênea e seus extravasamentos, através da crosta, denominam-se magma.

A maior densidade do SIMA permite que o SIAL flutue sobre o mesmo.

A diferença de temperatura entre as camadas profundas e as superficiais da pirofera provoca correntes convectivas, semelhantes às que se estabelecem em chaleiras com água fervente.

### **3 - Núcleo Central ou NIFE**

O núcleo central do globo terrestre é predominantemente constituído por ferro e níquel.

Segundo geofísicos, sua temperatura oscila entre 2.2000 C, nas proximidades do manto, e 5.5000 O, no centro da Terra. A espessura do NIFE é de aproximadamente 3.453 km.

As camadas externas são constituídas por metais derretidos, enquanto que a porção central tem consistência sólida, em função das elevadíssimas pressões, que compensam as muito altas temperaturas.

### **Deriva dos Continentes**

A teoria sobre a deriva dos continentes, do meteorologista alemão Alfred Wegener, foi publicada em 1912 e, somente a partir de 1960, começou a ser matematicamente comprovada através de medidas geodésicas e análises cada vez mais precisas, relacionadas com a movimentação dos continentes e com a evolução da crosta terrestre.

Embora a Terra venha evoluindo há mais de 4,5 bilhões de anos, a atual conformação dos continentes e seus posicionamento relativos têm apenas 60 milhões de anos. Caso o Gênesis fosse reescrito em tempos modernos, a expressão Deus criou o Universo seria substituída por Deus está criando o Universo, já que o processo é contínuo.

Há 400 milhões de anos, durante o Período Devoniano, as terras emersas do globo estavam reunidas em um único bloco continental, denominado Pangea.

Há 250 milhões de anos, durante o Período Permiano, uma linha de fratura, em sentido leste-oeste, provocou a formação de dois imensos continentes:

- Laurácea, ao norte;
- Gondwana, ao sul.

Entre 140 e 75 milhões de anos atrás, no Período Cretáceo, ocorreu uma imensa crise tectônica, resultando na fragmentação:

- do continente Laurácea, dando origem à Eurásia, América do Norte e Groelândia;
- do continente de Gondwana, dando origem à Antártida, Austrália, África, América do Sul, Índia e Península Arábica.

É importante frisar que o processo de distanciamento dos continentes continua em evolução.

A América continua afastando-se da África, numa velocidade de 7 cm/ano. Dessa forma, se Cabral refizesse sua rota de descobrimento no ano 2000, teria que navegar mais 35 m para atingir as costas do Brasil.

Da mesma forma, o mar Vermelho continua em expansão, enquanto o Mediterrâneo estreita-se gradualmente.

### **Dinâmica das Placas Tectônicas**

A crosta terrestre não é contínua, mas fragmentada em grandes placas tectônicas que flutuam como imensas jangadas de SIAL sobre o SIMA ou magma.

O movimento lento e gradual dessas placas, seguindo rotas definidas, caracteriza a chamada deriva dos continentes, e é um dos mais importantes mecanismos do processo de reconstrução permanente da crosta terrestre.

Embora a teoria da tectonia de placas, da deriva continental e da expansão dos fundos dos oceanos ainda tenha alguns aspectos não totalmente esclarecidos, vem sendo aceita, em suas linhas gerais, pela grande maioria dos pesquisadores modernos.

Essa teoria foi formulada, inicialmente, para explicar coincidências nos estudos dos paleoclimas de diversos continentes. No entanto, a partir de 1959, vem sendo comprovada pela análise paleomagnética e pelo estudo dos sedimentos encontrados nos fundos dos oceanos, os quais remontam a menos de 200 milhões de anos e são tanto mais recentes, quando mais próximos das cordilheiras meso-oceânicas.

O efeito de compressão das placas tectônicas em suas áreas limites, causado pela movimentação lenta mas constante de grandes massas de SIAL, provoca profundas alterações no relevo do planeta.

Nas áreas de contato entre placas tectônicas oceânicas e plataformas continentais, essas últimas, por serem mais espessas, cavalgam as primeiras, provocando enrugamentos e dando origem a cadeias de montanhas, nas bordas continentais. Esse fenômeno explica a longa cadeia de origem terciária, que se estende próximo à costa do Pacífico, do Alaska ao Cabo Horn, passando pelo istmo que forma a América Central.

O mergulho da placa Oceânica explica a formação de fossas abissais próximas do litoral, como a Chileno-Peruana.

Quando duas placas continentais desenvolvem mecanismos de compressão, resulta também enrugamento do relevo, como acontece:

- no Himalaia, em função da compressão provocada pela plataforma indiana contra o sul da Ásia;
- nos Alpes, em função da compressão provocada pela península itálica, contra o sul da Europa.

Das doze principais placas e subplacas tectônicas em que a crosta terrestre está subdividida:

- 2 (duas) correspondem a áreas de fundos de oceanos e são constituídas pela placa do Pacífico, que se inicia a oeste da costa norte-americana, e placa de Nasca, que se inicia a oeste da América do Sul;
- 3 (três) subplacas correspondem a áreas subcontinentais, como a Península Arábica, as Antilhas e as Filipinas;
- 7 (sete) correspondem a áreas com porções oceânicas e continentais, constituídas pelas placas da Antártica, Eurásia, Leste Asiática-Indonésica, Indo-Australiana, Africana, Norte-Americana e Sul-Americana.

### **Cordilheiras Dorsais Oceânicas**

As placas são limitadas por linhas de fraturas, nas quais o manto ou SIMA aproxima-se da crosta terrestre, facilitando o fluxo de magma, em função da ação das correntes convectivas e, conseqüentemente, da adição de novos materiais à camada superficial.



Nas linhas de fratura meso-oceânicas, o movimento ascendente do magma é compensado por movimentos descendentes, que provocam o gradual aprofundamento das fossas abissais formadas nas proximidades.

O fluxo do magma, ao longo das fraturas meso-oceânicas, atua como uma cunha, expandindo a área do fundo do oceano e afastando as placas tectônicas continentais, em sentidos divergentes. A consolidação do magma forma as grandes cordilheiras dorsais oceânicas.

A Cordilheira Dorsal Atlântica surge ao longo das linhas de fraturas que separam quatro grandes placas continentais:

- de um lado, as placas Sul-Americana e Norte-Americana;
- do outro, as placas Africana e Eurasiana Ocidental.

Essa imensa cordilheira, em forma de 5, estende-se longitudinalmente através do eixo central do Atlântico e tem aproximadamente 16.000 km de extensão e entre 500 e 2.000 km de largura, apresentando importantes contrafortes. Seus picos atingem alturas médias que oscilam entre 3.000 e 3.800 metros. Algumas vezes, os picos do maciço principal e de seus contrafortes emergem, formando ilhas oceânicas como a Islândia, Santa Helena, Assunção, Trindade, rochedos de São Pedro e de São Paulo e Fernando de Noronha. Outras vezes os picos projetam-se a cotas de 50 metros abaixo do nível do mar.

O crescimento da Cordilheira Meso-Atlântica e de seus contrafortes, que atualmente ocupam um terço do leito do Oceano Atlântico, através do efeito de cunha, continua atuando sobre a deriva dos quatro continentes.

### **Placa Tectônica Norte-Americana e Subplaca do Caribe**

Esta placa tem uma área de aproximadamente 70 milhões de quilômetros quadrado e compreende:

- toda a América do Norte e Central, inclusive a Groelândia;
- porção mais oriental da Sibéria, inclusive a península de Kauchatka;
- parte do piso do Atlântico Norte, a oeste da Cordilheira Dorsal meso-atlântica;
- parte do piso do Oceano Ártico, situado ao norte do Canadá, da Groelândia, do Alasca e da Sibéria Oriental.

A Subplaca do Caribe, com aproximadamente 2 milhões de quilômetros quadrados de área, encaixa-se entre as placas Norte-Americana e Sul-Americana e apresenta uma atividade vulcânica relativamente importante.

Em função do crescimento da Dorsal Meso-Atlântica, esta placa desloca-se para noroeste.

Na costa oeste da América do Norte, esta placa continental entra em contato com a placa do Pacífico. A colisão dessas duas placas na região da Califórnia, onde está localizada a falha de San Andreas, é responsável pela ocorrência de terremotos violentos com relativa frequência.

Na realidade, não ocorre choque, mas as placas deslizam uma sobre a outra, as tensões geradas tendem a intensificar a falha de San Andreas e a Califórnia tende a deslocar –se para noroeste, separando-se do Continente Norte-Americano.

## **Placa Tectônica Sul-Americana**

Esta placa tem uma área de aproximadamente 32 milhões de quilômetros quadrados e compreende:

- toda a América do Sul;
- parte do piso do Atlântico Sul, situado a oeste da Cordilheira Dorsal meso-atlântica.

Em função do crescimento da Dorsal meso-atlântica, esta placa tectônica vem se deslocando para oeste, há aproximadamente 200 milhões de anos.

Na costa oeste da América do Sul (litoral Pacífico), esta placa entra em contato com a placa de Nazca. Como a placa de Nazca desloca-se em direção leste, em função do crescimento de cordilheiras dorsais do Pacífico, vem sendo cavalgada, há aproximadamente 180 milhões de anos, pela placa Sul-Americana.

A tensão nesta área é responsável pelo surgimento da Cordilheira dos Andes, que vem se elevando a partir de então. O cavalgamento da placa de Nazca pela placa Sul-Americana é responsável, também, pelos terremotos e erupções vulcânicas que ocorrem freqüentemente na região Andina.

Como o Brasil está localizado na região central da placa Sul-Americana, os abalos sísmicos que aqui ocorrem são de baixas magnitudes.

## **Placa Tectônica da Eurásia**

Esta placa tem uma área de aproximadamente 60 milhões de quilômetros quadrados e compreende:

- toda a Europa e parte ocidental da Ásia;
- parte do piso do Atlântico Norte, a leste da Cordilheira Dorsal meso-atlântica;
- parte do piso do Oceano Ártico, ao norte da Europa e da Ásia;
- parte norte do piso do Mar Mediterrâneo.

Em função do crescimento da Dorsal meso-atlântica, esta placa vem se deslocando para sudeste, entrando em colisão com a placa da África e com as subplacas da Península Arábica.

As tensões surgidas nestas áreas de contato explica a maior atividade tectônica das regiões do sul da Europa e do Oriente Médio.

## **Placa Tectônica Africana e Subplacas da Península Arábica**

A placa Africana tem uma área aproximada de 70 milhões de quilômetros quadrados e compreende:

- toda a África, inclusive a Ilha de Madagascar.
- parte do piso do Atlântico Sul, a oeste da Dorsal meso-atlântica;
- parte do piso do Oceano Índico, próximo às costas africanas;
- parte sul do piso do Mar Mediterrâneo.

A subplaca da Península Arábica tem aproximadamente 4 milhões de quilômetros quadrados e compreende a Península Arábica, parte do Mar Vermelho, o Golfo Pérsico, o sul do Irã e o Afeganistão.

Em função do contínuo crescimento da Dorsal meso-atlântica, a placa Africana vem se separando há 200 milhões de anos da placa Sul-Americana e entrando em colisão com

a placa Eurasiana.

As áreas de tensão, resultantes do afastamento gradual da subplacas da Península Arábica, são responsáveis pela linha de falhas que se estendem próximo à costa oriental da África, se desenvolvendo desde os lagos Niassa, ao sul, até o Rif do Mar Morto, em Israel. Explica, também, a maior atividade tectônica da região do Delta do Nilo e de Israel.

### **Placa Tectônica Indo-Australiana**

Esta placa tem uma área de aproximadamente 45 milhões de quilômetros quadrados e compreende:

- o subcontinente Indiano;
- a Austrália, inclusive a ilha da Tasmânia, Nova Zelândia e Nova Guiné;
- grande porção do piso do Oceano Índico;
- parte oeste do piso do Pacífico Sul.

Esta placa move-se com relativa rapidez (20 milímetros por ano), em direção ao norte e ao oeste, afastando-se da placa Africana e entrando em colisão com a placa Leste Asiático- Indonésia, com a placa de Nazca e com a placa do Pacífico.

A área de tensão resultante do choque com a placa Leste Asiática -Indonésia vem provocando a elevação da cadeia de montanhas do Himalaia, há aproximadamente 75 milhões de anos. As áreas de tensão nos limites norte e oeste desta placa são responsáveis pelo tectonismo da Nova Zelândia e do Himalaia.

### **Placa Tectônica Leste Asiática-Indonésica**

Esta placa tectônica tem uma área de aproximadamente 45 milhões de quilômetros quadrados e compreende:

- parte oriental e meridional da Ásia, inclusive a Península da Malásia;
- as ilhas Sacalinas, do Japão, Taipê, Indonésia e Bornéu.
- a porção ocidental do piso do Oceano Pacífico, inclusive os dos Mares de Java, da China Meridional e da China Oriental, Amarelo, do Japão e de Okhotsk;
- a parte oriental do piso do Oceano Índico.

Esta placa tectônica movimenta-se para o nordeste e entra em colisão com a placa do Pacífico ao longo da costa do Japão e também com a subplacas das Filipinas.

Estas áreas de tensão são responsáveis pela instabilidade tectônica do Japão, que costuma ser mais intensa na costa leste daquele país.

### **Placa Tectônica da Antártica**

Esta placa tem uma área de aproximadamente 25 milhões de quilômetros quadradas e compreende:

- o subcontinente Antártico;
- porção sul dos pisos dos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico.

Esta placa tende a movimentar-se para o norte, na medida em que as placas limítrofes afastam-se nesta direção. Este movimento está provocando, a muito longo prazo, um achatamento do Pólo.

## **Placa tectônica de Nazca**

Esta placa, totalmente oceânica, tem uma área de aproximadamente 10 milhões de quilômetros quadrados e compreende o piso do Oceano Pacífico, que se desenvolve ao longo da costa oeste das Américas do Sul e Central.

Em seu movimento para leste, mergulha sob a placa Sul-Americana, provocando a elevação da Cordilheira Andina, que vem se desenvolvendo há aproximadamente 180 milhões de anos.

Como já foi explicitado, a tensão provocada pela colisão entre essas duas placas tectônicas é responsável pela intensificação do tectonismo e do vulcanismo na Região Andina.

## **Placa Tectônica do Pacífico**

Esta placa, totalmente oceânica, tem uma área de aproximadamente 70 milhões de quilômetros quadrados.

Essa imensa placa movimenta-se em direção oeste e, em consequência desta deriva, a placa do Pacífico entra em colisão com as placas das Filipinas e com as placas asiática-indonésica e Indo-Australiana, na medida em que tangencia as placas de Nazca e Norte-Americana, contribuindo para intensificar a falha de San Andreas, na Califórnia.

Uma característica importante desta placa são os numerosos pontos e que a crosta se adelgaça, permitindo que o magma flua através dela e forme inúmeras cadeias de montanhas submersas e o aforamento de ilhas vulcânicas, como os do arquipélago do Havaí.

## **Placa Tectônica das Filipinas**

Com aproximadamente 7 milhões de quilômetros quadrados, esta placa tectônica é a menor das placas ou a maior das subplacas tectônicas.

Situada entre as placas do Pacífico, Indo-Australiana e Leste asiática-indonésica, caracteriza-se por ser a mais agressiva de todas as placas tectônicas.

Com intensa atividade vulcânica, concentra-se nela e em suas proximidades imediatas aproximadamente 50% dos 600 vulcões ativos da Terra.

Nos últimos séculos, os vulcões mais intensos do planeta vem se manifestando nessa placa.

## **1- Terremotos, Sismos e/ou Abalos Sísmicos**

CODAR: **NI.SST/ CODAR: 13.101**

### **Caracterização**

Os terremotos ou abalos sísmicos de origem tectônica são vibrações do terreno que provocam oscilações verticais e horizontais na superfície da Terra, geralmente ocasionadas por rupturas e movimentação das rochas no interior da crosta terrestre.

A camada mais superficial da Terra não é contínua, mas formada por imensas placas tectônicas. Essas placas movimentam-se de forma lenta e contínua e o trabalho desenvolvido em suas superfícies de contato provoca tensões e deformações de grandes massas rochosas.

Quando a tensão acumulada e a deformação resultante ultrapassam os limites de elasticidade e resistência das camadas rochosas, ocorre uma ruptura brusca, que dá origem a uma falha geológica ou intensifica uma falha preexistente, ao mesmo tempo que provoca um terremoto.

Nessa condição, parte da energia acumulada é liberada bruscamente e propaga-se sob a forma de ondas elásticas e concêntricas, em todas as direções, provocando vibrações que são transmitidas à superfície da Terra, caracterizando o terremoto.

Denomina-se hipócentro o ponto ou região do interior da crosta terrestre, onde se as ondas de choque, que provocam o terremoto.

Epicentro é a projeção geométrica, isto é, em direção perpendicular, do foco do terremoto na superfície do terreno. É o ponto da superfície terrestre atingido pelas ondas com maior intensidade.

### **1 - Magnitude dos Terremotos**

A quantidade de energia cinética liberada por um abalo sísmico define a magnitude do terremoto e é medida em função da amplitude e da frequência das ondas de choque, sendo caracterizada através da escala de Ríchter, em função de uma progressão logarítmica.

A escala de Richter inicia-se em zero e, teoricamente, é ilimitada. Dos terremotos registrados até o momento, os de maior magnitude ocorreram na Colômbia, em 1906, e no Japão, em 1933, ambos com 8,9 graus na escala Ríchter.

Os abalos sísmicos propagam-se através de três tipos de ondas:

- ondas “P” ou primárias;
- ondas “S” ou secundárias;
- ondas “L” ou ondas longas ou, ainda, de superfície.

As ondas P são longitudinais e, por serem as mais rápidas, provocam as primeiras oscilações registradas nos sismogramas. As ondas S são transversais, menos rápidas e intensas, e provocam um segundo conjunto de oscilações registradas nos sismogramas. As ondas “L” também são transversais e, por serem ainda mais lentas, são as últimas a serem registradas pelos sismogramas; essas ondas propagam-se ao longo da superfície da Terra e são as que causam maiores danos.

As ondas são registradas por aparelhos denominados sismógrafos e o registro gráfico das oscilações é denominado sismograma.

Pelo intervalo de tempo decorrido entre o registro das ondas primárias e o das ondas secundárias, pode-se calcular a distância do epicentro.

A triangulação realizada por duas ou mais estações sísmicas permite definir a localização dos epicentros.

Os sismógrafos são fixados em espessas placas de concreto, para evitar a interferência de vibrações locais, como as provocadas pela passagem de veículos pesados, nos registros gráficos.

Normalmente, cada estação sismografia é constituída por dois sismógrafos de eixos horizontais e um sismógrafo de eixo vertical. As diferenças na intensidade dos registros gráficos, em função das variações das direções dos eixos horizontais, permitem definir a direção do epicentro.

Os sismogramas, além de permitirem a análise dos abalos sísmicos, facilitam o estudo das diversas camadas que se desenvolvem a partir da crosta até o centro da Terra.

Como já informado, a escala de Ríchter é logarítmica, representando valores definidos em função da base 10, através da seguinte fórmula proposta pelo autor:

- $1,5M = \log E/E_0$  na qual:
- 1,5 corresponde a um fator constante, proposto por Ríchter;
- M corresponde à magnitude da escala;
- E corresponde à energia liberada pelo abalo, em ergs;
- $E_0 = 2,5 \times 10^{11}$  ergs, correspondendo à energia liberada por um terremoto de magnitude 0.

Dessa forma, um terremoto que libere uma energia de  $2,5 \times 10^{11}$  ergs corresponde a:

$$1,5M = \log(2,5 \times 10^{20} / 2,5 \times 10^9) = \log 10^9 = 9,0 \text{ e } M = 9,0/1,5 = 6,0$$

Dessa forma, cada número inteiro da escala de Ríchter, quando comparado com o número inteiro imediatamente anterior, corresponde a:

- uma amplitude de onda 10 vezes maior;
- uma liberação de energia 60 vezes maior.

## TABELA DA ESCALA DE RICHTER - NOMENCLATURA - PREVALÊNCIA

### MAGNITUDE □ ENERGIA LIBERADA

(em	ergs)	NOMENCLATURA	PREVALÊNCIA
(estimada) □ □ 0,0 □ 2,5x10 <sup>11</sup>	□ 194.000/ano □ □ 1,0 □ 7,9x10 <sup>11</sup>	□ □ □ □ 2,0 □ 2,5x10 <sup>14</sup>	□ Muito
fracos □ 100.000/ano □ □ 3,0 □ 7,9x10 <sup>15</sup>	□ 49.000/ano □ □ 4,0 □ 2,5x10 <sup>17</sup>	□ Médios □ 6	
.200/ano □ □ 5,0 □ 7,9	X 10 <sup>18</sup>	□ Pouco fortes □ 800/ano □ □ 6,0 □ 2,5	X
1020 □ Fortes □ 108/ano □ □ 7,0 □ 7,9	X	1021 □ Muito fortes □ 12/ano □ □ 8,0 □ 2,5	X
1023 □ Extremamente fortes □ 2/século □ □	□ 8.9 □ 5,6x10 <sup>24</sup>	□ Excepcionalmente fortes □ 2/século □ □	

A seguir, apresenta-se a energia liberada, em ergs, nos seguintes eventos:

- tornados 4,0 X 10<sup>18</sup>
- bomba de Hiroshima: 7,9 X 10<sup>18</sup>
- avalanches de Hauascarán (Peru - janeiro/1962): 1,1 X 10<sup>19</sup>
- erupção de Mont Pelée (Martinica - abril/1902): 4,7 X 10<sup>21</sup>
- impacto de meteorito na Sibéria (Rússia - janeiro/1908): 1,9 X 10<sup>23</sup>
- erupção de Tambora (abril/1915): 8,4 X 10<sup>24</sup>

## 2 - Intensidade dos Terremotos

A gravidade de um desastre sísmico é medida em termos de intensidade, a qual caracteriza os danos humanos, materiais e ambientais provocados pelo terremoto.

A escala de intensidade mais utilizada é a de Mercalli modificada, que será apresentada no prosseguimento. Essa escala é dividida em 12 níveis de intensidade crescente.

Os sismos de maior intensidade que ocorrem no território brasileiro variam entre V e VII dessa escala.

A intensidade de um terremoto depende da interação dos seguintes fatores:

- magnitude do abalo sísmico;
- distância entre o epicentro e a área considerada;
- profundidade do hipocentro;
- características geológicas da área considerada;
- qualidade das construções.

De um modo geral, a intensidade de um terremoto é diretamente proporcional à magnitude do abalo sísmico e à amplitude e frequência das ondas de choque, liberadas no foco da fratura.

Quanto maior for o distanciamento do epicentro para a área considerada, menor será a intensidade do terremoto.

Os abalos sísmicos originados em hipocentro muito profundos são de intensidade reduzida, embora suas ondas de choque propaguem-se a grandes distâncias.

## ESCALA SISMOMÉTRICA DE MERCALLI - MODIFICADA (MM)

GRAU □ TIPIFICAÇÃO □ CARACTERIZAÇÃO □ □ I □ Quase imperceptível □ O abalo é detectado pelos sismógrafos. Pode ser percebido por poucas pessoas, e em circunstâncias favoráveis. □ □ II □ Muito Fraco □ O abalo é percebido por poucas pessoas, que encontrem em repouso, em andares superiores de edificações altas. Objetos suspensos podem oscilar suavemente. □ □ III □ Fraco □ O abalo é por pessoas em repouso no interior de edificações. Alguns pessoas não associam as vibrações com terremoto. Automóveis oscilam levemente. Ouve-se um ruído surdo e grave. Semelhante ao provocado pela passagem de um caminhão pesado. Pode-se estimar a duração do sismo. □ □ IV □ Mediocre □ O abalo é percebido dentro e fora das edificações. Pode acordar pessoas. As louças, portas e janelas trepidam. As paredes e os assoalhos rangem. As viaturas estacionadas oscilam fracamente. □ □ V □ Regular □ O abalo é percebido por quase todos, despertando as pessoas. Objetos instáveis podem cair. Quebram-se louças e outros objetos frágeis. Os pêndulos de relógios podem parar. Os sinos podem tocar suavemente. Portas e janelas podem abrir ou fechar. Árvores e postes oscilam de forma perceptível. O reboco das paredes pode rachar □ □ VI □ Forte □ O abalo é percebido por todos. Muitos se assustam e correm para as ruas. Móveis pesados podem deslizar. Podem ocorrer danos leves em construções, como queda de reboco e rachaduras em chaminés. □ □ VII □ Muito forte □ Todos se assustam e correm para ruas. Pessoas que estão dirigindo veículos percebem o abalo de forma nítida. Edificações mal construídas podem sofrer danos importantes. Construções sólidas podem apresentar danos ligeiros. Ocorrem quedas de telhas, sacadas platibandas e chaminés. □ □ VIII □ Ruinoso □ O medo é geral, próximo do pânico. Ocorrem danos consideráveis em construção pouco sólidas e ligeiros, em edificações bem construídas. Caem chaminés de fábricas. Móveis pesados podem tombar. A direção de veículos é perturbada. □ □



IX□Intenso□Pânico geral. Ocorrem rupturas de tubulações subterrâneas e danos importantes em edificações bem construídas. As estruturas podem deslocar-se da posição vertical e da seus alicerces. Ocorrem desabamentos parciais. Construções pouco sólidas podem ser totalmente destruídas.□□X□Muito intenso□Ocorrem rachaduras no solo e ondulações em estradas asfaltadas e áreas pavimentadas. Trilhos e balaústres metálicos podem ser retorcidos. Ocorrem deslizamentos de terra, rochas e matacões, em encostas e margens da rios. A água pode transbordar de represas. As estruturas de alvenaria são destruídas e algumas habitações de madeira, danificadas.□□XI□Extremamente intenso□Poucas estruturas de alvenaria resistem ao abalo. Pontes e viadutos são destruídos. Tubulações subterrâneas são totalmente danificadas. Ocorrem grandes rachaduras no solo e intensificam-se os deslizamentos. Trilhos e balaústres, muito retorcidos.□□XII□Cataclisma□Destruição total. Muitas perdas humanas. Todas as construções, mesmo as mais sólidas, são danificadas e/ou destruídas. Os alinhamentos do solo são alterados. Muitos objetos são lançados no espaço.□□

## **Causas**

Os terremotos de maior magnitude e intensidade são relacionados com o tectonismo. No entanto, podem ocorrer abalos sísmicos locais, de pequena magnitude, provocados por outras causas. Normalmente, esses abalos têm hipócentro pouco profundos e não se propagam a grandes distâncias.

Esses fenômenos podem ser provocados por:

erupções vulcânicas;  
deslizamentos de solo e/ou aludes de neve;  
acomodações locais das camadas do solo;  
rupturas de tetos de cavernas e outras causas de subsidência abrupta do solo;  
impacto de meteoritos;  
acomodações de camadas provocadas pela construção de barragens e represamento de água (sismos induzidos);  
explosões subterrâneas provocadas pelo homem, inclusive para a detecção de jazidas de petróleo.

## **Ocorrência**

Os sismógrafos registram uma média anual de 350.000 abalos sísmicos, caracterizando uma freqüência de 1,34 abalo sísmico por minuto. Desses, aproximadamente 7.200 são suficientemente intensos para serem percebidos pelo homem.

Os grandes terremotos de origem tectônica normalmente ocorrem a uma profundidade variável entre 8 e 20 km e em áreas submetidas a grandes tensões, provocadas pela movimentação das placas.

- em áreas de contato e compressão entre placas tectônicas em movimento;
- em áreas de fratura, separação ou fragmentação de placas tectônicas;
- ao longo das dorsais oceânicas.

A compressão de uma placa contra outra desenvolve mecanismos de tensão nos blocos rochosos que se deformam. Quando os limites de elasticidade são ultrapassados, os blocos fraturam-se e a energia acumulada libera-se, em fração de segundo, e se propaga para e pela superfície da Terra, sob a forma de ondas de choque.

Ao longo da falha de San Andreas, área onde ocorrem importantes fraturas na plataforma NorteAmericana, a energia liberada, todas as vezes em que o limiar de

elasticidade é ultrapassado, provoca sismos de grande magnitude na região da Califórnia, fazendo com que as populosas cidades de San Francisco e Los Angeles sejam áreas de risco de terremotos.

Mecanismo idêntico, relacionado com as importantes falhas na área oriental da plataforma Africana, que se prolongam com fraturas na península Arábica, explica os terremotos que castigam as cidades do delta do Nilo, da península do Sinal e de Israel.

Ao longo do litoral oeste da América do Sul, as tensões e deformações geradas pelo contato da plataforma Sul-Americana com a placa de Nazca são responsáveis pelos freqüentes terremotos registrados em toda a região andina.

Os terremotos extremamente profundos, com hipocentro a 500 km de profundidade (batissismos), que ocorrem no Acre, são causados pelo mergulho oblíquo da placa de Nazca.

Esses terremotos costumam distribuir-se da seguinte forma:

- 42% dos epicentros relacionam-se com o chamado Cinturão de Fogo, que se desenvolve ao longo da orla do oceano Pacífico;
- 25% dos epicentros localizam-se em áreas montanhosas de formação recente (período Terciário), como os Alpes, Apeninos, Atlas e Himalaia;
- 23% dos epicentros ocorrem em regiões de grandes falhas em bloco, como os Balcãs, a costa da Califórnia, a Ásia Menor e a África Oriental.

As regiões instáveis descrevem duas estreitas faixas ao redor do planeta:

- uma das faixas desenvolve-se no hemisfério norte, começando na embocadura do rio Tejo, onde, em 1755, ocorreu o terrível terremoto de Lisboa; prolonga-se ao longo da bacia do Mediterrâneo, até atingir a Anatólia e a Armênia; daí, bifurca-se em dois ramos:

o ramo norte prossegue pelo Cáucaso, Turquestão russo, Turquestão chinês, atingido o lago Baikal;

o ramo sul prossegue nas mediações do equador, pelas bordas exteriores do planalto do rã, atinge o Himalaia e depois as ilhas de Java, Malucas e Nova Guiné, prosseguindo por arquipélagos esparsos no oceano Pacífico, como os de Salomão, Fidji, Samoa e Sandwich, atingindo a Venezuela e, através das Antilhas e dos arquipélagos de Cabo Verde a Açores, atinge novamente a embocadura do Tejo, em Portugal;

- a outra faixa sísmica contorna o oceano Pacífico, iniciando-se no Chile, prosseguindo pelo litoral oeste da América do Sul, Central e do Norte, até atingir o Alaska; daí desce pelas Aleutas e pela península de Kamchatka e, pela orla das costas asiáticas, desce através do Japão, até a Nova Zelândia e montanhas australianas de leste.

As duas faixas descritas cruzam-se nas Molucas e na América Central.

Além dessas faixas, ocorrem abalos sísmicos na região caracterizada pela fratura longitudinal da África oriental, a qual, iniciando-se no lago Zambeze, prolonga-se pela Etiópia, pelo delta do Nilo e pela península do Sinal, até atingir a região do mar Morto. Também ocorrem abalos sísmicos nos Pirineus e na Islândia.

O território brasileiro localiza-se no interior de uma placa tectônica, cujo limite oriental é definido pela cordilheira meso-atlântica e o limite ocidental é definido pela costa do Pacífico, da América do Sul.

A atividade sísmica é mais intensa nas bordas das placas e menor em seu interior. Por esse motivo, essa atividade no Brasil é sensivelmente menor que nos países andinos.

Os registros sísmicos demonstram, no entanto, que, apesar de o território brasileiro estar localizado numa região intraplaca, já foram registrados vários sismos de magnitude superior a 5,0 graus da escala Richter.

O sismo de maior magnitude registrado no País, com 6,6 graus nessa escala, ocorreu em 31.01.55, na serra do Roncador, Estado de Mato Grosso. Em março do mesmo ano, ocorreu outro sismo, com 6,3 graus, no oceano Atlântico, a 300km da costa do Espírito Santo.

Já foi registrada quase uma dezena de sismos com magnitudes variando entre 5,0 e 5,5 graus, em diferentes regiões do Brasil.

O Nordeste é uma das regiões mais ativas. Nessa região, os sismos ocorrem com maior frequência, nos Estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Pernambuco. Normalmente, os sismos dessa região são bastante superficiais e de intensidade inferior a 4,5 graus.

Os sismos brasileiros normalmente têm hipocentros superficializados, a exceção do Acre, onde os sismos provocados pelo mergulho oblíquo da placa de Nazca apresentam hipocentros extremamente profundos (cerca de 500 km).

Apesar de o nível da sismicidade brasileira ser pouco alarmante, os estudos sísmicos devem ser considerados, ao se planejarem determinados projetos de engenharia, como grandes barragens, centrais nucleares e outras obras de grande porte.

Nas áreas de maior incidência de sismos, mesmo que pouco intensos, o padrão de construção das edificações deve ser aperfeiçoado, para reduzir riscos de danos provocados às mesmas.

### **Principais Efeitos Adversos**

Na ocorrência de terremoto, tanto as construções como a infra-estrutura estão expostas a danos ou colapso, devido à movimentação do terreno, principalmente aquelas localizadas próximas ao epicentro, onde a intensidade do terremoto é maior.

Terrenos sedimentares, solos pouco consistentes e áreas de aterro são mais vulneráveis aos terremotos, já que as ondas de choque comportam-se como se entrassem através do fundo de uma garrafa, encontrando dificuldade para prosseguir através do estreitamento do gargalo.

As edificações mais vulneráveis aos terremotos são as construídas com:

paredes muito espessas e compactas:

materiais com reduzidos coeficientes de elasticidade e pouca capacidade plástica para absorver deformações;

alicerces pouco profundos;

telhados muito pesados;

projetos arquitetônicos com platibandas, sacadas, projeções em balanço e vãos superdimensionados.

Como efeitos indiretos, os incêndios são comuns e podem interromper o abastecimento

de gás e luz. O combate aos incêndios fica mais difícil por eventuais interrupções de vias de acesso e destruição de tubulação de água. Os danos em reservatórios ou represas podem ensejar inundações súbitas.

### **Monitorização, Alerta e Alarme**

Os estudos sismológicos permitem caracterizar as áreas de atividade sísmica intensificada.

Os estudos de séries históricas permitem apenas inferir que é possível que , a partir de um determinado período, aumente a probabilidade de ocorrer um terremoto de grande magnitude.

Normalmente, mas nem sempre, abalos sísmicos de grandes magnitudes são precedidos por séries de abalos de menor importância.

Fotografias aéreas e imagens de satélites podem caracterizar, com facilidade de fraturas.

Medidas geodésicas contínuas, especialmente as realizadas com telêmetros de laser, de cada lado das falhas, permitem caracterizar variações milimétricas, tanto em sentido vertical, como em sentido horizontal e longitudinal.

É possível que, com o aperfeiçoamento dos sensores gravimétricos e calóricos, se possa melhorar as sondagens das camadas mais superficiais da crosta terrestre.

Os moradores locais costumam utilizar, como prenúncio de abalos iminentes, as mudanças comportamentais de animais silvestres e domésticos.

Apesar do esforço desenvolvido, é comum a homem ser surpreendido pelos abalos sísmicos.

### **Medidas Preventivas**

#### **1 - Medidas de Longo Prazo**

Os estudos sismológicos e a preparação de mapas de riscos das áreas de atividade sísmica intensificada permitem o zoneamento e a caracterização de áreas aedificandi com restrições.

Áreas de terrenos inconsolidados e de aterros devem, em princípio, ser consideradas como áreas non aedificandi, a não ser que as estacas sejam aprofundadas, até encontrar rocha sólida.

A vulnerabilidade das edificações vem sendo reduzida através do desenvolvimento de normas de engenharia, relacionadas com a construção de edificações resistentes às ondas elásticas, horizontais e verticais. A utilização de estruturas constituídas por materiais plásticos e de elasticidade suficiente para absorver esforços sem grandes deformações está contribuindo para reduzir as vulnerabilidades.

Em áreas de risco sísmico, os arquitetos devem ser desencorajados a desenvolverem projetos arquitetônicos com platibandas, sacadas, projeções em balanço e vãos superdimensionados.

As melhores construções são as de madeira ou com estruturas de concreto armado ou de aço.

Em áreas de atividades sísmicas intensas, os maciços das barragens devem ser constituídos por aterros argilosos, assentados sobre solo consolidado. Os alicerces devem ser escavados e a cobertura de materiais não consolidados, totalmente retirada. Não há registro de ruptura de barragens feitas com aterros argilosos, corretamente implantados e compactados.

## **2- Medidas de Curto Prazo**

Os programas de desenvolvimento de recursos humanos, especializados no atendimento de áreas atingidas por terremotos, são de capital importância.

Os programas educacionais, adaptados à cultura das comunidades assistidas, informando sobre as características dos fenômenos e comportamento esperado em circunstâncias de desastre, contribuem para a redução das perdas humanas.

## **2 – Maremotos e Tsunâmis**

CODAR: **NI.SMT/ CODAR: 13.102**

### **Caracterização**

#### **1 - Maremotos**

Movimento produzido pela propagação de ondas sísmicas, através da massa oceânica.

Os abalos provocam bruscos desnivelamentos estruturais no assoalho marinho, gerando ondas de choque que se propagam através da água, produzindo vagas de elevadas amplitudes, que se deslocam pela superfície oceânica em grandes velocidades (até 500 milhas/hora), provocando, quando em alto mar, desnivelamentos modestos (de 70 a 60 cm). Ao atingirem as plataformas litorâneas, suas características se alteram, originando os tsunâmis.

#### **2 - Tsunâmis**

Ondas marinhas gigantes causadas por um movimento súbito de grande escala no fundo do mar, devido geralmente a terremotos ou erupções vulcânicas submarinas.

O termo tem origem japonesa e significa onda de podo. Os tsunâmis ocorrem quando os vagalhões produzidos pelos maremotos atingem as plataformas continentais e as áreas de mares-abrigados a pouco profundos, como baías, portos e ancoradouros. Com a redução da área de atuação, a energia cinética presente provoca ondas caracterizadas:

- pela redução da amplitude e da velocidade de progressão;
- pelo incremento da altura, que pode atingir de 30 a 60 m, e da intensidade do impacto.

Em alto mar, os maremotos são praticamente inócuos, enquanto os tsunâmis causam grandes danos às instalações e embarcações ancoradas próximas ao litoral.

Ao revolverem as vazas e sedimentos do fundo das baías, provocam graves poluições a.intensificam riscos de intoxicações alimentares provocadas pela ingestão de mariscos e outros frutos do mar in natura.

### **Ocorrência**

Os maremotos e tsunâmis ocorrem quando abalos sísmicos de magnitude expressiva desenvolvem-se sob a subsuperfície dos oceanos ou na borda continental próxima ao litoral.

### **Causas**

- Os maremotos e tsunâmis são provocados por:
- abalos sísmicos ocorridos no fundo do oceano;
  - terremotos ocorridos próximo às crias continentais, provocando deformações e ondas de choque, que se propagam pelos oceanos;
  - erupções vulcânicas, especialmente as submarinas, correntes nas cordilheiras

meso-oceânicas, deslizamentos e desmoronamentos submarinos.

### **Principais Efeitos Adversos**

Os maiores danos ocorrem nas regiões portuárias, praias habitadas e ancoradouros em geral. Os navios em alto mar não são vulneráveis ao fenômeno.

As ilhas baixas (atóis) e as costas rasas são particularmente vulneráveis ao fenômeno.

### **Monitorização, Alerta e Alarme**

Existe um sistema internacional integrado, que coleta, processa e difunde informações sobre alterações na dinâmica oceânica, causada por abalos sísmicos e erupções vulcânicas, as quais são condensadas em marigramas.

Os centros de integração, como o que funciona no Observatório Magnético e Sismológico de Honolulu, no Havaí, integram informações de mais de 60 postos periféricos de coleta de dados. Essas informações são rapidamente transmitidas para os serviços especializados dos países da área de risco.

Um importante prenúncio local de tsunâmis é o recuo anormal do mar, o qual é seguido, algum tempo depois, por um vagalhão de proporções devastadoras.

### **Medidas Preventivas**

Não existem medidas estruturais capazes de reduzir o impacto dos tsunâmis. A evacuação das populações das áreas de risco é a medida mais importante para reduzir os danos pessoais.

Recebido o alarme, as embarcações devem dirigir-se para o alto mar, fugindo da arrebentação.

### Introdução

Denomina-se vulcanismo ao conjunto de processos naturais, responsáveis pela efusão do material magmático do SIMA ou manto, para a superfície da Terra.

O vulcanismo é a manifestação, na superfície da Terra, de importantes e complexos fenômenos que se desenvolvem na intimidade da crosta terrestre e nas camadas mais superficializadas do manto.

O vulcanismo está estreitamente ligado aos grandes movimentos tectônicos e ocorre em áreas instáveis, onde as forças de deformação provocam fraturas e superficialização de câmaras magmáticas.

É perceptível que, com o passar dos períodos geológicos, o vulcanismo na Terra está cada vez menos intenso, Inicialmente, predominava o vulcanismo de áreas; a seguir, o linear ou de fissuras e, nos tempos atuais, predomina o vulcanismo pontual (centralizado) ou de crateras.

Na crise do Cretáceo, a concentração de linhas de fissuras caracterizou o vulcanismo de áreas, provocando:

- os extensos derrames basálticos da bacia do Paraná, que se estenderam por uma superfície de aproximadamente 1,2 milhões de quilômetros quadrados, submergindo o antigo deserto Siluriano, cujos testemunhos são os arenitos que afloram nas regiões de Botucatu e Alegrete, em sucessivas efusões de magma que, em alguns casos, atingiram pacotes de até 1.000 m de espessura.

Esses derrames são os responsáveis pelo solo vermelho (terra roxa), extremamente férteis, da região;

- os derrames basálticos do planalto do Decã, na Índia, com 600.000 km<sup>2</sup> de superfície.



## 1 – Erupções Vulcânicas

CODAR: **NI.VEV/ CODAR: 13.201**

### Caracterização

Ascensão e extravasamento do material magmático (lavas, bombas, cinzas e lúpili), constituindo-se num dos riscos geológicos de natureza endógena, especialmente quando a emissão de material se dá de forma violenta e com grande derramamento de lava.

#### **1 - Erupções Vulcânicas**

A erupção vulcânica caracteriza-se pela emissão de matérias sólidas, como lavas endurecidas e rochas do substrato; líquidas, como lavas em fusão, e gasosas, como os gases meteoríticos e rejuvenescidos.

As características das erupções vulcânicas são variáveis, tanto no espaço como no tempo, de forma que o fenómeno pode ser:

- rápido ou prolongado;
- violento ou pouco intenso;
- súbito ou de evolução gradual.

O carácter de uma erupção depende essencialmente das características físicas do magma, como temperatura e viscosidade, além de sua composição química, e das tensões internas provocadas pelo acúmulo dos gases, bem como do estado de obstrução ou de permeabilidade das chaminés.

As lavas básicas, por terem menos silício, são mais fluidas e, normalmente, provocam erupções efusivas. As ácidas, com fortes concentrações de silício, são menos fluidas, melhores condutoras de calor e tendem a provocar erupções explosivas.

Erupções com diferentes características podem ocorrer em um mesmo aparelho vulcânico e, até mesmo, no curso de um episódio eruptivo.

As **erupções lineares ou fissurais**, como as do vulcão Laki, na Islândia, são caracterizadas por enormes emissões de basalto incandescente, a partir de grandes fissuras abertas no solo, e estão relacionadas ao tectonismo da cadeia meso-atlântica.

As **erupções havaianas**, típicas dos vulcões Mauna-Loa e Kilauea, nas ilhas do Havaí, são caracterizadas pela formação de grandes lagos de lava fluida e incandescente, cuja temperatura medida na superfície é de 1.0500C.

As **erupções estrombolianas**, típicas do vulcão Strombolí, na Itália, caracterizam-se pela emissão de lavas ácidas, menos fluídas, são acompanhadas de numerosas explosões menores, as quais arremessam pedras, jorros de lavas e cinzas, que tornam a cair no interior da cratera. Essas erupções rítmicas iniciam-se com a emanação de vapores, seguida de pequenas explosões com projeção de fragmentos de lava semi-solidificada, que retornam ao interior da cratera. O episódio dura aproximadamente 10 minutos e após quinze minutos de calmaria, o ciclo se reinada.

**Erupções volcânicas**, características do monte Volcano, na Itália, cujas lavas são mais silicosas e viscosas, caracterizando-se pelas explosões mais fortes, as quais arremessam cinzas e fragmentos de lavas consolidadas, para fora da cratera.

**Erupções peleanas**, características do monte Pelée, na Martinica, são semelhantes às vulcânicas, porém, como as lavas são ainda mais viscosas e a temperatura mais baixa - 600 a-8000C – as obstruções da chaminé são mais intensas, de forma que a maior quantidade de gás sob pressão provoca explosões de grande intensidade, com emissão de perigosas nuvens ardentes, acompanhadas por uma agulha de lava, que é projetada acima da cratera.

**Erupções plineanas**, características da erupção que ocorreu no Vesúvio, em 79 a.C., descrita por Plínio, historiador romano, que se caracterizou pela abundantíssima projeção de cinzas e de nuvens ardentes, precedendo a emissão de lavas.

**Erupções ignibríticas**, caracterizam-se pela emissão de grande quantidade de vidro vulcânico.

**Erupções submarinas**, são muito mais freqüentes do que se imaginava, a princípio, e se caracterizam por ocorrerem nas cadeias dorsais oceânicas, provocando maremotos e tsunâmis. Essas erupções, algumas vezes, provocar~ o surgimento de ilhas oceânicas.

## **2 - Vulcões**

Nos vulcões ativos, distinguem-se quatro estágios característicos:

- fase de repouso;
- fase sulfatariana;
- fase de atividade eruptiva moderada e contínua;
- fase eruptiva intensa e abrupta.

As erupções violentas ocorrem a intervalos irregulares, e é bastante difícil caracterizar periodicidades. Da mesma forma, a amplitude e a duração das erupções variam extremamente, até mesmo num único aparelho vulcânico. O volume das lavas pode variar entre milhares e bilhões de metros cúbicos.

Algumas vezes, a emissão ocorre através de uma única cratera, mas também por fissuras abertas nos flancos do cone vulcânico. Excepcionalmente, a lava pode transbordar através dos lábios da cratera, de uma forma gradual. As lavas podem escorrer por dezenas de quilômetros ou escorrer algumas centenas de metros, antes de se consolidarem.

O aparelho vulcânico clássico é constituído por:

- uma abertura em forma de cone, denominada de cratera, através da qual é emitido o material magmático;
- uma chaminé, que comunica a cratera com os depósitos de magma subjacentes;
- uma câmara magmática, onde é coletado o magma incandescente, que, a intervalos irregulares, é emitido pelo vulcão.

Normalmente, a própria erupção vulcânica vai construindo o relevo do aparelho vulcânico.

A erupção inicial do vulcão Paricutin, em 1945, no México, foi muito bem estudada e permitiu a descrição de história natural de uma erupção inicial amplamente documentada. Essa erupção evoluiu de acordo com a seguinte seqüência de eventos:

- fortes abalos sísmicos;
- surgimento de uma fenda, com aproximadamente 0,5 m de largura, no interior de

- uma plantação de milho;
- efusão de gases e cinzas silicosas;
- após alguns dias, iniciou-se a efusão de lavas, que submergiu totalmente a localidade, deixando fora apenas a torre da igreja local.

Nas erupções explosivas, a expansão dos gases, no interior do edifício vulcânico, provoca grandes explosões que projetam:

- nuvens ardentes;
- cinzas silicosas;
- fragmentos consolidados de lavas, sob a forma de bombas e *lapilli*

Os *lapilli* são fragmentos de rochas de pequena granulométrica. As bombas são constituídas de tufos de material sólido ou semipastoso, com aspecto de fusos retorcidos.

As cinzas silicosas, projetadas a grandes alturas, podem ser transportadas a milhares de quilômetros pelas correntes aéreas. Erupções de vulcões nos Andes chilenos provocaram deposições da cinzas silicosas na Patagônia e no Rio Grande do Sul. Na Patagônia, os depósitos de cinzas foram de tal monta, que chegaram a dobrar o peso das ovelhas.

As nuvens ardentes, formadas por gases superaquecidos, misturados com cinzas silicosas e fragmentos de lavas incandescentes, expandem-se bruscamente, em contato com a atmosfera, e descem pelas encostas dos vulcões, carbonizando árvores, animais e, até mesmo, pessoas. Os gases sulfídricos podem matar por sufocação, como aconteceu em Pompéia, cidade romana que existiu nas mediações do Vesúvio, soterrada em 79 a.C.

## **Causas**

Os enrugamentos ocorridos no Terciário, que geraram as grandes cadeias atualmente existentes, provocaram a elevação de bolsões de magma em numerosos picos dessas cordilheiras.

Esses bolsões, em comunicação com o manto, sofrem a influência:

- de correntes convectivas ascendentes de magma;
- da pressão dos blocos montanhosos sobre o manto e favorecem a fluidificação do magma e sua elevação através das chaminés.

Quando o volume de magma, no interior do bolsão, ultrapassa os limites de coesão das rochas sobrejacentes, ocorrem soluções de continuidade, permitindo as erupções vulcânicas.

## **Ocorrência**

O vulcanismo, na atual era geológica, está concentrado em quatro grandes faixas, que se distribuem ao redor do globo terrestre. Essas faixas são conhecidas como:

- cinturão de fogo do Pacífico;
- cinturão de fogo no sentido dos paralelos.
- cinturão de fogo da Dorsal meso-atlântica;
- região vulcânica da África oriental e Oriente Médio.

### **1 - Cinturão de Fogo do Pacífico**

Esse cinturão compreende um grande conjunto de vulcões que circunda o Pacífico, iniciando-se no extremo sul dos Andes, continuando-se por essa imensa cadeia, ascendendo pela América Central e pelas Sierras mexicanas, pelas Rochosas, pela cadeia das Cascatas e pelo Alaska, descendo pelas Aleutas, em direção á península de Kamchatka e, daí, pelas Curilas e pelo Japão, até a Nova Zelândia.

## **2 - Cinturão de Fogo no Sentido dos Paralelos**

Essa faixa desenvolve-se através das regiões mediterrâneas e transasiáticas, englobando os vulcões tirrenos, como o Vesúvio e o Etna; os vulcões alpinos e os da cadeia do médio Atlas, atingindo a Ásia Menor (monte Ararat, na Turquia) e o Cáucaso (monte Elbrig) e, daí, bordejando o planalto do rã e pelas cadeias do Himalaia, alcançam o oceano Pacífico, através de vulcões na ilha de Sonda e no Havaí. Cruzam-se com o cinturão do Pacífico, na Venezuela, e, através das Antilhas, com o cinturão da Dorsal meso-atlântica.

## **3 - Cinturão de Fogo da Dorsal Meso-Atlântica**

Essa faixa desenvolve-se da Islândia, no Ártico, e, através da Irlanda e da Escócia, desce por numerosos vulcões emersos e imersos, passando por Açores e Ascensão. As ilhas de Fernando de Noronha, Trindade e Martim Vaz, os rochedos de São Pedro e São Paulo e o atol das Rocas são ilhas oceânicas brasileiras, desse complexo, desenvolvidas por vulcões, hoje extintos

## **4 - Região Vulcânica da África Oriental e Oriente Médio**

Nessa área de fratura em bloco, que se inicia no lago zambese e prolonga-se até a península Arábica, ocorrem numerosos vulcões, com especial destaque para o Kilimandjaro.

### **Principais Efeitos adversos**

Dependendo da intensidade da erupção e do grau de surpresa da mesma, os danos humanos e materiais podem ser muito intensos.

São particularmente perigosas as nuvens ardentes.

O aquecimento dos vulcões pode fundir nevados e provocar avalanches catastróficas, como a que ocorreu no Nevado Del Ruiz, na Colômbia.

### **Monitorização, Alerta e Alarme**

Os países que têm territórios em áreas de vulcanismo são obrigados a monitorizar os vulcões que apresentem maior grau de risco. Com a evolução da tecnologia, numerosos sensores permitiram estudos das atividades vulcânicas, com alto nível de precisão. Dentre os sensores utilizados, destacam-se:

- os térmicos, principalmente os que captam radiações do espectro infravermelho, através de fotografias aéreas ou imagens transmitidas por satélites artificiais;
- os sismógrafos, capazes de captar os abalos sísmicos que normalmente prenunciam ciclos eruptivos;
- aparelhos geodésicos de última geração, como telêmetros a laser, que permitem detectar variações milimétricas na superfície do aparelho vulcânico;
- químicos, que permitem detectar pequenas amostras de gases meteoríticos do vulcão.

## Medidas Preventivas

O alerta antecipado permite a evacuação das pessoas e dos animais das áreas de risco iminente.

A partir de mapas de risco, é fácil definir áreas *non aedificandi*, normalmente desenvolvidas ao longo das prováveis vias de acesso das lavas e áreas *aedificandi* com restrições, as quais são protegidas de impactos e dos caudais de magma.

As populações das áreas devem ser alvo de programas educativos que permitam a compreensão do fenómeno e informem sobre as medidas preventivas e de resposta ao desastre, que devem ser desencadeadas na iminência de erupções.

Brigadas locais de defesa civil devem ser adestradas para atuarem em circunstâncias de desastre.

## TITULO III – DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM A GEOMORFOLOGIA, O INTEMPERISMO, A EROSÃO E A ACOMODAÇÃO DO SOLO

CODAR: NI.G/ CODAR: 13.3

### Introdução

Os processos geológicos que regem a dinâmica da crosta e promovem as mudanças do relevo são classificados em dois grandes grupos, que atuam em permanente interação.

O primeiro grupo relaciona-se mais diretamente com a geodinâmica terrestre interna, e a energia necessária ao desenvolvimento e sustentação dos fenômenos provém do elevadíssimo calor acumulado nas camadas profundas da Terra. Esses processos geológicos relacionam-se com:

- o tectonismo;
- a atividade ígnea;
- o metamorfismo.

O segundo grupo depende da atuação sobre o relevo terrestre, de forças relacionadas com a geodinâmica terrestre externa, e a energia necessária ao desenvolvimento e sustentação dos fenômenos provém das radiações solares. Esses processos geológicos relacionam-se com:

- o intemperismo;
- a erosão e o transporte de substratos;
- a sedimentação.

De uma forma genérica, conclui-se que, no metabolismo do globo terrestre, as atividades:

- anabólicas, relacionadas com a gênese e com a transformação do relevo, dependem da energia acumulada no interior da Terra;
- catabólicas, relacionadas com a gradual destruição e modelagem do relevo, dependem da energia calórica produzida pelo Sol e transportada até a Terra por suas irradiações.

### ***Tectonismo e Atividades Ígneas***

Quando da apresentação dos terremotos, maremotos e das erupções vulcânicas, foram abordados assuntos relativos:

- ao tectonismo, a propósito da apresentação das teorias relativas ao movimento das placas tectônicas, ao crescimento da superfície do fundo dos oceanos e à deriva continental;
- às atividades ígneas, quando do estudo das erupções vulcânicas.

### ***Metamorfismo***

Os fenômenos metamórficos relacionam-se com a transformação da estrutura inicial das rochas e com a recristalização total ou parcial das mesmas, sob a ação de forças físicas, como a elevação da pressão e da temperatura, normalmente associadas à ação dos gases e do vapor d'água. As rochas metamórficas, resultantes desses processos, podem ser:

- ortometamórficas, quando provenientes de rochas magmáticas;

- parametamórficas, quando provenientes de rochas sedimentares.

### ***Intemperismo***

O intemperismo compreende o conjunto de fatores físicos, químicos e biológicos que, atuando sobre as rochas, provocam a desintegração e a decomposição das mesmas.

As variações de temperatura são extremamente importantes, por provocarem a alternância de contrações e dilatações nas rochas, facilitando o aparecimento de planos de clivagem.

De um modo geral, o intemperismo químico é muito intensificado nos climas tropicais úmidos dominantes no Brasil.

### ***Erosão***

Através da erosão, o material resultante da decomposição das rochas é desagregado e carregado para outras áreas. A erosão pode ser de natureza eólica, hídrica ou glacial.

No Brasil, a erosão hídrica é a mais importante na modelagem de nossas paisagens. Existem numerosos testemunhos de erosão eólica, a exemplo dos Lençóis Maranhenses, arenitos de Vila Velha, no Paraná, e arenitos de Paraúna, em Goiás.

Os testemunhos de erosão glacial no Brasil concentram-se, principalmente, nas regiões Sul e Sudeste, como os varvitos comuns na região de tu, em São Paulo.

A erosão eólica é produzida pelos ventos, distinguindo-se:

- a deflação, processo de remoção e transporte de resíduos soltos de rochas;
- a corrosão, processo de desgaste das rochas provocado pelo atrito de partículas transportadas pelo vento.

Dentre as formas mais importantes de erosão hídrica existentes no País, destacam-se:

- a erosão laminar;
- a erosão em sulcos e ravinas;
- as boçorocas ou voçorocas;
- a erosão fluvial;
- a erosão marinha;
- a erosão subterrânea.

### ***Sedimentação***

A sedimentação é caracterizada pela deposição do material sob a forma sólida, após ter sido carregado por meio aéreo ou aquoso. O processo inicia-se quando:

- a força transportadora é sobrepujada pela força da gravidade;
- o meio transportador (água) torna-se supersaturado por um de seus solutos;
- ocorre uma modificação importante na estrutura de sedimentos de origem orgânica.

A soma dos processos relacionados com o intemperismo, a erosão e a sedimentação tende, a longo prazo, a abrandar o relevo. Em se tratando de processos naturais, não podem ser impedidos pelo homem que, no entanto, pode contribuir para

minimizá-los ou acelerá-los.

Os desastres relacionados com o intemperismo, a erosão e com a acomodação do solo são bastante freqüentes no Brasil, produzem anualmente intensos danos materiais e ambientais e importantes prejuízos sociais e econômicos. Na grande maioria das vezes, esses desastres relacionam-se com a dinâmica das encostas e são regidos por:

- movimentos gravitacionais de massa;
- processos de transporte de massas.

Os movimentos gravitacionais de massas são genericamente subdivididos nas seguintes categorias principais:

- escorregamentos ou deslizamentos de solo;
- corridas de massa;
- rastejos;
- quedas, tombamentos e/ou rolamentos de rochas e/ou matacões.

Os processos de transporte de massas são genericamente subdivididos nas seguintes categorias principais:

- erosão laminar;
- erosão em sulcos ou ravinas;
- boçorocas;
- erosão fluvial, desbarrancamentos ou fenômenos de terras caídas;
- erosão marinha;
- erosão subterrânea, uma das causas da subsidência do solo.

Os desastres relacionados a esses conjuntos podem ocorrer em áreas urbanas densamente ocupadas ou em áreas rurais.

### Em Áreas Urbanas

Os movimentos gravitacionais de massa ocorrem com relativa freqüência em áreas de encostas desestabilizadas por ações antrópicas, provocando graves desastres, que costumam ocorrer de forma súbita. Dessa forma, esses desastres têm componentes de desastres mistos e assumem características de desastres de evolução aguda.

Por ocorrerem em épocas de chuvas intensas e concentradas e se distribuírem por numerosas cidades brasileiras, esses desastres assumem características nitidamente sazonais e, quando computados os danos anuais, distribuídos pelas diferentes cidades, assumem proporções de um imenso desastre nacional por somação de efeitos pardais.

Os movimentos gravitacionais de massa provocam, também, danos graves às vias de transporte rodoviário e ferroviário.

### Em Áreas Rurais

Os processos de transporte de massa são causas de desastres predominantemente rurais e assumem caráter insidioso de desenvolvimento gradual e de agravamento progressivo.

Anualmente, a erosão provoca a perda de um imenso patrimônio nacional, representado pelo solo agricultável. A estimativa de perda anual corresponde a um bilhão de metros cúbicos. A perda de solo agricultável representa:

- a redução da fertilidade natural;
- a redução da produtividade agrícola;



- o incremento do consumo de fertilizantes químicos;
- o encarecimento da produção agropecuária
- o assoreamento e a poluição de rios, lagos e açudes.

Para melhor entender esses desastres, é importante o conhecimento de alguns conceitos relacionados com a geomorfologia, o intemperismo, a erosão e a acomodação do solo.

### **1 - Solo**

A crosta terrestre é constituída por rochas e solos. Em regiões tropicais, o clima quente e úmido, ao favorecer o intemperismo, intensifica os processos de decomposição das rochas, dando origem a um manto de alterações, cujo produto final é o solo.

Como resultado do processo de formação, o manto de alterações apresenta uma série de camadas superpostas ou horizontes, distribuídas em sentido aproximadamente paralelo ao da superfície do terreno. Essas camadas apresentam distintos comportamentos geotécnicos, relacionados com resistência, plasticidade, erodibilidade e outras características.

A passagem de um horizonte para outro pode ser de forma brusca ou gradual. Nem sempre todas as camadas estão presentes na totalidade do substrato de uma encosta. As diversas camadas que caracterizam o perfil do solo são designadas, a partir da superfície, como horizontes A, B, C e D

### **2 - Horizonte "A"**

Denominado horizonte eluvial, está sujeito à ação direta do intemperismo, constituindo-se na camada mais intensamente alterada. Normalmente apresenta consistência fofa e porosa e, no caso dos solos ácidos, as cores variam entre o amarelo e o vermelho, em função da maior concentração de óxidos de alumínio ou de ferro.

Formada a partir de alterações das rochas locais, pode receber material carreado de montante em função da ação da força da gravidade.

### **3 - Horizonte "B"**

Camada subjacente à superfície, denomina-se, também, horizonte eluvial. Caracteriza-se pela concentração de argilas, sesquióxidos e/ou carbonatos. ~ a área de concentração e precipitação dos sesquióxidos de ferro e de alumínio, nos dumas úmidos, e dos carbonatos, nos dumas áridos.

Concentra, também, sais resultantes das atividades de lixiviação, normalmente descendentes nos dumas úmidos e ascendentes, nos dumas áridos, o que facilita a salinização.

Suas propriedades texturais e estruturais relacionam-se com as rochas-matrizes, que lhe dão origem.

### **4 - Horizonte "C"**

Camada de transição entre a rocha-matriz e os horizontes subjacentes. Tem características de rochas alteradas e fraturadas, apresentando um comportamento geotécnico intermediário entre a rocha e o solo. Os fragmentos de rochas são

denominados saprófitos.

### **5 - Horizonte “D”**

Camada mais profunda do manto de alterações; corresponde ao substrato rochoso inalterado. Apresenta uma consistência superior á das unidades subjacentes.

Como pode apresentar planos de divagam e áreas de fratura, é necessário caracterizar sua continuidade e solidez, antes de utilizar as rochas para fixar alicerces ou cabos de cortinas atirantadas.

### **6 - Encosta**

É toda a superfície natural inclinada em declive, que une duas superfícies caracterizadas por diferentes potenciais de energia gravitacional. Nessas condições, se estabelece um gradiente de gravidade entre o plano mais elevado e o mais baixo.

O comportamento de uma encosta, além de depender de sua forma geométrica, é regulado pelos tipos de terreno que a constituem e pelo ambiente fisiográfico global, como clima e cobertura vegetal.

### **7 - Perfil da Encosta**

Caracteriza a variação da declividade ao longo do desenvolvimento da encosta. Existem perfis retilíneos, côncavos e convexos.

Nas encostas de perfil retilíneo, a declividade se mantém constante; nas encostas de perfis convexos, a declividade, que inicialmente é forte, tende a abrandar-se e, nas encostas de perfis côncavos, ocorre o contrário.

### **8 - Tipificação dos Relevos**

Os relevos com encostas são classificados em:

- morros, quando apresentam amplitude variável entre 100 e 300m, com declividades superiores a 15%;
- relevo montanhoso, quando apresenta amplitude superior a 300m, com declividade superior a 15%,
- escarpas, quando apresentam amplitude superior a 100m e declividades superiores a 30%.

### **9 - Taludes Naturais**

São encostas de maciços terrosos, rochosos ou mistos, geradas por agentes naturais, mesmo que tenham sofrido alterações antrópicas, como cortes, desmatamentos e introdução de novas cargas. O termo encosta á do vocabulário corrente dos geógrafos e utilizado em caracterizações regionais. O termo talude é do vocabulário corrente dos geotécnicos e utilizado nas descrições locais.

### **10 - Talude de Corte**

É definido como um talude natural ou encosta, agravado por trabalhos de escavação, realizados pelo homem.

### **11 - Talude de Aterro**

É definido como o talude ou encosta resultante de trabalhos de aterro realizados pelo homem, utilizando materiais como argila, silte, areia, cascalho e rejeitos industriais ou de mineração.

### **12 - Inclinação**

É o ângulo formado pela interseção do plano médio da encosta com o plano horizontal; medido a partir da base.

### **13 - Declividade**

Caracteriza o ângulo de inclinação, definido em uma relação percentual entre o desnível vertical “H” e o componente horizontal “L” da encosta, de acordo com a fórmula:

$$D = H/L \times 100$$

### **14 - Tálus**

São depósitos de solos e de fragmentos de rochas de dimensões variadas, formadas pelo acúmulo de material escorregado de porções mais elevadas das encostas. Apresentam grande heterogeneidade textural e podem ocupar a parte basal das encostas e as porções das mesmas, onde a declividade é suavizada.

## 1- Escorregamento ou deslizamento

CODAR: **NI.GDZ/ CODAR: 13.301**

### Caracterização

Fenômenos provocados pelo escorregamento de materiais sólidos, como solos, rochas, vegetação e/ou material de construção ao longo de terrenos inclinados, denominados de encostas, pendentes ou escarpas.

Caracterizam-se por movimentos gravitacionais de massa que ocorrem de forma rápida e cuja superfície de ruptura é nitidamente definida por limites laterais e profundos, bem caracterizados.

Em função da existência de planos de fraqueza nos horizontes movimentados, os quais condicionam a formação das superfícies de ruptura, a geometria desses movimentos é definida, assumindo a forma de cunhas, planares ou circulares.

Os escorregamentos podem ocorrer:

- isoladamente, no tempo e no espaço, característica dos escorregamentos esparsos;
- simultaneamente com outros movimentos gravitacionais, característica dos escorregamentos generalizados

### Causas

A ocupação caótica das encostas urbanas é a principal causa dos escorregamentos, causadores de importantes danos humanos, inclusive de mortes, além dos danos materiais e ambientais, e dos graves prejuízos sociais e econômicos.

Embora em outros países os escorregamentos possam ser provocados por outras causas, como abalos sísmicos ou aquecimento do nevados por vulcões, no Brasil, esses movimentos gravitacionais de massa relacionam-se com a infiltração de água e a embebição do solo das encostas. Por esse motivo, no País, os escorregamentos são nitidamente sazonais e guardam efetiva relação com os períodos de chuvas intensas e concentradas.

Os principais fatores antrópicos de agravamento dos riscos de deslizamentos são:

- lançamento de águas servidas;
- lançamentos concentrados de águas pluviais;
- vazamento nas redes de abastecimento d'água;
- infiltrações de águas de fossas sanitárias;
- cortes realizados com declividade e altura excessivas;
- execução inadequada de aterros;
- deposição inadequada do lixo;
- remoção descontrolada da cobertura vegetal.

Os escorregamentos preponderantemente influenciados por essas causas são denominados escorregamentos induzidos e assumem características de desastres mistos.

### Ocorrência

Os deslizamentos em encostas e morros urbanos vêm ocorrendo com uma

freqüência alarmante nestes últimos anos, devido á expansão desordenada da ocupação de novas áreas de risco principalmente pela população mais carente.

Para que ocorram escorregamentos, deve-se levar em conta três fatores:

- o *tipo de solo*, sua constituição, granulométrica e nível de coesão;
- a *declividade da encosta*, cujo grau define o ângulo de repouso, em função do peso das camadas, da granulométrica e do padrão de coesão;
- a *água de embebição*, que contribui para: aumentar o peso específico das camadas; reduzir o nível de coesão e o atrito, responsáveis pela consistência do solo, e lubrificar as superfícies de deslizamento.

Os escorregamentos em áreas de encostas ocupadas costumam ocorrer em taludes de corte, aterros e taludes naturais agravados por ações antrópicas. A ocorrência desses movimentos depende basicamente da ação da gravidade e da configuração geométrica do terreno e da textura e estrutura do solo e da ação da água.

Dentre os últimos escorregamentos ocorridos no Brasil, com inúmeras vítimas fatais e grandes prejuízos materiais, ressalta-se os ocorridos, notadamente no Rio de Janeiro, nas encostas dos morros de Santa Teresa, Corcovado, Jardim Botânico, Cantagalo, Gávea, Alto da Boa Vista e Serra das Araras; nas cidades serranas de Petrópolis, Teresópolis e Friburgo, quando da ocorrência de intensas e prolongadas chuvas na região. Há que se registrar, também, os escorregamentos de Santos e os deslizamentos de Lobato, nos arredores de Salvador, onde a abertura de avenidas nos vales facilitou a ocupação de áreas vulneráveis.

A distribuição geográfica de escorregamentos de encostas no Brasil vem afetando mais os Estado de Rio de Janeiro, São Paulo, Espírito Santo, Minas Gerais, Bahia e Pernambuco.

No período de janeiro de 1988 a março de 1992, ocorreram escorregamentos em alguns municípios brasileiros, os quais ocasionaram um elevado número de mortos; em Petrópolis - fevereiro/88, 171 mortes; Rio de Janeiro - fevereiro/88, mais de 30 mortes; Salvador - junho/89, cerca de 100 mortes; e, recentemente, na favela da Barraginha, em Contagem MG, numa pequena área, registraram-se 36 mortes, 35 feridos e cerca de 200 barracos destruídos.

### **Monitorização, Alerta e Alarme**

O estudo geológico e geotécnico das áreas consideradas permite a elaboração de mapas da riscos. nos quais as áreas de risco são definidas segundo valores crescentes da intensidade dos .mesmos, numa escala variável entre:

- 1 - risco desprezível;
- 2 - risco moderado;
- 3 - risco intenso;
- 4 - risco muito intenso;
- 5 - risco extremamente intenso e iminente.

Os estudos de modelos matemáticos relativos a séries históricas de deslizamentos permitem a definição de índices pluviométricos críticos, que variam em função da área considerada, sendo menores nos escorregamentos induzidos por ações antrópicas e maiores, nos escorregamentos generalizados.

A medida local de níveis de embebição do terreno pela água permite antecipar os nossos de desastres iminentes.

O aparecimento de fendas e depressões no terreno, rachaduras nas paredes das casas, inclinação de troncos de árvores, de postes e de cercas e o surgimento de minas d'água indicam a iminência de deslizamentos.

A utilização de radares meteorológicos permite uma razoável antecipação sobre a quantidade de chuva que poderá cair numa região determinada.

## **Medidas Preventivas**

As encostas ocupadas caoticamente podem ter suas condições de segurança melhoradas, mediante amplo programa de ações interativas, entre o governo e a comunidade local. Toda a comunidade deve ter um amplo entendimento do problema, e as medidas corretivas devem ser definidas por consenso.

As atividades preventivas de caráter permanente podem ser subdivididas em:

- obras de infra-estrutura;
- medidas não-estruturais;
- medidas estruturais de estabilização de encostas.

### **1 - Obras de Infra-Estrutura**

Compete ao poder público a implantação de obras e serviços de infra-estrutura, relacionados com:

- esgotamento de águas servidas;
- sistema de drenagem das águas pluviais;
- rede de abastecimento d'água;
- rede de esgotos sanitários;
- serviço de coleta do lixo urbano.

## **Controle das Águas Servidas**

A inexistência de sistemas de esgotos adequados nos adensamentos populacionais em áreas de encostas provoca o lançamento de águas servidas na superfície do terreno, permitindo a infiltração contínua da mesma, facilitando o atingimento de níveis de saturação, que facilitam as rupturas de cortes e aterros..

Nos períodos de chuva, a somação de efeitos torna o problema mais crítico.

A solução lógica é a implantação de uma rede de esgotos, separada da rede de drenagem de águas pluviais, para permitir a coleta e a condução das águas servidas.

## **Controle das Águas Pluviais**

A inexistência de sistemas adequados de drenagem de águas pluviais facilita a infiltração, diminuindo a resistência do solo e provocando a ruptura de cortes e aterros, o que pode ser intensificado nos períodos de chuvas intensas e prolongadas.

Para a solução lógica do problema são necessários: a implantação de sistemas de águas pluviais adequados às descargas máximas estimadas e o revestimento e proteção da superfície do solo em áreas com tendência ao surgimento de fendas.

## **Controle da Rede de Abastecimento d'Água**

O rompimento de tubulações na rede de abastecimento d'água provoca a saturação do solo, aumenta sua instabilidade e facilita os deslizamentos. O problema se agrava quando os moradores improvisam redes clandestinas d'água, com mangueiras e canos inadequados.

A solução lógica do problema depende da implantação e da manutenção adequada da rede de abastecimento d'água e da educação da comunidade sobre os riscos provocados por redes clandestina e improvisadas.

## **Redução de fossas Sanitárias**

A infiltração de água das fossas sanitárias provoca a gradual saturação do solo das encostas e facilita os escorregamentos.

A saturação é diretamente proporcional ao número de fossas e á permeabilidade do solo. A situação torna-se crítica com o adensamento dessas estruturas em áreas sensíveis.

A solução lógica do problema é a construção da rede de esgotos sanitários.

## **Controle da Declividade e da Altura dos Cortes**

A execução indiscriminada de cortes com a finalidade de construir estradas ou residências, principalmente com inclinações e alturas excessivas e incompatíveis com a resistência intrínseca do solo, facilita os escorregamentos.

A verticalização dos taludes, ao alterar o ângulo de repouso, facilita a eclosão de desastres. Cortes que atinjam horizontes descontínuos, muito alterados e com muitas fraturas, podem incrementar riscos de deslizamentos.

A solução lógica é de natureza preventiva, através da educação comunitária e da elaboração de normas rígidas de urbanização. Quando o mal está feito, é necessário abrandar a declividade, através do retaludamento, ou através de onerosas obras de contenção de encostas.

## **Controle de Aterros**

Aterros executados sem uma limpeza prévia do terreno, com material de empréstimo inadequado e sem compactação suficiente, criam condições favoráveis á infiltração de água e á erosão.

O problema é agravado quando sua configuração contraria as linhas de drenagem naturais ou,. pior ainda, quando o aterro é lançado sobre surgências d'água.

Para a solução lógica são necessárias: a drenagem do terreno, a correção das fundações e a compactação do aterro seguida da proteção de sua superfície, com vegetação.

## **Controle do Lixo**

A disposição inadequada do lixo, que normalmente é lançado nas linhas de drenagem naturais, concorre para aumentar os riscos de escorregamento; já que o lixo é

fofo, tem alta-porosidade, facilitando sua embebição, com o aumento de seu peso.

Iniciada de escorregamento, o mesmo tende a estender-se para as camadas superficiais do solo

Além disso, o lixo e os esgotos a céu aberto são preocupantes, por motivos de saúde pública.

A solução lógica é a definição de locais adequados para a colocação do lixo, bem como a coleta do mesmo por serviço de limpeza urbana.

### **Controle da Cobertura Vegetal**

O desmatamento das cristas das elevações e das encostas íngremes permite o impacto direto das gotas de chuva no terreno, facilitando a erosão e a infiltração de água e diminuindo-a coesão. do sola

A coesão também é reduzida pelo desaparecimento da trama de raízes pivotantes superficiais.

A substituição da vegetação nativa por bananeiras agrava a instabilidade dos taludes, por facilitar a embebição do solo.

A solução lógica é refazer a cobertura vegetal e desenvolver barreiras vegetais, para facilitar a contenção de massas escorregadas. As bananeiras devem ser removidas dos taludes~ingremss7

### **2 - Medidas Não-Estruturais**

As medidas não-estruturais mais importantes são:

- ações objetivando o desenvolvimento de um clima de confiança e de entendimento entre os órgãos governamentais, envolvidos na solução do problema, e a comunidade local, permitindo o estudo conjunto e a definição das soluções mais adequadas;
- mapeamento das áreas de risco, microzoneamento e criteriosa definição de áreas *non aedul7candi* e *aedificandi* com restrições e *aedificandi* de acordo com normas estabelecidas;
- desenvolvimento de diretrizes, objetivando a gradual reordenação urbanística das encosta ocupadas de forma caótica;
- medidas objetivando a gradual reordenação do sistema viário que, na medida do possível, deve ser desenhado e desenvolvido em sentido paralelo ao das curvas de nível,
- formulação de critérios para a definição de projetos habitacionais seguros e de baixo custo, adaptados às condições topográficas e pedológicas das encostas;
- formulação de critérios para a gradual correção de erros cometidos na fase caótica da ocupação, permitindo que a maior dimensão dos lotes seja paralela ao das curvas de nível.

### **3 - Medidas Estruturais de Encostas**

Os tipos de obras objetivando a estabilização de encostas estão em constante evolução, em função do surgimento de novas técnicas e do aprofundamento dos conhecimentos sobre os mecanismos de estabilização.



De um modo geral, as obras de estabilização de encostas são subdivididas em

- obras sem estrutura de contenção;
- obras com estruturas de contenção;
- obras de proteção contra massas escorregadas.

### **Obras sem Estrutura de Contenção**

Essas obras compreendem as de:

- retaludamento;
- drenagem superficial;
- drenagem subterrânea;
- drenagem de estruturas de contenção;
- proteção superficial, com materiais naturais;
- proteção superficial, com materiais artificiais.

### **Obras de Retaludamento**

São obras de estabilização caracterizadas pela alteração da geometria dos taludes, por intermédio de:

- cortes nas porções superiores das encostas, com o objetivo de melhorar o ângulo de repouso e aliviar a carga atuante;
- aterros compactados nas bases dos taludes, com o objetivo de atuar como carga estabilizadora do trecho inferior da encosta.

Os projetos dessas obras devem ser desenvolvidos por profissionais devidamente capacitados.

Cortes correspondem a escavações, com equipamento mecânico apropriado, dos materiais que constituem o terreno natural, de acordo com especificações do projeto. Os projetos prevêem plataformas (ou bermas) intermediárias, obras de drenagem e cobertura superficial.

Aterros compactados são desenvolvidos pelo espalhamento de solo, com características adequadas, em local previamente preparado, de acordo com as especificações do projeto, seguido de umedecimento e compactação mecânica das camadas. Os projetos de aterros compactados também prevêem obras de drenagem e cobertura superficial.

Essas obras são desenvolvidas com a finalidade de conduzir adequadamente as águas superficiais, evitar os fenômenos erosivos e os escorregamentos e reduzir os esforços a serem suportados pelas estruturas, em consequência do empuxo hidrostático.

### **Obras de Drenagem Superficial**

Dentre as obras de drenagem superficial, destacam-se:

- as canaletas revestidas com material impermeabilizante e moldadas “in loco” ou pré-moldadas;
- as guias de sarjeta;
- os tubos de concreto, bocas de lobo e galerias.

Essas obras são complementadas com:

- escadas de água de concreto armado;
- caixas de dissipação, para reduzir a velocidade de escoamento da água;

- caixas de transição.

### **Obras de Drenagem Profunda**

Essas obras são desenvolvidas com a finalidade de coletar e escoar a água subterrânea, com o objetivo de:

- rebaixar o nível do lençol freático;
- evitar a saturação das bases do talude pela água.

Dentre as obras de drenagem profunda, destacam-se:

- as trincheiras drenantes, que são valas preenchidas com material drenante adequado, com um tubo dreno instalado na base, construídas com a finalidade de interceptar e escoar a água subterrânea;
- os drenos horizontais profundos - DHP, mediante a instalação de tubos plásticos, com a extremidade interna vedada e numerosos furos laterais (tubos-drenos), em furos de sondagem abertos próximos das bases dos aterros, com ligeira inclinação, em relação ao plano horizontal.

### **Drenagem das Estruturas de Contenção**

A drenagem das estruturas de contenção é realizada mediante a instalação de barbacãs, tubos-drenos curtos (no máximo 15m), em sentido horizontal, nas estruturas de contenção.

Essa drenagem tem por finalidade captar as águas subterrâneas dos maciços de montante; rebaixar o lençol freático e diminuir o empuxo hidrostático sobre as estruturas.

### **Proteção Superficial com Materiais Naturais**

A proteção superficial com materiais naturais é mais econômica e cumpre, com eficiência, sua função de reduzir os fenômenos erosivos e a infiltração da água, através da superfície exposta dos taludes.

Dentre as obras de proteção superficial com materiais naturais, destacam-se:

- os selos de material argiloso para preencher sulcos, fissuras e trincheiras abertas pela erosão;
- as coberturas vegetais, que podem ser arbóreas, arbustivas ou com gramíneas;
- os panos de pedra, quando o revestimento é feito com blocos de rocha;
- as coberturas com gabião-manta, mediante a fixação no talude de uma armação de tela metálica que, a seguir, é preenchida com pedras, em arranjo denso.

### **Proteção Superficial com Materiais Artificiais**

Nesses casos, costuma-se utilizar para a impermeabilização:

- aplicação de camada delgada de asfalto diluído, com a desvantagem de necessitar de manutenção constante e de contribuir para a degradação ambiental;
- aplicação de camada de solo-cal-cimento, pouco utilizada no Brasil, mas amplamente difundida em outros países;
- cobertura de argamassa de cimento e areia, a qual exige pouca manutenção, mas de custo relativamente elevado;
- fixação de tela metálica;
- fixação de tela e gunita, ou seja, aplicação de uma camada de argamassa de cimento e areia, após a fixação da tela metálica.

## Obras com Estrutura de Contenção

Essas obras compreendem:

- os muros de gravidade convencionais;
- estabilização de blocos fraturados e de matacões;
- obras de contenção com estrutura complexa.

### Muros de Gravidade Convencionais

O princípio de funcionamento dessas obras relaciona-se com a utilização do próprio peso do muro para suportar os esforços ou empuxos dos maciços; O deslizamento é evitado pelo atrito entre o solo e a base do muro, o qual deve ter uma geometria que evite o tombamento e o esforço tencional transmitido à fundação não deve ser superior ao admissível pelo solo.

Esses muros só devem ser cogitados quando as tensões de montante são reduzidas.

É de boa norma que entre o maciço e o muro seja desenvolvida uma camada drenante de areia e que este dreno possa eliminar a água, escoando-a por intermédio de barbacãs.

As fundações dos muros devem ser apoiadas em horizontes resistentes, com alicerces suficientemente desenvolvidos. Especial atenção deve ser dada à superfície de contato do muro com as fundações, para evitar rupturas.

Dentre os muros de gravidade, destacam-se os:

*Muros de Pedra Seca:* as pedras são ajustadas manualmente, de forma que a resistência do muro resulte do embricamento dessas pedras. Os blocos de rocha devem ter dimensões regulares. Os muros devem ter espessura mínima de 0,6Dm e altura máxima de 1,50m. Quando o material é abundante no local, a construção desses muros é vantajosa, por ser de baixo custo e por não exigir mão-de-obra especializada.

*Muros de Pedra Argamassada:* semelhantes aos muros de pedra seca, com a diferença de que os vazios entre as pedras são preenchidos com argamassa de cimento e areia. O arranjo -das pedras e o rejuntamento permitem uma maior rigidez da estrutura. A altura máxima desses muros é de 3,0Dm.

*Muros de Gabião-Caixa:* semelhantes aos muros de pedra seca, com a diferença de que são usadas caixas de fios metálicos, as quais são preenchidas com pedras. A altura máxima desses muros é de 1,50m.

*Muros de Concreto Ciclóptico:* construídos em concreto e agregados de grandes dimensões. Quando as fundações são de sapata de concreto, podem ser usados para conter taludes de até 4,00m de altura. A construção de contrafortes permite resistir à maiores tensões.

*Muros de Concreto Armado:* o emprego dessas estruturas é irrestrito. As principais desvantagens dizem respeito ao alto custo e à necessidade de mão-de-obra especializada.

Obras de Estrutura Complexa

Essas obras, normalmente, são mais caras e exigem firmas especializadas para-a-sua-execução. Dentre essas estruturas complexas, destacam-se:

*Tirantes* isolados: essas estruturas são constituídas por painéis de concreto armado, providos de drenos. Esses painéis são fixados a um núcleo de granito estável, por intermédio de tirantes de aço que, após tensionados, são afixados por injeção de calda de cimento.

*Cortinas Antirantadas*: são constituídas pela reunião de vários painéis fixados por tirantes.

*Aterros Reforçados*: o reforço dos aterros tem por objetivo aumentar a resistência do maciço pela introdução de elementos que, quando solicitados, passam a trabalhar em conjunto com o solo compactado.

### **Estabilização de Blocos de Pedra e de Mutações**

Essas obras de contenção são bastante utilizadas na cidade do Rio de Janeiro. Nessas obras, os blocos de rocha instabilizados são fixados a núcleos de granito estáveis por intermédio de chumbadores, tirantes de aço e montantes de concreto engatados nas rochas.

Os matacões instabilizados pela erosão podem ser fixados por medidas que minimizem os processos erosivos.

Em alguns casos, a alternativa mais viável é o desmonte dos blocos instabilizados por equipes qualificadas.

### **Obras de Proteção contra Massas Escorregadas**

Essas obras compreendem:

- as barreiras vegetais;
- os muros de espera.

Para um conhecimento mais detalhado do assunto, recomenda-se a leitura do *Manual de Encostas*, livro extremamente didático e de muito fácil leitura, editado em 1991 pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT.

A ocupação das encostas é possível, desde que realizada de forma racional e de acordo com parâmetros técnicos adequados e bem definidos. Infelizmente, nesses últimos oitenta anos, as encostas da imensa maioria das cidades brasileiras vêm sendo invadidas e ocupadas de forma caótica, sem o mínimo de planejamento urbano e em total desacordo com parâmetros cientificamente estabelecidos pela geodésia.

## **2 - Corrida de Massa**

CODAR: **NI.GCM/ CODAR: 13.302**

### **Caracterização**

Movimentos gravitacionais de massa gerados a partir de um grande aporte de material de drenagem, sobre terrenos pouco consolidados. Esse material, misturado com grandes volumes de água infiltrada, forma uma massa semifluida, com comportamento geotécnico semelhante ao de um líquido viscoso (solifluxão).

Esses movimentos têm grande capacidade de transporte, grande raio de ação e alto poder destrutivo, escorrendo inclusive através de áreas planas.

Embora mais lentos que os escorregamentos, desenvolvem-se de forma inexorável, atingindo grandes áreas e provocando danos extremamente intensos.

### **Ocorrência**

As corridas de massa felizmente ocorrem com muito menor frequência que os demais movimentos gravitacionais de massa. Normalmente, o fenômeno é precedido por precipitações pluviométricas intensas e sustentadas, atingindo índices excepcionais.

### **3- Rastejos**

CODAR: **NI.GRJ/ CODAR: 13.303**

#### **Caracterização**

Movimentos gravitacionais de massa, caracteristicamente lentos, que podem ser medidos em centímetros por ano. Podem ser contínuos ou pulsantes. Esses últimos associam-se a alterações climáticas sazonais, intensificando-se nos períodos de chuva e estacionando nos períodos secos. O processo não apresenta superfície de ruptura bem definida e os limites entre a massa em movimento e o terreno estável são transicionais.

Os rastejos afetam grandes áreas e atuam tanto nos horizontes superficiais das encostas, como nos planos profundos, promovendo a abertura de fendidas no solo residual e na rocha-matriz.

O fenômeno pode preceder movimentos mais rápidos, como os escorregamentos.

Os movimentos que resultam na deposição do tálus podem ser incluídos nesta categoria.

#### **Ocorrência**

Os rastejos podem ocorrer:

- em solos originados no próprio local do fenômeno;
- nos tálus formados por solos provenientes de outros locais, transportados para a atual posição por movimentos anteriores.

Os tálus costumam apresentar uma disposição caótica de rochas e de solo e localizam-se, normalmente, em áreas de baixa declividade

A execução de cortes em áreas de tálus e em outras áreas propensas aos rastejos facilita o aparecimento do fenômeno, por interferir na precária estabilidade do terreno.

#### **Principais Efeitos Adversos**

Os rastejos comprometem obras, como sistemas de drenagem, pontes, viadutos e até mesmo casas.

Os rastejos podem prenunciar movimentos gravitacionais mais rápidos, como escorregamento

#### **Monitorização, Alerta e Alarme**

A evidência de que esses movimentos estão em curso é caracterizada pelo aparecimento de rachaduras abertas em toda a extensão do terreno, as quais se agravam de forma gradual. A inclinação de árvores, estacas de cercas e postes constitui-se num bom indicio do fenômeno.

## **Medidas Preventivas**

As alterações da geometria dos corpos de tálus e das encostas instáveis, com cortes interceptando o lençol freático ou desestabilizando as pendentes, criam as condições propícias para o desenvolvimento de rastejos, que podem evoluir para escorregamentos.

Dentre as causas antrópicas, capazes de provocar rastejos, são importantes as rupturas de redes de distribuição d'água e/ou de redes de esgoto.

As principais medidas preventivas para reduzir o problema são:

- drenagem profunda;
- desvio e canalização de águas drenadas naturalmente para as áreas de encostas ou para os corpos de tálus;
- impermeabilização das superfícies expostas de áreas sensíveis;
- reparo e manutenção das redes de esgoto e de distribuição d'água.

#### **4- Quedas, tombamentos e/ou Rolamentos de Matacões e/ou Rochas**

CODAR: **NI.GQT/ CODAR: 13.304**

#### **Caracterização**

##### **1 - Queda de Rochas**

As quedas de rochas caracterizam-se por movimentos extremamente rápidos, envolvendo blocos ou fragmentos de rochas em queda livre.

O processo ocorre em afloramentos rochosos de escarpas íngremes, quase verticais, quando surgem fraturas de sentido transversal. Essas fraturas dependem de variações térmicas, que produzem sucessivas dilatações e contrações do material rochoso, gerando planos de cisalhamento ou clivagem.

##### **2 - Tombamento de Rochas**

Os tombamentos ocorrem por mecanismos semelhantes aos da queda de rochas, com a diferença que, nesses casos, o plano de clivagem desenvolve-se em sentido vertical, paralelo ao plano do talude. Dessa forma, quando a inércia é rompida, resulta um movimento em balsa, provocando o tombamento do bloco.

##### **3 - Rolamento de Matacões**

Os rolamentos de matacões são provocados por fenômenos erosivos, ao desestabilizarem a base sobre a qual o matacão se assenta, alterando o equilíbrio estável do mesmo e provocando o rolamento do bloco encosta abaixo.

O termo matacão provém do francês moutonée porque a dispersão desses blocos nas encostas, vista de longe, lembra um rebanho de carneiros.

#### **Causas**

##### **1 - Quedas e Tombamentos de Rochas**

As causas básicas do processo relacionam-se com discontinuidades do maciço rochoso, que permite o isolamento de blocos unitários de rochas, e o desenvolvimento de mecanismos de pressão, através do acúmulo de água nas frestas.

O fenômeno pode ser acelerado por ações antrópicas, como detonações causadoras de vibrações, em áreas de pedreiras próximas. Blocos instáveis, remanescentes de processos de exploração de pedreiras, podem desencadear o fenômeno.

##### **2 - Rolamentos de Matacões**

Ações antrópicas, como escavações, em função de ocupação desordenada das encostas, podem contribuir para intensificar o processo erosivo.

#### **Ocorrência**



## **1 - Quedas e Tombamentos de Rochas**

Esses movimentos normalmente são localizados, envolvendo volumes de rochas relativamente pequenos e ocorrem em escarpas abruptas, cortes em rochas e frentes de pedreiras.

## **2 - Rolamentos de Matacões**

Ocorrem em áreas graníticas, com matacões de rocha são isolados em pendentes. O rolamento é desencadeado quando a erosão remove os apoios das bases, facilitando a ruptura da inércia.

### **Medidas Preventivas**

- remoção de blocos instáveis;
- fixação de blocos instáveis, através de chumbadas ou tirantes;
- execução de obras de fixação em encostas rochosas instáveis, inclusive com atirantamento e injeção de solo-cimento;
- desmonte e remoção de matacões;
- proteção das bases de apoio dos matacões, objetivando sua fixação.

## 5 - Processos Erovisos – Erosão Laminar

CODAR: **NI.GES/ CODAR: 13.304**

### Caracterização

Os processos erosivos iniciam-se pelo impacto das gotas de chuva sobre a superfície do terreno, provocando a desagregação das partículas do solo. A ação impactante é complementada pelo escoamento superficial, que ocorre a partir da acumulação da água, em volume suficiente para permitir a suspensão das partículas no meio líquido e seu arraste, através das encostas.

A erosão laminar ocorre quando o escoamento da água lava a superfície do terreno, de forma homogênea, transportando as partículas em suspensão, sem formar canais preferenciais.

A erosão, especialmente a laminar, é um dos mais importantes desastres de evolução gradual que ocorre no País.

Segundo estimativas pouco precisas, a erosão provoca uma perda anual de solo agricultáveis, equivalente a um bilhão de metros cúbicos. Essa perda contribui para a redução da produtividade agrícola e o aumento do consumo de fertilizantes.

O solo carregado pelas águas, além de assorear os rios e contribuir para o agravamento das inundações, está reduzindo, gradualmente, a capacidade de acumulação dos represamentos destinados à geração de energia hidroelétrica.

A quantificação da perda do solo, provocada pela erosão laminar, é definida através da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), constituída por variáveis relacionadas com fatores naturais e por variáveis de natureza antrópica, intervenientes nos processos erosivos.

A fórmula da EUPS é a seguinte:

$$A = R.K.L.S.C.P$$

onde as variáveis relacionadas com fatores naturais são:

- R = variável relativa aos fatores hidrológicos, especifica a erosividade das chuvas;
- K = variável relativa aos fatores pedológicos, especifica a erosividade dos solos;
- L e S = variáveis relativas aos fatores morfológicos, especificam o comprimento e a declividade das encostas.

As variáveis relacionadas com fatores antropogênicos, intervenientes no processo, são:

- C = variável relativa ao nível de ocupação do solo pelo homem e às técnicas de manejo agropecuário
- P = variável relativa à eficiência de técnicas conservacionistas, utilizadas na propriedade.

A interação dos fatores hidrológicos, pedológicos e morfológicos caracteriza o potencial natural -de erosão laminar (PNEL), indicativo teórico da estimativa de perdas anuais, por erosão laminar. de uma área definida, considerando-a desprovida de cobertura vegetal e sem qualquer intervenção antrópica.

A ocupação e o manejo do solo e a prática das ações conservacionistas caracterizam a influência antrópica sobre a Equação Universal de Perda de Solos.

### **1 - Erosividade das Chuvas - Fator “R”**

O fator erosividade das chuvas caracteriza a capacidade potencial da chuva de provocar a erosão do solo, considerando idealmente as demais variáveis constantes. A erosividade da água depende:

- da maior ou menor intensidade impactante das gotas de chuva, que varia em função da massa das mesmas;
- da quantidade de água necessária á suspensão das partículas desagregadas;
- do volume de água necessário ao carregamento das partículas suspensas, através do escoamento superficial.

A quantificação da erosividade das chuvas, de acordo com a fórmula sugerida por LOMBARDI (1-977), e:

$$EI = 6,866 (p2 / P)^{0.85}$$

onde:

- EI = índice médio de erosividade anual ou fator R
- p = maior media mensal de precipitação;
- P = média anual de precipitação.

Conclui-se que, quanto mais intensas e concentradas forem as chuvas, maior o potencial de erosividade das mesmas.

### **2- Erodibilidade dos Solos - Fator “K”**

BERTONI e LOMBARDI caracterizam a erodibilidade do solo como a recíproca da resistência do solo à erosão.

O potencial de erodibilidade do solo é influenciado por seu:

- grau de coesão de resistência à desagregação em partículas com granulometria que permita sua suspensão na água e escoamento, através de pendentes,
- grau de permeabilidade do solo e capacidade de absorção relacionada com a porosidade dos horizontes subjacentes, que influenciam na velocidade de infiltração da água e, conseqüentemente, na quantidade de água que resta para escoar superficialmente.

Embora o estudo dos índices de erodibilidade dos solos de regiões tropicais úmidas, sujeitas a chuvas intensas e concentradas, ainda se encontre em sua fase inicial, existem tabelas com índices de erodibilidade para diversos tipos de solo, encontrados no País.

### **3 - Fator Topográfico - Fatores “L” e “S”**

BERTONI e LOMBARDI, após estudos em talhões experimentais, com diferentes tipos de solo, graus de declividade e comprimentos de rampa, durante um período de 10 anos, propuseram a seguinte equação:

$$LS = 0,0984 \cdot L^{0,63} \cdot S^{1,18}$$

onde:

- L = comprimento da rampa;
- S = declividade do terreno considerado.

O fator topográfico influencia na erosão laminar, ao estabelecer o gradiente relativo à força da gravidade entre diferentes níveis do terreno, influenciando na capacidade de arraste das partículas suspensas na água.

### **4 - Mapas de Risco Potencial de Erosão Laminar**

O estudo matemático e a interação dos fatores hidrológicos, pedológicos e morfológicos permitem a preparação de mapas de risco, caracterizando as variações do potencial natural de erosão laminar, numa região determinada.

A definição de diferentes intensidades de risco em uma determinada região permite o estabelecimento de áreas prioritárias para a implementação de programas, objetivando minimizar a intensidade da erosão laminar anual.

Como no atual estágio de desenvolvimento tecnológico o homem não tem condições para atuar sobre os fatores naturais, as ações de minimização da erosão laminar depende da redução das vulnerabilidades relacionadas com fatores antropogênicos intervenientes no processo.

Dentre as medidas preventivas mais eficientes, destacam-se as relacionadas com o manejo integrado das microbacias e com o plantio direto.

#### **1 - Manejo Integrado das Microbacias**

##### **Medidas Preventivas**

O manejo integrado das microbacias contribui para reduzir a erosão laminar e aumentar a produtividade natural, através de:

- florestamento e/ou reflorestamento de áreas de preservação ambiental, como encostas íngremes, cumeadas de morros, matas ciliares e matas de proteção de nascentes;
- cultivo em harmonia com as curvas de nível e técnicas de terraceamento, permitindo que sulcos, abertos em sentido perpendicular ao do escoamento das águas, retenham a umidade, aumentem a infiltração e reduzam a erosão;
- plantio de quebra-ventos reduzindo a erosão eólica, a evaporação e o ressecamento do solo, nos períodos de estio;
- adubação orgânica utilizando resíduos animais (esterco), restos culturais e lixo orgânico das cidades que, além de promoverem a humificação do solo, melhoram as suas características físico-químicas (produção de colóides);
- utilização de cobertura morta, como palhada, casca de arroz e serragem, bem

- como a incorporação ao solo dos restos de culturas anteriores;
- sempre que possível, roçar e não capinar, reduzindo a exposição do solo ao aquecimento e à erosão;
  - culturas adensadas, reduzindo o espaçamento e a exposição do solo, ao concentrar um maior número de plantas, por unidade de área;
  - utilização de culturas intercalares, plantando leguminosas, como feijão e soja, entre fileiras de milho e cana, permitindo o sombreamento pelas gramíneas, reduzindo a evapotranspiração, enquanto o rizóbio das leguminosas reduz a necessidade de adubação, ao fixar o nitrogênio ao solo.

A rotação de culturas, ao manter o solo permanentemente coberto, reduz a erosão.

O fogo, ao destruir a camada humificada e os colóides orgânicos, contribui poderosamente para intensificar o problema.

## **2 - Plantio Direto**

Técnica surgida, na década de 60, na Inglaterra, e na de 70, nos Estados Unidos da América. Disseminou-se pelos estados do sul do Brasil, onde, em 1990, já existiam 1.000.000 ha plantados com esta técnica. Recentes experiências em áreas irrigadas do cerrado demonstram sua adaptabilidade a climas quentes, sem perda de produtividade.

O plantio direto é, no momento, a técnica mais eficiente de cultivo e reduz em:

- 30% o consumo de água;
- 60% a perda de solo por erosão;
- 30% o emprego de mão-de-obra;
- 50% as operações com máquina e o custo de combustível.

O plantio direto diminui a erosão, a evaporação e, de forma drástica, o processo de compactação do solo. Além de recuperar a textura do solo, facilita o processo de humificação e reduz o consumo de fertilizantes.

Metodologicamente, o plantio direto, utilizado em sistema de rotação, compreende as seguintes fases:

- na colheita, a palhada é picada e espalhada no terreno;
- na época de cultivo, qualquer vegetação que tenha brotado é roçada e não capinada ou destruída por herbicida de contato;
- ao se replantar, procede-se às seguintes operações, em sucessão:
  - passagem de rolo compactador que acama a palhada, seguido, no mesmo trem, por rolo-faca que corta a mesma em fragmentos;
  - passagem de sulcador que revolve o solo na profundidade de 5 a 10 cm, apenas nas linhas de semeadura, seguido, no mesmo trem, por semeador que lança a semente, mistura fertilizante e fecha o sulco.

Nos intervalos das colheitas, a pouca vegetação que consegue romper a palhada é roçada ou destruída por herbicida de contato.

Quando da colheita, as operações se repetem na mesma ordem, e a rotação correta das colheitas impede a especialização de pragas e permite que leguminosas fixem nitrogênio para o ciclo de plantação de cereais.

### Caracterização

A erosão linear ocorre quando o fluxo de água, arrastando partículas de solo, concentra-se em vias preferenciais e aprofunda sulcos, dando origem a:

- ravinas, com perfil em forma de “V” e poucos metros de profundidade;
- boçorocas, com perfil em forma de “U” e até 50m de profundidade, 30m de largura e 1.000m de extensão.

As boçorocas constituem-se no estágio mais avançado da erosão linear e ocorrem quando o aprofundamento das ravinas atinge e ultrapassa o nível do lençol freático. A interseção do fundo da ravina com o nível do lençol freático incrementa o processo erosivo, inclusive, da erosão interna, que remonta através do interior do terreno, carreando material em profundidade e intensificando a formação de veios ou tubos (*pipes*) vazios, no interior do solo.

Esses vazios, ao atingirem proporções significativas, provocam colapsos e desabamentos que intensificam o fenômeno.

Etimologicamente, a palavra boçoroca ou voçoroca provém do tupi-guarani e pode significar:

- *ibi (terra) e çoroc (rasgada)* - terra rasgada;
- *mbaê (coisa) e çoroc (rasgada)* - coisa rasgada;
- *mboi (cobra) e çoroci (sulco ou rasgão)* - sulco em forma de cobra.

As boçorocas são freqüentes em países de clima tropical úmido caracterizado pela existência de--uma estação chuvosa, na primavera-verão, e outra de estio, no outono-inverno.

De um modo geral, as boçorocas ocorrem em função de fatores predisponentes, relacionados com:

- o balanço hídrico;
- a geologia;
- a pedologia;
- a geomorfologia;
- as ações antrópica.

Dessa forma, solos com texturas predominantemente arenosas, como os de areias quartzosas e alguns solos podzólicos. em áreas movimentadas. caracterizadas por colinas médias, morros e morretes, assentados em formações de padrão arenoso, depositadas em terrenos neocenozóicos, são mais propícios ao desenvolvimento de boçorocas.

Nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, as boçorocas ocorrem, normalmente, com maior intensidade, em áreas cobertas pelo cerrado.

#### **1 – Fatores Relacionados com o Balanço Hídrico**

Nas fases iniciais das erosões em sulcos e ravinas prevalece o poder erosivo, representado pelas chuvas tropicais intensas e concentradas e pela energia cinética, representada pelo impacto das gotas de chuva sobre a superfície do terreno.

As boçorocas e demais processos erosivos intensificam-se em função da oposição entre períodos de deficiência hídrica e períodos de águas excedentes. A passagem do primeiro para o segundo período corresponde a uma fase crítica de desequilíbrio, principalmente quando a proteção proporcionada pela cobertura vegetal é reduzida, facilitando a variação dos gradientes de pressão hidráulica, relacionados com a rápida elevação do nível do lençol freático.

Segundo VIEIRA, nas áreas planas das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, o nível do lençol freático decai durante sete meses e eleva-se em cinco meses, enquanto, nas encostas, o nível decai durante nove meses e sobe, bruscamente, em três meses.

É na fase de subida rápida do lençol freático, em função da maior infiltração, que se intensifica a erosão interma através dos veios vazios (*pipe*), dos desmoronamentos e os deslizamentos das paredes internas das voçorocas.

Conclusivamente, as boçorocas são formas de ravinamento provocado pela combinação de processos erosivos relacionados com:

- o escoamento superficial da água, através de vias preferenciais, facilitando o aprofundamento de sulcos e o ravinamento;
- a erosão interna (*pipingi*) facilitando o deslizamento lateral das paredes, provocados por subpressões em fissuras de descompressão e pela erosão remontante, seguida do abatimento do terreno.

## **2 - Fatores Relacionados com a Geologia**

Há uma importante relação entre depósitos neocenozóicos e susceptibilidade à erosão linear. Numerosos estudos têm caracterizado que depósitos cenozóicos recentes, ocorridos a partir do Pleistoceno e, especialmente, do Holoceno, constituem os substratos que deram origem a formações arenosas superficiais, onde se concentram quase 100% das boçorocas de evolução recente, cadastradas no Estado de São Paulo.

É muito provável que lineamentos tectônicos profundos, atuando sobre rochas basálticas sotopostas aos depósitos de arenitos de deposição mais recente, ao caracterizarem um padrão profundo de drenagem sub-retangular, facilitem o desenvolvimento de boçorocas nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Nessas condições, o fluxo hidrológico descendente, favorecido pela elevada permeabilidade e porosidade das formações arenosas, tem seu escoamento ainda mais facilitado pelas fraturas das rochas basálticas.

## **3- Fatores Relacionados com a Pedologia**

As boçorocas ocorrem preferencialmente em solos de padrão arenoso, semiconsolidados ou inconsolidados, de origem cenozóica, preferencialmente quando o horizonte "B" é argiloso e de tipo podzólicos.

As boçorocas afetam toda a estrutura de rochas alteradas, inclusive a de estratos de formação anterior á era cenozóica.

Os solos arenosos profundos e francamente permeáveis, como os solos aluviais pouco desenvolvidos e as areias quartzosas, são os mais propícios á erosão linear, especialmente quando a cobertura vegetal, normalmente de cerrado, é destruída por queimadas.

Esses solos costumam existir em mantos de decomposição, originados a partir de rochas cristalinas grosseiras, ou pela decomposição de gnaisses, com grandes percentagens de areias.

Nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, de um modo muito típico, os solos derivados de arenitos, com conglomerados de varvitos e tilitos, relacionados com as glaciações, são propícios ao ravinamento e formações de boçorocas.

#### **4 - Fatores Relacionados com a Geomorfologia**

Os fatores geomorfológicos exercem uma importante influência indireta no desenvolvimento de boçorocas. Os terrenos movimentados, caracterizados por colinas de médio e grande porte, morros e morretes, são mais propícios às erosões em ravinas e boçorocas.

A grande maioria das erosões lineares ocorre em encostas de perfil convexo e tende a predominar naquelas com curvas de nível côncavo, ou seja, em encostas de padrão coletor, podendo ocorrer, em menor número, em encostas com curvas de nível convexas, ou seja, em encostas de padrão dispersor.

É evidente que os fatores geomorfológicos só são importantes, quando combinados com os relativos ao solo e à geologia.

#### **5- Fatores Antrópicos**

A erosão linear é intensificada pelas atividades humanas inadequadas, em áreas de:

- urbanização;
- construção de vias de transporte;
- manejo agropecuário.

#### **Urbanização Inadequada**

A formação de ravinas e boçorocas nos perímetros urbanos, situados em áreas de risco, relacionam-se com:

- deficiente zoneamento do solo urbano, em função dos riscos de erosão linear;
- ruas não pavimentadas e drenadas, especialmente nas áreas de risco intensificado,
- despejo de águas pluviais, coletadas e aduzidas em cabeceiras de drenagem;
- concentração da vazão de águas pluviais e de despejo, em função do processo de urbanização, compactação e impermeabilização do solo, em áreas susceptíveis à erosão linear;
- lançamento de águas pluviais e de despejo nos leitos de riachos urbanos, incrementando o potencial erosivo dos mesmos.

#### **Construção de Vias de Transporte**

De uma forma genérica, as erosões em obras viárias podem ocorrer em:

- plataformas;
- taludes dos cortes;
- taludes dos aterros,
- áreas adjacentes ao corpo da estrada.



Em áreas sujeitas às erosões, as obras viárias podem incrementar os processos erosivos, em função dos seguintes fatores:

- mudança das características naturais do terreno, com a execução de cortes e aterros;
- bloqueio da drenagem natural pela implantação da plataforma e desvio e concentração do fluxo da
- água para os pontos mais baixos do talvegue, onde se localizamos bueiros e as pontes;
- desmatamento e destocagem da faixa viária e das áreas de empréstimo dos aterros.

### ***Manejo Agropecuário Inadequado***

Nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, as áreas mais susceptíveis à erosão linear são normalmente cobertas pelo cerrado.

Nas áreas de risco, a erosão linear, que dá origem às ravinas e boçorocas, é intensificada pelas seguintes atividades antrópicas:

- redução da cobertura arbórea e/ou arbustiva, especialmente nas linhas de cumeadas e nas encostas íngremes;
- abertura de sulcos ou de vias de circulação em sentido transversal ao das curvas de nível; -
- uso exagerado de tratores, provocando a compactação dos horizontes mais profundos e contribuindo para a intensificação do escoamento superficial;
- técnicas agrícolas que desnudem o solo, facilitando a ação desagregadora, provocada pelo impacto das gotas de chuva sobre a superfície do terreno;
- criação intensiva de bovinos e outros animais domésticos em áreas de colinas arenosas, especialmente quando a densidade dos mesmos ultrapassa a capacidade de sustentação das pastagens e quando o pisoteio contribui para a abertura de sulcos, facilitadores da erosão linear;
- prática de queimadas que, além de destruírem a cobertura vegetal, destroem a camada viva, representada pelo húmus, e coagulam os colóides orgânicos, capazes de reter grandes quantidades de água em sua fase gel, facilitando a infiltração e o escoamento superficial da água. Não existe prática mais irracional do que a queimada, por seu imenso potencial de degradação do solo.

### **Medidas Preventivas**

O conhecimento detalhado da dinâmica e das peculiaridades de cada processo erosivo, que se pretenda prevenir ou controlar, da mesma forma que a avaliação sistemática do desempenho das medidas preventivas e das obras de controle, é essencial ao planejamento e gerenciamento de projetos, eficazes e econômicos, relacionados com a prevenção e o controle do ravinamento e das boçorocas.

#### **1 - Boçorocas Urbanas**

A prevenção de boçorocas urbanas depende de consistentes estudos de riscos, do mapeamento das áreas de risco intensificado de erosão linear, do zoneamento urbano e da elaboração de normas relativas às condições de utilização do solo urbano e da fiscalização, para assegurar o fiel cumprimento das mesmas.

A implantação de obras corretivas de processos erosivos profundos, em áreas urbanas, segue a seguinte seqüência:

- pavimentação das ruas, especialmente das mais susceptíveis aos processos

- erosivos;
- microdrenagem, através da construção de estruturas coletoras, como sarjetas e bocas-de-lobo, e de condutos de ligação, poços de visita e outras obras;
  - microdrenagem, através da construção de estruturas adutoras, como tubulações e canais a céu-aberto;
  - construção de estruturas dissipadoras de energia cinética;
  - construção de estruturas estabilizadoras dos vales receptores e talvegues, como barragens escalonadas de terra compactada, de gabiões, de pedras secas, de concreto e de sacos plásticos, cheios de solo-cimento, areia ou concreto.

## **2 - Boçorocas em Áreas Rurais**

No meio rural, as práticas conservacionistas, para serem efetivas, devem ultrapassar o nível das propriedades e ser coordenadas, em nível de microbacias. Nessas condições, todos os proprietários de terra, com o apoio de uma assessoria técnica, devem desenvolver um plano de manejo integrado da microbacia, que passa a ser obrigatoriamente seguido por todos.

O manejo integrado reduz as erosões linear e laminar, aumenta ~ fertilidade natural do solo e a produtividade de todas as propriedades.

As mais importantes medidas preventivas são:

- manutenção e recuperação da cobertura do solo, com árvores e arbustos, especialmente nas linhas de cumeadas, nas encostas íngremes, nas matas ciliares e nas matas de proteção de nascentes e de olhos d'água;
- manutenção do solo agricultável permanentemente protegido por cobertura verde, restos culturais, palhadas, serragens ou outros;
- prática do rotação de culturas, segundo as faixas do terreno;
- redução do revolvimento do solo ao mínimo indispensável, procurando fazê-lo apenas nas épocas de plantio;
- redução do tráfego de tratores ao estritamente necessário;
- plantio segundo as curvas de nível e implantação, quando for o caso, de sistemas de terraceamento;
- planejamento e implantação racional de estradas vicinais, com eficientes sistemas de drenagem, e construção de bacias de captação, de acordo com técnica preconizada por ACRA;
- sempre que possível, utilizar técnicas de plantio direto e adubação orgânica;
- absoluta proibição de queimadas.

A correção de boçorocas no meio rural assemelha-se á das zonas urbanas e é desenvolvida na seguinte seqüência:

- proteção das cabeceiras de drenagem, com revestimento vegetal;
- isolamento da área da boçoroca;
- desvio das águas de superfície, através da construção de terraços ou vaías de desvio, devidamente compactados e protegidos por vegetação;
- sistematização dos taludes e construção de aterros em sentido transversal;
- construção de barragens temporárias de contenção, com teias de arame, ramos de árvores e pedras secas;
- construção de barragens permanentes de contenção, como aterros compactados e barragens de sacos plásticos, contendo solo-cimento, areia ou concreto;
- construção de vertedouros, com dissipadores de energia.

## **3 - Boçorocas em Obras Viárias**

- A prevenção da erosão, provocada por obras viárias, depende da construção de:
- sarjetas revestidas por concreto ou grama, com dissipadores de energia nas plataformas de aterro;
  - canais mais profundos, quando ultrapassada a capacidade de escoamento das sarjetas;
  - valetas de proteção das cristas de cortes e saias de aterro, com dissipadores de energia;
  - barragens e bacias de acumulação ao longo do curso das sarjetas e valetas, para reduzir a velocidade do deslocamento d'água;
  - dissipadores de energia, junto às saídas de jusante dos bueiros;
  - proteção dos taludes de cortes e de aterros, com vegetação;
  - proibição da rapina dos taludes;
  - drenagem profunda; quando for necessário, deprimir o nível da água dos lençóis freáticos.

Para um maior detalhamento de obras de prevenção e de recuperação, sugere-se a leitura de textos especializados.

### Caracterização

Processo caracterizado pelo afundamento da superfície de um terreno em relação às áreas circunvizinhas;

A subsidiência pode ser devida a fenômenos geológicos, tais como dissolução, erosão, compactação do material de superfície, falhamentos verticais, terremotos e vulcanismo. Normalmente, o fenômeno acontece de forma gradual e, mais raramente, de forma brusca e repentina.

### Causas

No Brasil, as áreas de subsidiência localizada normalmente relacionam-se com a erosão subterrânea em depósitos calcáreos, localizados próximos à superfície.

Nessas condições, a água da chuva, saturada de oxigênio e dióxido de carbono, infiltra-se no solo, diluindo ácidos e compostos orgânicos existentes nas camadas mais superficiais.

O grau de atividade química da água depende da composição e da concentração das soluções formadas e do nível de solubilidade do substrato sobre o qual atua. Dessa forma, a maioria dos silicatos precipita-se sob a forma de compostos insolúveis, enquanto que os carbonatos de cálcio e magnésio são solubilizáveis sob a forma de bicarbonatos. A água pura não solubiliza os calcários, mas, quando saturada com anidrido carbônico, combina-se com os mesmos, formando bicarbonatos de cálcio -  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  - e bicarbonato de magnésio -  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  - - francamente solúveis.

Dessa forma, nas regiões onde ocorrem depósitos superficializados de calcário, a água da chuva, saturada de anidrido carbônico, penetrando através das fraturas, dilui o calcário existente ao longo dos planos de estratificação e, após escorrer ao longo de um horizonte impermeável, ressurgem a alguns quilômetros de distância, retornando à superfície com o material solubilizado nas camadas de calcário.

O persistente trabalho de solubilização, desenvolvido por centenas ou milhares de anos, ao longo das fendas e dos planos de estratificação, provoca a corrosão do calcário e a formação de um labirinto de túneis e cavernas entrelaçados, pelos quais escorre um caudal subterrâneo.

Nos locais onde o modelado do terreno facilita a concentração de caudais sobre áreas de fendas no calcário, a gradual abertura das mesmas provoca o aparecimento de sumidouros e a formação de cursos d'água subterrâneos, que ressurgem na superfície, sob a forma de fontes de águas cristalinas.

Na medida em que o calcário é corroído pela ação da água, o solo tende a acomodar-se de forma gradual, formando bacias na superfície do terreno. Quando os tetos das cavernas desabam, surgem as dolinas, característicos poços cilíndricos, de paredes verticais, em comunicação com o labirinto de canais e cavernas, às vezes com milhares de metros de extensão.

Além dos rios subterrâneos, que deslizam pela rede de galerias, o lento gotejamento de águas calcárias, a partir de frestas existentes nas abóbadas das cavernas, provoca a deposição de carbonato de cálcio insolúvel, quando a água das gotas de solução evapora. Quando o repetido processo de evaporação provoca a liberação do anidrido das gotas suspensas, dá origem às estalactites ou hastes de carbonato de cálcio pendentes das abóbadas e das depositadas nas superfícies e às estalagmites ou hastes de carbonato de cálcio, que crescem do solo.

O lento crescimento das estalactites e estalagmites pode provocar a união das mesmas, formando pilares caprichosos. A água que se evapora, enquanto desliza ao longo de planos de estratificação, situados nas paredes das cavernas, pode dar origem a belíssimas formas de escadaria ou de cascatas petrificadas.

## **Ocorrência**

As regiões de calcário superficializadas, caracterizadas por apresentarem superfície rugosa, com freqüentes depressões ou bacias, algumas dolinas, sumidouros e deságües subterrâneos, são denominadas regiões de topografia karsticas, por serem semelhantes às da meseta de Karst, situada no nordeste da costa adriática, entre Trieste e Cataro.

No Brasil, existem numerosas ocorrências de regiões karsticas, especialmente em Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Goiás, Piauí, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

Em áreas de planaltos sedimentares, com dominância de solos arenosos e de clima tropical, com estação seca marcada, podem ocorrer áreas de subsidência localizada, em função da intensa redução do lençol freático, nos períodos de estiagem. Em certas áreas de Brasília, a acomodação do terreno, provocada pela retração do lençol freático, pode desnudar parte dos alicerces das construções.

Em Santa Catarina, há registros de subsidência de causa antrópica, provocada pela queda de tetos de minas de carvão, afetando vilas de casas populares.

## **Medidas Preventivas**

É necessário que o estudo do fenômeno seja aprofundado no Brasil. Um maior conhecimento do assunto permitirá uma melhor preocupação com a preservação do imenso patrimônio ambiental, representado por essas formações; contra danos antrópicos.

Embora possam ocorrer danos humanos ou materiais, relacionados com a queda de tetos de cavernas e com a formação de dolinas, os mesmos são altamente improváveis e pouco intensos, quando comparados com os danos ambientais provocados pela ação predatória do homem, nas formações karsticas.

A difusão das pesquisas e estudos espeleológicos não está isenta de riscos, e o pessoal que vier a se dedicar ao assunto deve ser adestrado para cumprir normas estritas de segurança pessoal e de preservação do patrimônio ambiental.

### Caracterização

Erosão fluvial corresponde ao processo erosivo que ocorre na calha dos rios.

O processo erosivo que se inicia com a erosão laminar e em sulcos ou ravinas prossegue através da erosão fluvial. O trabalho de erosão fluvial depende da interação de quatro diferentes mecanismos gerais:

- ação hidráulica da água;
- ação corrosiva (corrosão) das partículas em suspensão na água;
- ação abrasiva (abrasão) sobre as partículas em suspensão na água;
- ação corrosiva (corrosão) da água ou diluição química.

#### **1 - Ação Hidráulica da Água**

Quando a corrente hídrica é suficientemente forte, mobiliza e carrega para jusante areias e detritos de rochas, depositados no leito do rio. O transporte se desenvolve, até que a predominância da força de gravidade sobre a força de tração hídrica provoque nova sedimentação.

Dessa forma, através de lances sucessivos, a cada nova intensificação da corrente hídrica, novas quantidades de material voltam a ser carregadas rio abaixo, em direção ao mar,

#### **2 - Corrasão ou Erosão Mecânica**

O termo significa erosão mecânica, em oposição a corrosão ou erosão química. A corrasão ocorre quando fragmentos de rochas ou areias, em suspensão no caudal, em regime turbilhonar, atiram sobre camadas rochosas das margens e dos fundos dos rios, provocando a escavação das mesmas.

#### **3 - Abrasão**

Processo através do qual o material em trânsito nos rios é erodido, formando partículas progressivamente menores, ao atritar com as superfícies rochosas. A abrasão facilita a suspensão e o transporte das partículas, através da água, formando pedras roladas, cascalhos, areias grossas e areais finas.

#### **4 - Corrosão ou Diluição Química**

Processo segundo o qual a água, na condição de solvente universal, dilui os sais solúveis, liberados das rochas, em consequência da ação mecânica, e os transporta sob a forma de soluções.

Os processos erosivos atuam tanto verticalmente, contribuindo para o gradual aprofundamento do leito do rio, como lateralmente, contribuindo para o gradual alargamento dos vales.

O processo erosivo evolui em três estágios.

No estágio jovem, a área recentemente elevada sofre intensa erosão laminar e fluvial, os vales aprofundam-se consideravelmente, com a forma de “V”, e os divisores de água apresentam-se altos, amplos e bem definidos.

Normalmente, os vales jovens crescem em direção montante, por erosão ascendente ou regressiva

No estágio maduro, os divisores tendem a se estreitar, o relevo suaviza-se, os vales alargam-se e os divisores arredondam-se. Nessas condições, a rede de drenagem assume sua plenitude.

No estágio senil, o relevo reduz-se consideravelmente e a região adquire uma topografia suave, característica das planícies desgastadas ou peneplanos: os vales dos rios tendem a aproximar-se do nível de base, a erosão é reduzida e a sedimentação é intensificada.

Em seu desenvolvimento, os rios tendem a formar um perfil longitudinal de equilíbrio, através dos mecanismos de erosão e sedimentação. Graficamente, o perfil de equilíbrio é traduzido por uma curva hiperbólica, de concavidade intensificada a montante.

A intensificação da inclinação próxima às cabeceiras é provocada pelo menor caudal do rio, o que reduz a imensidade dos processos erosivos.

Quando o perfil de equilíbrio é atingido, cessa o aprofundamento do leito de erosão. Uma vez atingido o perfil de equilíbrio, o rio altera-se muito pouco, a menos que ocorra um aumento do volume da água circulante, ou uma crise de rejuvenescimento em sua bacia.

### ***Desbarrancamento dos Rios***

O desbarrancamento dos rios pode ocorrer de duas formas genéricas:

- pelo alargamento do vale do rio, em sentido lateral;
- pela erosão ascendente e regressiva de torrentes que desembocam no leito do rio principal.

#### ***1 - Alargamento em Sentido Lateral***

Os cursos dos rios tendem a tornar-se tortuosos, em função da variação da textura das estruturas que encontram em sua passagem e do modelado do terreno.

Quando um rio descreve uma curva, a força centrífuga atuando sobre a corrente tende a concentrá-la e a intensificá-la na margem externa ou côncava, provocando correntes de retorno ou de fundo, em direção à margem interna ou convexa.

O turbilhonamento da água, em forma de hélice, provoca o máximo de erosão, no lado externo da curva, e sedimentação e depósito, no lado interno da mesma.

As mudanças resultantes no leito fluvial podem ser resumidas da seguinte forma:

- o talvegue do rio tende a aprofundar-se no lado externo da curva;
- a margem externa tende a ser socavada pela erosão lateral, que provoca desbarrancamentos, de forma que a margem tende a ser mais escarpada na face externa das curvas;
- na face interna da curva, a inclinação tende a suavizar-se e o vale assume um

- perfil assimétrico;
- a progressiva ampliação dos bancos de aluvião forma amplas bacias entre curvas sucessivas, dando início á planície de inundação ou leito maior do rio.

## ***2 - Erosão Regressiva das Torrentes que Desembocam no Vale do Rio Principal***

Como já especificado, os vales jovens tendem a alongar-se e crescer, através da erosão ascendente e regressiva, provocando o progressivo aprofundamento das cabeceiras dos vales secundários.

Quando o leito da torrente secundária se aprofunda rapidamente, não há tempo para um alargamento compensador das margens, e o resultado é a formação de uma garganta profunda, com paredes verticais que tendem a se aprofundar em direção montante.

Esse padrão de erosão tende a agravar-se em função de atividades antrópicas, relacionadas com a ineficiência dos sistemas de drenagem de águas pluviais, águas servidas e redes de esgoto, incrementando os processos erosivos, de forma bastante semelhante ao das boçorocas, principalmente quando as margens erodidas pelo processo são de consistência arenosa.

Esse processo erosivo é muito freqüente nas áreas urbanas da Amazônia, especialmente na Grande Manaus, que ampliou muito o seu perímetro urbano em áreas de risco de erosão, sem que crescesse de forma compatível á infra-estrutura de saneamento básico.

O crescimento explosivo da cidade de Manaus foi provocado pelas migrações atraídas pelo crescimento da Zona Franca.

### ***Fenômeno das Terras Caídas***

O fenômeno das terras caídas ocorre quando a água, atuando sobre uma das margens, normalmente de terreno sedimentar, de natureza arenosa, provoca um trabalho subterrâneo de erosão e minagem, abrindo extensas cavernas subterrâneas. Esse trabalho prossegue, até que uma súbita ruptura provoca uma queda do terreno, que é tragado pelas águas.

### **Medidas Preventivas**

Os desastres provocados por desbarrancamentos e terras caídas são reduzidos, principalmente, por medidas não-estruturais, relacionadas com a definição das áreas de risco intensificado desses fenômenos, evitando-se a construção de estruturas de engenharia e de habitações nessas áreas.

Algumas vezes, justifica-se a construção de obras estruturais, como enrocamentos, espigões e cais de proteção, em áreas urbanas. Essas medidas estruturais podem apresentar resultados de longo prazo, quando complementadas por obras de dragagem, objetivando a redução da ação hidráulica da água sobre as margens vulneráveis.

As erosões de causas antrópicas, como as que atualmente flagelam a cidade de Manaus, exigem:

- mapeamento das áreas de risco;
- zoneamento urbano, com definição de áreas non aedificandi e aedificandi com restrição; e



- rápido desenvolvimento das redes do saneamento básico, principalmente.

### Caracterização

O resultado do movimento das águas oceânicas que atuam sobre as bordas litorâneas, modelando o relevo de forma destrutiva. Esse movimento das águas pode, também, modelar o relevo de forma construtiva, resultando em acumulação marinha e, conseqüentemente, dando origem a praias, restingas, recifes e tómbulos.

Da mesma forma que os rios, na condição de agente de erosão, o mar atua de acordo com os seguintes mecanismos gerais:

- ação hídrica, funcionando como grandes martelos hidráulicos sobre o relevo litorâneo, provocando a desagregação das rochas;
- ação corrosiva (corrasão), desgastando o relevo litorâneo, através do atrito de fragmentos de rochas e de areia em suspensão nas ondas;
- ação abrasiva, desgastando os fragmentos de rochas em suspensão, através do atrito dos mesmos contra as formações litorâneas;
- ação corrosiva, diluindo os sais solúveis, resultantes da desagregação das rochas e de restos de animais marinhos.

### Causas

Os processos erosivos nas áreas litorâneas ocorrem em função de:

- características geológicas do relevo litorâneo;
  - características topográficas da faixa de contato entre o mar e o litoral, estendendo-se até o nível das águas pouco profundas;
  - intensidade, duração e sentido dos ventos dominantes na região;
  - intensidade e sentido das correntes marinhas locais;
  - intensidade e altura das marés;
  - intensidade das ondas;
  - maior ou menor proximidade da foz de rios;
- atividades antrópica que contribuam para alterara equilíbrio dinâmico local.

### Ocorrência

Normalmente, no Brasil, as erosões marinhas são pouco importantes, e o fenômeno é intensificado por atividades antrópicas, relacionadas com a construção de instalações portuárias.

### Monitorização, Alerta e Alarme

As medidas estruturais, relacionadas com o controle das erosões marinhas, também devem ser rigorosamente testadas, em modelos de escala, para evitar a rápida destruição das mesmas ou a transferência do problema para outras áreas litorâneas próximas.

### Medidas Preventivas

Como a erosão marinha é intensificada por atividades antrópicas, relacionadas com a construção de instalações portuárias, é necessário que todas as obras de engenharia, que possam contribuir para alterar a dinâmica da faixa litorânea, sejam precedidas de

minuciosos estudos de impacto ambiental.

É importante que se contratem institutos de renome internacional, para procederem ao estudo minucioso das variáveis locais, através da montagem de modelos em escala, onde todas as possíveis repercussões das obras previstas sejam rigorosamente testadas.

## **10 – Soterramento de Localidades Litorâneas por Dunas de Areia**

CODAR: **NI.GSD/CODAR: 13.310**

### **Caracterização**

Resulta da ação combinada das águas oceânicas que atuam sobre as bordas oceânicas de forma conservativa e das correntes aéreas.

Da mesma forma que o mar atua como agente de erosão, atua, também, como agente de acumulação de sedimentos marinhos, dando origem a praias, restingas, tómbulos, recifes e dunas.

A deposição de sedimentos pelo oceano forma costas de acumulação.

As praias são formadas pelo depósito de areias, especialmente grãos de quartzo, transportadas pelos oceanos.

As restingas são faixas de areias, depositadas em sentido paralelo ao litoral, pelas correntes marinhas, nas entradas de bacias e de enseadas. Normalmente, se apóiam em saliências das linhas litorâneas, como cabos e pontas. Dentre as restingas brasileiras, destacam-se as de Saquarema, Samambaia e Sepetiba, no litoral do Rio de Janeiro.

Quando o cordão arenoso se prolonga, pode dar origem a lagoas costeiras, como as lagoas dos Patos, Mirim e Mangueira, no Rio Grande do Sul, da Conceição, em Santa Catarina e no litoral do Rio de Janeiro, Alagoas, Pará e Amapá.

Tômbulos são cordões arenosos ou pedregosos que ligam ilhas ao continente, como a ilha do Porchat, no litoral de São Paulo.

Os recifes de arenito resultam da consolidação de antigas praias ou cordões litorâneos por concentração dos cristais de quartzo. No Brasil, recifes “em barreira” desenvolvem-se a pouca distância da costa, formando obstáculos encobertos pela maré alta, principalmente no litoral oriental do Nordeste, como em Mamanguape, baía da Traição e cabo de Santo Agostinho.

Dunas são elevações de areia modeladas pelo vento e que podem se movimentar em função da atividade das correntes aéreas. De forma triangular, apresentam declividade suave á montante e íngreme á jusante, em consequência da movimentação dos sedimentos provocados pelo vento, que abrandam a encosta de montante e deslizam abruptamente na encosta de jusante.

Quando a ação das correntes aéreas é intensa e continua, pode soterrar localidades litorâneas.

### **Causas**

O processo de acumulação das dunas de areia nas áreas litorâneas ocorrem em função da(s):

- características geológicas do relevo litorâneo;
- características topográficas e grau de declividade da faixa de contato entre o mar e a região litorânea, entre o limite das águas pouco profundas e os primeiros obstáculos da borda continental,
- intensidade e sentido das correntes marinhas locais;
- maior ou menor proximidade da foz dos rios ricos em sedimentos; -
- quantidade do material sedimentar em suspensão e de correntes marinhas que movimentam o material, ao longo das costas;
- presença de costas deprimidas e de terras baixas, que facilitam a deposição das areias
- intensidade das ondas e altura das marés.

Os processos de movimentação das dunas de areia dependem da(s):

- topografia de faixa litorânea;
- intensidade, duração e sentido dos ventos dominantes;
- densidade das areias depositadas pelo mar;
- ações antrópicas relacionadas com a constituição da vegetação litorânea.

### **Ocorrência**

No Brasil, a mais importante região de dunas costeiras ocorre no litoral setentrional correspondente ao Maranhão, denominada de lençóis maranhenses. Ocorrem, também, dunas nos litorais dos Estados do Rio de Janeiro, nas proximidades de Cabo Frio, e de Santa Catarina.

Os processos de soterramento de localidades, pela movimentação das dunas, são muito pouco importantes.

### **Monitorização, Alerta e Alarme**

O acompanhamento do movimento das dunas, o conhecimento do regime dos ventos dominantes na área afetada e o estudo da cobertura vegetal, permitem uma razoável antecipação sobre a evolução do problema.

### **Medidas Preventivas**

Em princípio, as localidades não devem ser construídas em áreas sujeitas a ação das dunas. As medidas preventivas têm por objetivo reduzir o arraste superficial, ou seja, o movimento das partículas de areia não fixa, ao longo da superfície do solo, por rolamento.

As melhores medidas preventivas relacionam-se com a conservação e com a restauração da vegetação, por intermédio de plantas fixadoras do solo, como gramíneas e plantas de estolho, ricas em resíduos, que mantêm uma cobertura de proteção do solo.

Também, a construção de quebra-ventos, barreiras de arbustos e de árvores, plantados em direção perpendicular a dos ventos dominantes, e que têm por objetivo reduzir a velocidade do vento nas camadas próximas do solo e diminuir o transporte eólico do mesmo.

## **CAPITULO IV – DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS COM DESEQUILÍBRIOS NA BIOCENOSE**

CODAR: **NB**/CODAR: **14**

### TITULO 1 - PRAGAS ANIMAIS

- 1 - Ratos Domésticos
- 2 - Morcegos Hematófagos
- 3 - Ofídios Peçonhentos
- 4- Gafanhotos
- 5 - Formigas Saúvas
- 6- Bicudos
- 7- Nematóides

### TITULO II- PRAGAS VEGETAIS

- 1 - Pragas Vegetais Prejudiciais à Pecuária
- 2 - Pragas Vegetais Prejudiciais à Agricultura
- 3 - Maré Vermelha

## **Classificação**

Os desastres naturais relacionados com desequilíbrios na biocenose são aqueles provocados pela ruptura do equilíbrio dinâmico existente:

- entre os biótopos e a biocenose dos ecossistemas
- na própria biocenose, caracterizando-se a dominância de determinadas espécies vegetais ou animais, que passam a proliferar intensamente e atuar como pragas.

Esses desastres relacionam-se com processos relativos à biosfera e são classificados em:

- pragas animais;
- pragas vegetais.

### **Introdução**

As pragas animais ocorrem quando há um inusitado incremento de uma determinada-espécie animal, que passa a predominar sobre as demais, em função da ruptura do equilíbrio biológico. Normalmente, uma praga desenvolve-se em função do aumento do seu substrato alimentar e da redução de seus inimigos naturais, predadores e competidores.

As principais pragas animais que ocorrem no Brasil são:

- ratos domésticos;
- morcegos hematófagos;
- ofídios peçonhentos;
- gafanhotos;
- formigas saúvas;
- bicudos;
- nematóides



### Caracterização

Os roedores de importância sanitária no Brasil pertencem à família dos Muríneos e são distribuídos em dois gêneros: *Rattus* e *Mus*. A esses gêneros pertencem ratos de origem asiática, transportados e disseminados no Brasil, a partir da época do descobrimento, pelas caravelas dos navegadores, e pertencem às seguintes espécies:

- *Rattus rattus* - gabiru ou rato-de-telhado;
- *Rattus norvegicus* - ratazana ou rato norueguês;
- *Mus musculus* - camundongo.

Várias características biológicas e ecológicas contribuem para maximizar os efeitos adversos provocados pelos ratos, dentre as quais cabe ressaltar:

- o onivorismo, que permite a rápida adaptação das populações de ratos aos alimentos disponíveis;
- a extrema rusticidade e capacidade de adaptação ao meio, facilitando sua sobrevivência, mesmo em condições extremamente adversas, que limitam o desenvolvimento de outras espécies;
- a grande capacidade de proliferar, que permite que os ratos assumam características de pragas, competindo em condições dominantes com outros animais;
- a capacidade de conviver em íntima associação com a espécie humana, tirando proveito de seus alimentos e de seus abrigos;
- a necessidade biológica de roer, fazendo com que estraguem dez vezes mais do que consomem;
- o hábito de dejetar enquanto se alimentam, facilitando a contaminação dos alimentos humanos com fezes e urina;
- a participação na cadeia de transmissão de importantes enfermidades, altamente prejudiciais à espécie humana.

Ao roerem tudo que tenha menor consistência que seus dentes, os ratos danificam sacarias; mobiliários; instalações hidráulicas e elétricas, provocando curtos-circuitos e incêndios; devastam plantações, hortas e pomares; atacam depósitos de gêneros e celeiros.

Animal furtivo costuma passar despercebido, enquanto causa imensos prejuízos. Calcula-se que os prejuízos provocados por um rato, durante um ano, equivalem a US\$ 20,00. No Brasil, a proporção entre ratos e seres humanos é superior a 3:1. Dessa forma, os mais de 450 milhões de ratos existentes no Brasil estão causando prejuízos superiores a US\$9 bilhões.

Os ratos participam da cadeia de transmissão de numerosas doenças, dentre as quais, as mais importantes são: a leptospirose, a peste bubônica e numerosas salmoneloses.

Estimativas moderadas concluíram que, em 1968, os ratos estragaram alimentos que permitiriam manter 85 milhões de pessoas, em condições ótimas de nutrição.

Por todos esses motivos, os ratos são considerados os mamíferos mais nocivos e o

inimigo número um da espécie humana.

## **Medidas Preventiva e de Controle**

O controle dos ratos depende de medidas:

- permanentes ou de anti-ratização;
- temporárias ou de desratização.

Dentre as medidas permanentes ou de anti-ratização, cumpre destacar:

- a construção de moradias e demais edificações á prova de ratos;
- a eliminação de pequenas aberturas existentes nas construções e telagem das aberturas permanentes, como canos de esgotos;
- eliminação de abrigos, que possam ser utilizados como ninhadas;
- supressão de fontes de alimentos.

Quando foi iniciada a construção de Brasília, as técnicas de anti-ratização eram perfeitamente conhecidas. A capital brasileira, portanto, poderia ser imune aos ratos, caso seus planejadores tivessem utilizado essas técnicas.

O detalhamento das medidas de anti-ratização poderá ser estudado em textos especializados de Engenharia Sanitária.

Dentre as medidas temporárias ou de desratização, cumpre destacar:

- a aplicação de métodos físicos, como chamas, emparedamento ou afogamento das ninhadas ou, ainda, a utilização de ultra-sons;
- a utilização de ratoeiras com iscas;
- emprego de animais predadores, como cães de pequeno porte, gatos, gaviões, mangustos e jibóias;
- utilização de fumigações, que só devem ser utilizadas em porões de navios e em instalações desabitadas, a fim de reduzir os graves riscos de intoxicação exógena de homens e animais, domésticos;
- utilização de iscas com rodenticidas.

Os rodenticidas mais utilizados são os anticoagulantes, como a cumarina e a warfarina, os quais, por necessitarem de doses acumulativas para produzir efeito tóxico e por terem antígenos eficientes, apresentam riscos pouco importantes para homens e animais.

A Sila Vermelha também é muito utilizada, pois, quando ingerida acidentalmente por seres humanos ou animais, provoca vômito intenso, que elimina o veneno. Como os ratos não possuem o reflexo do vômito, ao ingerirem a droga, acabam morrendo intoxicados.

## 2 – Morcegos Hematófagos

CODAR: **NB.AMH** /CODAR: **14.102**

### Caracterização

Os morcegos são os únicos mamíferos alados e pertencem à ordem dos Quirópteros, composta por 16 famílias, 173 gêneros e 875 espécies. Existem em todo o mundo, menos nas regiões polares e em algumas pequenas ilhas oceânicas.

Das 16 famílias, apenas a *Desmodontidea*, com três gêneros e três espécies, é constituída por morcegos hematófagos. Os desmodontideos existem apenas na América tropical, do norte do México até as regiões centrais do Chile e do norte da Argentina.

Desde a época Pré-Colombiana, os morcegos são representados em monumentos, como seres demoníacos. É importante registrar que as lendas da Transilvânia, referentes a morcegos-vampiros são anteriores à descoberta da América e não existem morcegos hematófagos naquela região.

De um modo geral, os Quirópteros apresentam as seguintes características:

- adaptação perfeita ao vôo;
- tamanho pequeno ou médio;
- olhos pequenos e orelhas desenvolvidas;
- membros posteriores reduzidos;
- membros anteriores com falanges extremamente alongadas e unidas por membrana alar;
- membrana alar denominada patágio, um prolongamento da epiderme, que se desenvolve ao longo dos espaços interdigitais, recobrimdo os membros anteriores e todo o corpo;
- o esqueleto apresenta particularidades interessantes: o rádio é mais longo que o úmero, o cúbito, a tíbia e o perônio são reduzidos e as falanges alongadas;
- possuem o sentido de colocação, através do qual captam pelos órgão auditivos c's ultra-sons que emitem e refletem-se nos objetos. O mesmo principio é utilizado nos sonares;
- na grande maioria das famílias, o regime é insetívoro, frunívoro ou nectarívoro;
- apenas os desmodontideos são hematófagos
- de hábitos crepusculares e noturnos, refugiam-se em ambientes escuros durante o dia;
- possuem um par de mamas peitorais ou axilares;
- a fêmea normalmente tem uma cria de cada vez e a transporta durante o vôo.

A família dos desmodontideos apresenta as seguintes características distintivas:

- grandes incisivos superiores, com bordos cortantes e biselados;
- caninos bastante desenvolvidos;
- ausência de cauda;
- regime hematófago, preferindo o sangue de aves e mamíferos.

A espécie mais importante de morcegos hematófagos, que existe no Brasil, é a *Desmodus rotundus*, e apresenta as seguintes características distintivas:

- pelagem do dorso de tonalidade castanho-fuliginosa e ventral, de tonalidade cinza-prateada;
- os membros e as conchas das orelhas têm cor avermelhada;
- o corpo tem aproximadamente 8 cm de comprimento e a envergadura das asas é

- de aproximadamente 35cm;
- é robusto, rústico e adaptado a diferentes condições ambientais, vivendo em altitudes que variam entre o nível do mar e 2.500 m;
- a folha nasal é pouco desenvolvida.

De hábitos noctívagos, permanecem abrigados durante o dia em cavernas, ocos de árvores, cupinzeiros, taperas e forros de casas. Gregários, normalmente organizam-se em pequenas colônias, que podem, em regiões de criação de gado, atingir mais de mil indivíduos.

Alimentam-se do sangue de mamíferos, de aves e até do próprio homem. Tanto o macho, como a fêmea, são hematófagos e atacam suas presas enquanto dormem, tendo o hábito de voltar á mesma vítima, por várias noites seguidas.

Voam silenciosamente e pousam delicadamente sobre a vítima, sem acordá-la. Utilizam os incisivos para cortar a pele nos locais onde ela é mais delgada e os vasos mais superficializados, produzindo cortes de aproximadamente 16 mm de extensão e 5 mm de profundidade.

Sua saliva é anticoagulante e facilita o sangramento. Para sugar o sangue, os morcegos aplicam os lábios na ferida e lambem o sangue com rápidos movimentos, ingerindo, em média, 15 cm<sup>3</sup> como a ferida continua sangrando, a perda de sangue corresponde a 60 cm<sup>3</sup>.

As sangrias sucessivas enfraquecem as presas e o morcego pode transmitir infecções, das quais a mais importante é a raiva, virose mortal para animais e para o homem.

No Brasil, aproximadamente 500 mil bois e cavalos são infectados anualmente. Há registro de casos de raiva humana transmitida por morcegos.

Um importante hábito do morcego, relacionado com o ritual de reconhecimento, favorece o combate aos mesmos. Os morcegos, ao retornarem às colônias, após se alimentarem, são recebidos por seus companheiros que os lambem demoradamente.

### **Medidas Preventivas e de Controle**

Para combater os morcegos hematófagos, é necessário pessoal especializado e devidamente habilitado, obrigatoriamente protegido por grossas luvas de couro. A técnica de combate é extremamente simples e consiste em estender, ao redor dos currais, uma rede de tecido ou de malha, extremamente finos, a qual não é detectada pelo sentido de colocação dos morcegos.

Durante a noite, os morcegos enredam-se nas malhas da rede e os técnicos, protegidos por suas luvas, retiram-nos, espargem sobre sua pele uma pomada com produtos anticoagulantes, liberando-os em seguida.

Ao retornarem aos seus abrigos, a droga é absorvida por seus companheiros durante o ritual de reconhecimento. Os morcegos, intoxicados, morrem em consequência de hemorragias.

### 3 – Ofídios Peçonhentos

CODAR: **NB.AOP/CODAR: 14.103**

#### Caracterização

Normalmente, as cobras venenosas só picam as pessoas quando molestadas, numa atitude de defesa. Quando se sentem em risco, assumem uma posição que facilita o bote. A Surucucu pode ter atitude agressiva, mesmo quando não provocada. As cobras dessa espécie apresentam uma forte atração pela luminosidade e podem ser atraídas pela luz de lanternas acesas durante a noite, na floresta.

Na picada da cobra venenosa aparecem dois pontos maiores e mais profundos, seguidos de outros menores. Na picada das cobras não venenosas aparecem apenas vários pontos pequenos.

#### Quadro Comparativo de Características de Cobras

QUADRO COMPARATIVO DE CARACTERÍSTICAS DE COBRAS		
	Venenosa	Não Venenosa
Cauda	-Curta e grossa, com afinamento brusco	- Fina, com afinamento progressivo
Cabeça	- Destaca-se bem do corpo - Forma triangular - Escamas semelhantes às do corpo	- Continuidade do corpo - Forma ovalada - Escamas mais alargadas e diferentes
Atitude	- Na presença de outro animal: torna-se agressiva; fica em posição de bote	- Na presença de outro animal: - torna-se medrosa; - foge
Dentição	- Um par de dentes em forma de agulha - Presença de Bolsa para veneno	- Dentes de tamanho iguais e regulares
Fosseta lacrimal	- localizada entre os olhos e a narina	- não há

As cobras venenosas do Brasil pertencem a quatro gêneros:

- *Bothrops*, cuja espécie-tipo é a Jararaca;
- *Crotalus*, cuja espécie-tipo é a Cascavel;
- *Lachesis*, cuja espécie-tipo é a Surucucu;
- *Micrurus*, cuja espécie-tipo é a Coral-verdadeira.

#### Sinais e Sintomas que Permitem Orientar a Classificação das Serpentes

##### Reações locais:

- dor local persistente que aumenta progressivamente com inchação, vermelhidão, arroxamento, podendo aparecer bolhas: gêneros *Bothrops* e *Lachesis*;
- dor local e pouco intensa, com a região da picada ligeiramente inchada e com sensação de formigamento: gênero *Crotalus*;

- ausência de dor, com sensação de adormecimento que se propaga ao longo do membro: gênero *Micrurus*.

#### Características da face da vítima:

- face inaracterística (sem alteração): gêneros *Bothrops* e *Lachesis*;
- face traduzindo lesão neurológica, com pálpebras superiores caídas (ptose palpebral), redução ou perda da visão: gênero *Crotalus*;
- face traduzindo lesão neurológica, com salivação grossa, dificuldade de falar e de engolir: gênero *Micrurus*.

#### Dores musculares:

- dores musculares (mialgias) generalizadas especialmente na nuca: gênero *Crotalus*.

#### Hemorragias:

- hemorragias com o sangue apresentando dificuldades para coagulação: gêneros *Bothrops* e *Lachesis*;

#### Alterações na urina:

- urina escura: gênero *Crotalus*;
- redução da urina: gêneros *Bothrops* e *Lachesis*.

#### Sintomas digestivos

- diarreia: gênero *Lachesis*.

#### Sintomas respiratórios:

- falta de ar (dispnéia), podendo chegar à insuficiência respiratória aguda gênero *Micrurus*.

### **Medidas Preventivas e de Controle**

Em caso de acidente ofídico, compete ao socorrista:

- manter a vítima deitada, calma e sem fazer movimentos;
- não permitir qualquer esforço da vítima, porque a movimentação facilita a absorção do veneno pelo sangue;
- lavar o local com bastante água corrente;
- colocar compressas frias ou bolsas de gelo sobre a lesão;
- procurar identificar o gênero da cobra que picou o paciente;
- matar a cobra e levá-la ao posto, para facilitar a identificação;
- transportar a vítima para o posto de tratamento antiofídico mais próximo.

Em caso de acidente ofídico, é proibido:

- permitir que a vítima se movimente;
- dar bebida alcoólica, querosene, fumo, urina ou qualquer remédio caseiro;
- passar garrote ou torniquete, já que o mesmo impede a circulação e facilita a necrose ou gangrena do membro afetado;
- fazer cortes ou perfurações com canivetes ou objetos, por facilitarem a hemorragia e a infecção;
- colocar na ferida folhas, pó de café, fezes ou terra, por produzirem infecção.

É importante caracterizar que o único tratamento efetivo para picada de cobra é a administração de soro antiofídico.

Quando a cobra for identificada, usar o soro antiofídico específico:

- antibotrópico, nos acidentes provocados por serpentes do gênero *Bothrops*. como a Jararaca;
- anticrotalico, nos casos de acidentes provocados por Cascavel;
- antilaquésico, nos casos de acidentes provocados por Surucucu;
- antielapídico, nos casos de acidentes provocados por Coral-verdadeira.

Quando não for possível identificar a cobra, usar soro antiofídico polivalente, mistura de soro antibotrópico com anticrotalico, em todo o Brasil, menos na Amazônia. Na floresta Amazônica, é indicado o soro antiofídico polivalente amazônico, mistura de soro antibotrópico e antilaquésico, já que, na selva, não existe Cascavel.

Em caso de acidentes ofídicos ou com artrópodes (escorpiões, aranhas etc.), os telefones abaixo são úteis para retirar dúvidas e para informar o posto de tratamento antiofídico mais próximo

<b>ENDEREÇOS E TELEFONES PARA EMERGÊNCIAS OFÍDICAS (JULHO/1993)</b>		
Estado	Endereço	Telefone
Acre	Rio Branco – Rua cel. João Donato S/N	(068) 224.1582
Alagoas	Maceió - Av. Duque de Caxias 897	(082)221.6151 R: 51
Amapá	Macapá - Av. Procópio Rola S/N	(096) 222.2107
Amazonas	Manaus - Av. Pedro Teixeira S/N	(092) 238.4294
Bahia	Salvador - Av. 7 de Setembro, 270	(071) 247.6092
Ceará	Fortaleza - Av. Almirante Barros 500	(085)243.7570
Distrito Federal	Brasília - SMHS - Ed. Pioneiras Sociais 9º andar	(061) 226.2806
Espírito Santo	Vitória - Av. Mascarenhas de Moraes 2.025	(027) 225.8352
Goiás	Goiânia - Av. Pres. Costa e Silva S/N	(062) 249.1094
Maranhão	São Luis - Rua Rio Branco 9	(098) 221.2526
Mato Grosso	Cuiabá - Av. Adauto Botelho S/N	(065) 361.5894
Mato Grosso do Sul	Campo Grande - Av. Sen. Finto Múllier S/N	(067) 3873031
Minas Gerais	Belo Horizonte - Av. Amazonas 266, 16º andar	(031) 212.5000 R:166
Pará	Belém - Rua Pres. Pernambuco 422	(091)225.1298
Paraíba	João Pessoa - Av. Dom Pedro II 1.826	(083)222.3233 R:221
Paraná	Curitiba - Rua Engª Rebouças 1.707	(041) 224.3585 R:275
Pernambuco	Recife - Pça. Oswaldo Cruz S/N	(081) 222.4793
Piauí	Teresina – Av. Pedro de Freitas S/N	(086) 222.1925
Rio de Janeiro	Rio de Janeiro - Rua México 128, 8º andar	(021) 240.4131
Rio Grande do Norte	Natal - Av. Deodoro 730, 7º andar	(084)222.9529
Rio Grande de Sul	Porto Alegre - Rua Domingos Crescêncio 132, 8º andar	(051)223.6110
Rondônia	Porto Velho - Rua Pe. Ângelo Cerri S/N	(069) 223.3255 R:33
Roraima	Boa Vista - Av. Cap. Enes Garcez 1.036	(095) 224.7430
Santa Catarina	Florianópolis Centro de informações Toxicológicas - Hospital Universitário	(048) 231.9535
São Paulo	São Paulo - Av. Vital Brasil 1.509	(011) 814.3816
Sergipe	Aracaju - Pça. Gal. Valadão S/N	(079) 224.8565

		R: 175
Tocantins	Palmas - Sec. de Saúde - Coord. de Zoonoses	(062) 862.1164

#### 4 – Gafanhotos ( Locusta)

CODAR: **NB.AGF/CODAR: 14.104**

##### Caracterização

Desde a Antigüidade, o gafanhoto é reconhecido como uma praga de culturas e de *pastagens*, responsável por grandes desastres. A oitava praga do Egito, narrada no Livro do Êxodo, da Bíblia, refere-se à destruição dos trigais, causa da por uma infestação de gafanhotos. A imagem de gafanhotos é freqüente em monumentos assírios.

No Brasil, o gafanhoto é uma praga com características sazonais e as grandes infestações costumam ocorrer após os períodos de estiagem, em função de uma expansão explosiva das populações desses insetos.

No País, as principais espécies responsáveis por infestações são:

- a partir do norte da Argentina, penetrando pelos Estados sulinos, e atingindo o sul de Minas Gerais, as *Schistocerca americana*, *S. paranaensis* e *S. canellata*, genericamente conhecidos como gafanhotos invasores sul-americanos;
- na área compreendida entre os paralelos 12 e 14 e que se estende de Rondônia até a divisa de Goiás, o *Rhammathocerus sp.*, cujos principais criadouros se localizam nas reservas dos índios Parecis;
- no Nordeste, o *Schistocerca pallus*, conhecido como gafanhoto polígrafo do Nordeste;
- em São Paulo, o *Rhammathocerus pictus Brunnei*;
- em Minas Gerais, os *Dichroplus brasiliensis*, *Statorhorectus longicomis* e *Euplectrotteilx sp.*

O *Rhammathocerus sp.*, quando adulto, tem um comprimento médio de 4,2 cm e apresenta a seguinte distribuição de colorações:

- cinza-claro, com manchas cinza-escuro, nas asas anteriores;
- verde ou cinza-claro, no tórax e na frente;
- azul-metálico, na mandíbula, parte interna das coxas e partes terminais das tíbias;
- laranja, no restante da tibia.

Na região de Rondônia e de Mato Grosso, o desenvolvimento desse gafanhoto se dá de acordo com a seguinte cronologia:

- época de postura, nos meses de outubro-novembro;
- eclosão dos saltões, nos meses de novembro-dezembro;
- após cinco estágios, que duram em média 26 dias, os saltões atingem a fase adulta em abril-maio;
- migram em agosto-setembro;
- acasalam em setembro-outubro.

Cada fêmea põe, em média, 100 ovos, distribuídos em cinco posturas. Os ovos, envolvidos por ootecas, são enterrados a uma profundidade média de 5 cm.

Assim que eclodem, os saltões reúnem-se em bandos compactos e passam a se alimentar. A partir do terceiro estágio, os bandos começam a se movimentar, aumentando o tamanho da área infestada.



A movimentação aumenta ainda mais, quando os saltões atingem o quarto e quinto estágios. Nessa condição, permanece na área do cerrado, nos períodos mais quentes do dia, e infestam as áreas de cultura, nos períodos mais frescos.

Em abril, atingem a fase adulta. Os bandos continuam crescendo e movimentando-se entre a vegetação nativa e as áreas de cultura, causando grandes danos às pastagens e, especialmente, às plantações de arroz.

Em agosto, formam-se grandes nuvens, de aproximadamente 30 km de comprimento, por 2,5 km de largura, e começa a migração. Os gafanhotos deslocam-se a uma altura máxima de 30 m. Uma nuvem de gafanhotos pesa aproximadamente 100 toneladas e, diariamente, destrói um volume de massa verde equivalente a seu peso.

Normalmente, as nuvens movimentam-se no sentido dos ventos dominantes e, terminada a migração, os bandos se separam, iniciando-se o acasalamento.

Os *Rammathecerus* apresentam a seguinte preferência alimentar, em ordem decrescente:

- gramíneas nativas;
- culturas de arroz;
- culturas de cana-de-açúcar e de milho;
- culturas de sorgo forrageiro;
- pastagens artificiais;
- soja e feijão.

### **Medidas Preventivas e de Controle**

O controle dos gafanhotos é mais fácil nas fases iniciais, enquanto saltões de primeira e terceira muda, quando têm pouca mobilidade.

Nessas fases, as galinhas d'angola podem exercer um razoável controle biológico dos saltões.

Quando as infestações por saltões se intensificam, utilizam-se inseticidas organofosforados, como o Fenitrothion e o Malathion, em formulações de ultra-baixo volume (UBV), nas dosagens de 200 e 800 g, respectivamente, de princípio ativo por hectare. A diluição em óleo de algodão parece aumentar a eficácia das preparações.

Para combater as nuvens migratórias, é necessário utilizar aviões espargidores, e as formulações de UBV, para via aérea, aumentam, respectivamente, para 300 e 1.000 g por hectare, de Fenitrothion e Malathion.

### Caracterização

As formigas são insetos de ordem dos Himenópteros, sub-ordem Apócrifa, superfamília Formicoidea e família Formicidae.

São insetos sociais, cujas colônias são constituídas por:

- imensa população de fêmeas operárias, sem asas e reprodutivamente não funcionais;
- uma fêmea fértil ou rainha, única que põe ovos;
- fêmeas virgens, ocasionalmente destinadas a formar novas colônias;
- machos alados, que ocasionalmente morrem poucas horas após fecundarem as fêmeas.

Num formigueiro de saúvas, existem várias castas de formigas operárias:

- operárias mínimas, que se ocupam da cultura do fungo e da alimentação das larvas e pupas;
- operárias médias, que se ocupam dos trabalhos de escavação e do corte e transporte de folhas;
- operárias máximas ou soldados, especializadas na defesa da comunidade e, para tanto, providas de mandíbulas poderosas e afiadas.

As saúvas são formigas agricultoras, que cultivam um fungo microscópico, do qual se alimentam. A associação entre a saúva e o fungo é uma simbiose obrigatória:

- a espécie de fungo utilizada como alimento das saúvas só existe nos sauveiros e só se perpetua porque é cultivada pelas mesmas;
- a saúva só consegue sobreviver e alimentar os imensos contingentes populacionais dos sauveiros, cultivando o fungo.

A organização do sauveiro e a reserva de alimentos mantida no subsolo permitem a sobrevivência da colônia às adversidades ambientais, inclusive quando a região é completamente devastada pelo fogo.

A primeira revoada nupcial ocorre após três anos de evolução do sauveiro, normalmente na estação das chuvas (setembro-dezembro), correspondente à primavera.

Nessa oportunidade, o sauveiro adulto tem várias centenas de painéis e abriga de 3 a 4 milhões de operárias, todas nascidas de uma única fêmea.

Nessas condições, distinguem-se os elementos sexuais, numa proporção de 3.000 fêmeas ou içás e 20.000 machos ou bitus. A proporção de 7 machos para uma fêmea garante a fecundação de todas, que normalmente cruzam com mais de um macho.

A içá ou tanajura é mais volumosa que as operárias e, antes de iniciar seu vôo, retira uma pelotinha de fungo, com filamentos de micélio vivo, do ninho onde se criou, e guarda na sua boca.

Os machos morrem logo após o vôo nupcial e as fêmeas, uma vez fertilizadas, voltam ao solo, libertam-se das asas e dão início ao novo sauveiro.

Durante seis a dez horas, a içá:

- perfura um canal com aproximadamente 10 cm de profundidade por 1 cm de diâmetro, em local livre de vegetação, retirando e transportando os grãos de terra para a superfície;
- alarga a extremidade do canal, cavando uma câmara ou panela, com aproximadamente 2,5 cm de raio;
- entope o canal de cima para baixo, de forma que, concluído o trabalho, permanece isolada do mundo exterior, na câmara recém-construída.

A içá nunca mais retornará à superfície do solo, em condições naturais.

A colônia permanecerá isolada por três a quatro meses e somente quando a população de operárias ultrapassar cinquenta, a comunicação com a superfície será restabelecida.

Estudos experimentais demonstraram que, para cada 6.000 içás fecundadas, apenas três sobrevivem e conseguem fundar novas colônias. Apesar disso, após cada revoada, o número de sauveiros de uma área determinada tende a crescer 250%.

Os principais fatores naturais de limitação da proliferação de novas colônias são:

- ataque das aves, que devoram as içás no ar, durante a revoada;
- ataque de inúmeros predadores, inclusive aves de hábitos terrestres, enquanto as içás escavam o canal inicial;
- ataque de formigas carnívoras e de animais subterrâneos à câmara inicial;
- ataque de tatus, que pressentem as câmaras isoladas e escavam túneis para devorá-las;
- morte do micélio do fungo, ao ser regurgitado, que inviabiliza o desenvolvimento da colônia.

Somente quinze meses após o vôo inicial é que se pode considerar uma colônia como devidamente estabelecida.

Os tamanduás, embora alimentem-se de formigas e de térmitas, raramente destroem a colônia ou atacam a rainha-mãe.

Conclui-se, dessa forma, que o combate à saúva é mais eficiente quando desenvolvido contra os sauveiros em fase de desenvolvimento, antes que se iniciem as revoadas nupciais.

Os vegetais que as saúvas cortam e levam para o interior dos sauveiros não lhes servem diretamente de alimento. São cortados, mascarados e transformados numa massa esponjosa, utilizada como canteiro para plantar o fungo que serve de alimento à colônia.

Da mesma forma que o homem, as saúvas cultivam seus alimentos transplantando micélios de canteiros antigos para a massa esponjosa, preparada a partir de folhas frescas.

As esponjas de vegetais são constantemente renovadas e os vegetais recém-cortados são colocados nas camadas superiores, enquanto a matéria vegetal, já esgotada, é retirada da parte basal e depositada em painéis de lixo, para onde são

levados todos os cadáveres da colônia.

Nas panelas de lixo, desenvolve-se uma fauna muito rica, constituída por insetos e outros artrópodes, como moscas, ácaros e besouros, dos quais:

- alguns se alimentam dos detritos;
- outros são carnívoros e alimentam-se dos primeiros.

Compete à rainha iniciar a cultura do fundo, regurgitando a pelotinha que transportou durante o vôo inicial, utilizando-a como semente da nova cultura, após adubá-la com uma gotícula do líquido fecal. Na medida em que a cultura vai se expandindo, a rainha transplanta parte da mesma e utiliza seu líquido fecal para intensificar sua proliferação.

Enquanto o fungo se desenvolve, a rainha vai depositando ovos e, em aproximadamente trinta dias, eclodem as primeiras larvas que, por não se locomoverem, têm que ser alimentadas individualmente pela rainha.

O fungo não se desenvolve plenamente, enquanto a colônia permanece enclausurada. Nessas condições, a rainha alimenta a colônia com uma reserva nutritiva, semelhante ao leite dos mamíferos, contido num envoltório resistente e denominado ovo de alimentação. A rainha tem condições de alimentar a colônia durante 120 dias e, para cada ovo verdadeiro, deposita dez ovos de alimentação, oferecendo-os às suas larvas e transportando-os nas mandíbulas.

Quando a câmara é reaberta e inicia-se o corte dos vegetais, o fungo desenvolve-se rapidamente e o alimento, abundante, passa a ser servido às larvas pelas operárias que, antes, transformam os fungos numa papa, regurgitada para as mesmas.

Com o crescimento da colônia, aumenta o número de câmaras ou panelas, cresce a circulação vertical e desenvolve-se um verdadeiro labirinto de túneis horizontais, unindo a circulação vertical à base das panelas. A terra retirada é acumulada na superfície, formando amontoados de terra solta, denominados murundus.

Com trinta e seis meses, o saueiro tem, aproximadamente:

- 1.000 aberturas externas ou olheiros;
- várias centenas de panelas;
- um verdadeiro labirinto de túneis, por onde circulam as formigas cortadeiras, transportando pedaços de vegetais.

A população de formigas operárias oscila entre 3 e 4 milhões e o tamanho dessas varia entre 2 mm e 15 mm. A variação do tamanho não depende do crescimento na fase adulta, e sim na fase larvária, antes mesmo da transformação em pupas.

A fêmea fundadora da colônia é relativamente longeva, vivendo entre 15 e 20 anos. Com a morte da rainha, o saueiro está fadado à destruição, uma vez que as operárias, em nenhuma hipótese, permitem a sua substituição, mesmo em condições de laboratório.

Como já informado, alguns meses antes da revoada, surgem dois tipos povos de formigas, caracteristicamente alados:

- os machos ou bitus;
- as fêmeas ou içás

Compete a essas formas aladas fundar as novas colônias. Os machos perdem sua

utilidade e morrem após a fecundação. Das fêmeas fecundadas, 99,5% morrem sem fundar novas colônias.

## Ocorrência

No mundo, existem de 10.000 a 15.000 espécies de formigas, das quais aproximadamente 3.000 vivem em áreas neotropicais.

As formigas formam a maior população de animais macroscópicos do globo terrestre.

No Brasil, as formigas de maior importância são as saúvas, pertencentes à subfamília Myrmecinae, gênero *Atta*. Das quatorze espécies desse gênero, a mais nociva para as culturas é a *Atta sexdens rubropilosa*.

Não há saúvas nas regiões de floresta fechada, ao passo que, nos campos, nos terrenos de cultura e -nas regiões onde a mata foi destruída, elas aparecem em grande quantidade.

## Medidas Preventivas e de Controle

O combate às saúvas e às demais formigas cortadeiras depende de medidas, relacionadas com:

- proteção ambiental e incremento da biodiversidade;
- proteção dos predadores, como aves insetívoras, tatus, galináceos e tamanduás;
- utilização de iscas impregnadas de defensivos.

As iscas granuladas são colocadas à margem dos carreiros das saúvas, sempre que possível, protegidas por pequenas arapucas, que permitem apenas o trânsito de formigas. Essas arapucas evitam que outros animais entrem em contato com as iscas.

Um dos inseticidas mais eficazes para ser utilizado em iscas de saúvas é o dodecacloro-pentaciclodecano, conhecido comercialmente como Dodecacloro.

As formigas cortadeiras transportam as iscas para o saúveiro e as distribuem nas plantações de fungos. A droga envenena o fungo, e a população do saúveiro se extingue.

### Caracterização

O bicudo é um percevejo da espécie *Anothomus grandis* Bhoeman.

Segundo o professor SANTIN GRAVENA, da Universidade Estadual Paulista de Jaboticabal, as pragas-chave dos algodoeiros, por destruírem os botões florais e as maçãs, são:

- bicudo - *Anothomus grandis* Bhoeman;
- lagarta-da-maçã - *Heliothis virescens* Fabricius;
- lagarta-rosada - *Pectinophora gossypiella* Sanders.

As demais pragas dos algodoeiros são:

- percevejo rajado - *Horcias nobilellus* Berg,
- broca da raiz - *Eutinobothrus brasiliensis* Hambleton;
- pulgão - *Aphis gossypii* Glover;
- ácaro vermelho - *Tetranychus ludeni*;
- curuquerê - *Alabama argillacea* Huebner.

Genericamente, o ciclo de cultura do algodoeiro pode ser subdividido nas seguintes fases:

- germinação, com duração aproximada de dez dias;
- desenvolvimento vegetativo, com duração média de 45 a 60 dias;
- desenvolvimento dos botões florais e das maçãs, com duração média de 50 a 80 dias;
- desenvolvimento dos capulhos, com duração média de 40 a 60 dias.

Dessas fases, a terceira, correspondente ao desenvolvimento dos botões florais e das maçãs, é a mais vulnerável à infestação por pragas mais importantes ou pragas-chave dos algodoeiros. Quanto mais precoce e mais curta for essa fase, menor será a população das pragas e menor a intensidade dos danos causados por elas.

Na segunda fase, crescimento vegetativo, somente insetos sugadores, como o pulgão ou lagartas comedoras de folhas e o curuquerê, infestam os algodoeiros, causando danos de pouca importância.

Na quarta fase, desenvolvimento de capulhos, os algodoeiros são muito pouco vulneráveis às pragas.

### Principais Efeitos Adversos

A infestação dos algodoeiros pelo bicudo provocou importantes prejuízos econômicos no Brasil.

No Nordeste, o desastre foi de maiores proporções, desorganizando a produção algodoeira e quase inviabilizando importante segmento da economia do agreste, especialmente nos Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, fortemente dependentes do algodão, e, menos, nos Estados do Ceará, Pernambuco, Alagoas e Sergipe.

A exploração algodoeira no Agreste nordestino normalmente é desenvolvida em regime de meação, por pequenos produtores descapitalizados e sem acesso ao crédito bancário.

Como o nível de conhecimento técnico desses produtores normalmente é muito baixo, na grande maioria das vezes:

- utilizam cultivares de baixo potencial genético, em termos de produtividade, precocidade e resistência às pragas;
- plantam em solos desgastados e utilizam pouco os fertilizantes químicos e os adubos orgânicos;
- não utilizam irrigação e, por esse motivo, as culturas são muito vulneráveis às freqüentes instabilidades climáticas da região;
- utilizam pouco os defensivos agrícolas e, freqüentemente, de forma inadequada.

Apesar de todos os aspectos negativos, aproximadamente 3 milhões de trabalhadores nordestinos estão direta ou indiretamente envolvidos com a produção algodoeira. Em consequência, a infestação pelo bicudo contribui para agravar ainda mais as já precárias condições de vida da população sertaneja e para incrementar a migração para os grandes centros urbanos.

### **Medidas Preventivas e de Controle**

O controle da infestação é possível e viável, e os centros de pesquisa já desenvolveram tecnologias adequadas, objetivando a redução das vulnerabilidades dos algodoeiros ao bicudo e a outras pragas.

As maiores dificuldades relacionam-se com as atividades extensionistas. Compete ao extensionista:

- difundir as novas tecnologias;
- promover a mudança cultural, necessária a uma revisão de atitudes mentais, de comportamentos e de práticas arcaicas.

Para promover a modernização do setor, é necessário:

- aumentar a produtividade,
- restabelecer o equilíbrio ecológico,
- viabilizar economicamente a produção e as medidas de controle.

Apesar de todas as dificuldades, o Nordeste tem condições de produzir algodão de muito boa qualidade e a preços competitivos, tanto de variedades arbustivas, como de variedade arbórea.

O controle das pragas e a melhoria da produtividade da cultura algodoeira permitirão:

- aumentar a produção;
- fortalecer a economia da região;
- fixar importantes contingentes de mão-de-obra no sertão.

Para melhorar a produtividade, controlar as pragas e dinamizar a economia, é necessário:

- *melhorar a qualidade genética dos cultivares;*
- *recuperar o solo*
- *incrementar a irrigação;*
- *intensificar o plantio consorciado e a rotação de culturas;*
- *desenvolver técnicas de manejo em grau das pragas dos algodoeiros.*





## **1 - Melhoria dos Cultivares**

A pesquisa genética deve objetivar o desenvolvimento de cultivares altamente produtivos, precoces e resistentes às pragas, sem perder sua rusticidade.

Como as pragas se multiplicam em proporções geométricas, quanto mais rápido ir o ciclo produtivo, menor será o número de indivíduos em condições de infestar as culturas, enquanto vulneráveis.

A fase mais vulnerável corresponde ao desenvolvimento dos botões florais e das maçãs. Após o surgimento dos capulhos, a vulnerabilidade diminui. Dessa forma, quanto mais rapidamente os botões florais evoluírem para capulhos, menor será a vulnerabilidade dos algodoeiros.

O aumento da produtividade é indispensável ao fortalecimento da economia e atua como estímulo à pesquisa e ao desenvolvimento e difusão de tecnologias de ponta.

## **2- Recuperação do Solo**

É desejável que técnicas de manejo integrado de microbacias sejam incrementadas.

A adequada utilização de fertilizantes químicos e, especialmente de adubação orgânica, contribui para:

- melhorar a textura e a fertilidade do solo;
- melhorar a saúde das plantas e a produtividade dos algodoeiros;
- reduzir a vulnerabilidade dos algodoeiros às pragas.

É importante recordar que o fenótipo das plantas depende de dois fatores decisivos e de igual importância:

- dos condicionantes genéticos definidos pelo genótipo dos cultivares;
- de fatores ambientais, responsáveis pela caracterização das potencialidades genéticas.

O cultivar, por melhor qualidade genética que tenha, só desenvolverá plenamente suas potencialidades, se for cultivado em ambiente adequado.

## **Irrigação**

A Irrigação, quando adequada, reduz a vulnerabilidade das culturas aos freqüentes períodos de estiagem, normais na região Nordeste.

A irrigação, além de contribuir para aumentar a produtividade, facilita o plantio de culturas consorciadas e a rotação de culturas.

Nas condições de insolação do Nordeste, a irrigação, associada às técnicas de rotação de culturas, permite a colheita de até cinco safras anuais, contribuindo para a dinamização da economia, para a redução da transumância e para a fixação de grandes contingentes de mão-de-obra.

## **4 - Rotação e Consorciamento de Culturas**

O planejamento adequado e o manejo racional da rotação e do consorciamento de culturas, especialmente com a incorporação ao solo dos restos de cultivo, além de

dinamizar a economia e fixar a mão-de-obra, contribuem para:

- recuperar o solo;
- aumentar a produtividade dos algodoeiros e das outras culturas;
- otimizar o consumo de adubos e fertilizantes;
- aumentar a fixação do nitrogênio ao solo, através da cultura de leguminosas e da incorporação de seus restos de cultivo;
- aumentar a biodiversidade;
- reduzir a incidência de pragas especializadas.

O consorciamento do algodão com o sorgo tem demonstrado efeitos benéficos, porque este atrai numerosos predadores das pragas dos algodoeiros.

#### *5- Manejo Integrado das Pragas dos Algodoeiros*

Os esquemas de tratamento preventivo das pragas com defensivos agrícolas, altamente potentes e de largo espectro, bem como a definição prévia de um calendário de aplicação de defensivos, estão sendo substituídos por tecnologias de manejo integrado das pragas.

Essa evolução fundamenta-se nos mesmos princípios que tornaram a antibioticoterapia preventiva, com antibióticos de largo espectro, completamente ultrapassados na medicina humana.

Da mesma forma que o infectólogo identifica o germe causador de infecção e seleciona o antibiótico específico, através de antibiograma, o agrônomo identifica a praga, caracteriza o limiar de infestação e, quando for o caso, utiliza defensivos específicos.

A revisão crítica demonstrou que técnicas de tratamento preventivo com defensivos de largo espectro, de acordo com esquemas rígidos e pré-fixados de aplicação, contribuíram para selecionar copas altamente resistentes aos defensivos, além de destruírem os predadores naturais das pragas.

A atual filosofia de manejo integrado depende da inspeção constante e meticulosa dos algodoais e da seleção de defensivos agrícolas específicos, direcionados para as pragas prevalentes que, nas inspeções, ultrapassaram os limiares de aceitabilidade. Somente as infestações que ultrapassarem os limiares de aceitabilidade deverão ser tratadas. Dessa forma, o número de borrafações, que muitas vezes ultrapassava 25, pôde ser reduzido para médias variáveis entre quatro e oito.

A técnica de plantio escalonado tem demonstrado ser bastante eficiente. Recomenda-se o plantio dos algodoeiros escalonados em três lotes:

- um pequeno lote de algodoeiros é plantado antecipadamente, nas áreas marginais do algodoal;
- um grande lote de algodoeiros é plantado aproximadamente trinta dias depois, para garantir a produção;
- um terceiro lote é plantado nas áreas centrais do algodoal.

O primeiro lote de algodoeiros que desenvolvam os botões florais e as maçãs muito precocemente atrai os bicudos e outras pragas remanescentes de culturas anteriores, funcionando como 'boi de piranhas (sic). Quando a inspeção comprovar elevados índices de infestação, esse lote deverá ser tratado com elevadas concentrações de defensivos agrícolas, a intervalos de cinco dias. Em seguida, os botões e maçãs atingidos são colhidos, transportados em sacos impermeabilizados e incinerados.

O tratamento do lote principal com defensivos agrícolas dependerá do resultado das inspeções e deverá ser o estritamente necessário para garantir índices elevados de produtividade. Realizada a colheita dos capulhos, arranca-se a soqueira e aguarda-se que o último lote seja infestado pelas pragas residuais.

Quando as inspeções comprovarem que as pragas se concentraram no lote central remanescente, este é tratado com elevadas concentrações de defensivos agrícolas e, em seguida, os botões florais, as maçãs e toda a soqueira-isca são arrancados e incinerados.

O tratamento específico do bicudo pode ser realizado com Endossulfan.

O curuquerê é eficientemente tratado com pulverizações de *Bacillus thuringiensis*.

A lagarta da maçã é tratada com uma mistura de partes iguais de *B. thuringiensis* e piretróides.

A lagarta rosada, por se esconder na intimidade das maçãs, não é atingida por defensivos, e o controle mais eficiente é obtido pela queima das maçãs e da soqueira-isca.

A broca da raiz é destruída na pós-cultura, mediante a queima da soqueira.

Uma aração profunda e terminal garante o enterramento de botões florais e maçãs remanescentes, reduzindo as possibilidades de sobrevivência das pragas-chave, para o próximo ciclo de produção.

Os principais predadores naturais das pragas dos algodoeiros são joaninha, colossoma, lixeiro, *Nabis sp.*, *Orius sp.*, percevejo de olho grande ou *Geocoris sp.*, tesourinha, moscas, aranhas, marimbondos e formigas carnívoras. Esses predadores apresentam níveis variáveis de especialização para pulgões, ácaros, percevejos e lagartas.

Testes de laboratório muito promissores estão permitindo a seleção de uma vespa predadora do bicudo.

É importante caracterizar que os defensivos de largo espectro, quando utilizados, atuam muito mais sobre os inimigos naturais do que sobre as pragas.

## 7 – Nematóides

CODAR: **NB.ANM/CODAR: 14.107**

### Caracterização

Os nematóides parasitas de plantas são animais invertebrados, de simetria bilateral e corpo alongado, não segmentados e afilados nas extremidades.

Esses helmintos apresentam dimensões variáveis, entre 0,5 mm e 4,0 mm de comprimento. Na fase adulta, têm forma vermicular, mas algumas espécies podem apresentar forma arredondada ou de pêra, na fase larvar.

Os nematóides são desprovidos de aparelhos respiratório e circulatório e possuem aparelhos ou sistemas digestivo, excretor, reprodutivo e nervoso, apresentando este um bulbo central e numerosos órgãos sensórios periféricos.

Os nematóides apresentam dimorfismo sexual, mas, em algumas espécies, pode ocorrer reprodução por partenogênese, ou seja, sem a participação do macho e sem fecundação dos óvulos.

O ciclo de vida dos nematóides desenvolve-se em quatro estágios:

- após a fecundação, as fêmeas depositam seus ovos no solo ou nas plantas;
- os ovos eclodem, produzindo larvas;
- as larvas infestam as plantas hospedeiras e evoluem para a fase adulta, através de quatro estágios;
- os machos e as fêmeas adultas iniciam o processo de reprodução.

A duração do ciclo vital varia em função das espécies. Os nematóides que atacam o sistema radicular dos cafeeiros apresentam esses ciclos evolutivos variáveis entre 18 e 21 dias.

A habilidade dos nematóides para sobreviver em condições ambientais adversas varia em função das espécies e é inversamente proporcional ao nível de biodiversidade ambiental. As larvas necessitam encontrar as plantas hospedeiras para se nutrirem e continuarem sua evolução. A maioria dos nematóides que causam doenças às plantas são parasitas obrigatórios e só têm condição de sobreviver, quando parasitam hospedeiros vivos.

As larvas depositadas no solo deslizam sobre filmes de água, até alcançarem a planta hospedeira; são atraídas por exudatos das plantas hospedeiras, e o raio de ação máximo dessas é de 50 cm

A população dos nematóides no solo e na água é fortemente influenciada por fatores climáticos. Relativamente escassos em regiões temperadas, são abundantíssimos em regiões quentes e úmidas.

As fêmeas dos nematóides que parasitam os cafeeiros podem depositar mais de 500 ovos.

Existem nematóides de vida livre ou saprófitos e nematóides fitopatogênicos ou parasitas obrigatórios. Os fitopatogênicos são diferenciados por apresentarem um estilete na região cefálica.

Os nematóides parasitas de plantas podem ser classificados em:

- ectoparasitos, quando se alimentam na superfície das raízes, sem penetrarem nos sistemas reticulares;
- endoparasitos, quando invadem o interior das raízes e se estabelecem na intimidade dos tecidos radiculares;
- semi-endoparasitas, quando apenas uma parte do seu corpo penetra no interior dos tecidos radiculares.

Ao atuarem sobre as plantas hospedeiras, os nematóides podem provocar algumas das seguintes reações:

- hipertrofia e hiperplasia dos tecidos;
- necrose das raízes;
- inibição do crescimento da planta;
- dissolução das paredes celulares;
- lesão das organelas intracelulares;
- interrupção do processo de multiplicação celular.

### **Medidas Preventivas e de Controle**

As tentativas de eliminação dos nematóides através de defensivos agrícolas não foram bem sucedidas.

A monocultura tem contribuído para a especialização dos nematóides e para a intensificação das infestações, dificultando a erradicação dos mesmos e contribuindo para a redução da produtividade.

O enriquecimento do solo, com a incorporação de restos de cultivo, especialmente da mucuma-preta, e a adubação orgânica, especialmente com compostagem de lixo urbano, contribuem para a drástica redução das infestações por nematóides.

A consorciação e a rotação de culturas, por ampliarem a biodiversidade, reduzem o nível de especialização dos nematóides parasitas obrigatórios e o potencial de infestação.

Para as culturas perenes, como as de café e laranja, uma boa técnica é plantar cavalos ou portaenxertos, com sistemas radiculares resistentes aos nematóides, como o cafeeiro *Robusta* e o cítrico Limão-bravo e, sobre esses, enxertar espécies de interesse econômico.

A adubação orgânica, especialmente a que utiliza a compostagem de lixo urbano, devolve ao solo os microorganismos e outras formas de vida, como as minhocas

O desenvolvimento de fungos, bactérias e helmintos saprófagos e de outras formas de vida contribui para:

- enriquecer o solo e intensificar os processos de humificação;
- melhorar a textura e a aeração do mesmo;
- incrementar a biodiversidade e o equilíbrio dinâmico da biocenose,
- intensificar a competitividade pelo substrato nutritivo disponível, com evidente prejuízo para as espécies parasitas obrigatórias;
- ampliar o número de predadores naturais e antagonistas, reduzindo a incidência de pragas.

A melhoria da textura do solo e o incremento do processo de humificação, ao

aumentar a concentração de compostos orgânicos complexos, que atuam como hormônios, contribuem para o desenvolvimento dos sistemas radiculares das plantas, otimizando as condições de nutrição das mesmas

A melhoria do estado nutritivo reflete sobre a saúde geral da cultura, aumenta o nível da imunidade inespecífica e dá resistência orgânica às plantas contra pragas e doenças.

## TITULO II – PRAGAS VEGETAIS

CODAR: **NB.VPP/CODAR: 14.201**

### **Introdução**

As pragas vegetais podem ser classificadas em:

- pragas vegetais prejudiciais á pecuária;
- pragas vegetais prejudiciais à agricultura;
- maré vermelha.



## 1- Pragas Vegetais Prejudiciais à Pecuária

CODAR: **NB.VPP/CODAR: 14.201**

### Caracterização

Essas pragas são constituídas por plantas tóxicas que, ao serem ingeridas por animais domésticos, podem provocar intoxicações, muitas vezes graves, e até mesmo mortais.

O comportamento tóxico de uma planta pode ser bastante variável. Há casos de plantas que podem ser forrageiras em determinadas épocas do ano e tóxicas, em outras; também há casos em que uma planta é tóxica em uma determinada região e inofensiva em outra.

Também varia a parte da planta capaz de produzir efeitos tóxicos, podendo ser as raízes, as folhas, as flores ou as sementes.

Normalmente, os rebanhos só se alimentam de plantas tóxicas em épocas de crise, como nas estiagens, quando escasseiam as forrageiras normais.

### Classificação

As pragas vegetais, em função de seus efeitos, podem ser classificadas em seis grupos:

- 1 - de ação tóxica, que ocasiona morte rápida, sem tempo para tratamento, como Erva de Rato, Jibata, Guizo de Cascavel, Timbó ou Tingui, Camboatá, Cipó-Prata, Camará Bravo e outras;
- 2 - de ação tóxica que; em casos graves, causa a morte, mas permite a tentativa de tratamento, como Algodão Bravo, Laranjinha, Sipaúba e outros;
- 3- fungos tóxicos que matam os capins, como fungos de pastos de *Bracchiana decubens* e fungos de sementes da gramínea *Paspalum*;
- 4- de ação tóxica sobre o sistema nervoso central, como Jurubeba ou Joá Preto, Cavalinha, Mamona, Espichadeira e outras;
- 5 - de ação tóxica fotossensibilizante, como Cambará, Barbatimão, Alecrim e outras;
- 6 - de ação tóxica para o aparelho digestivo, fígado e rins, como Maniçoba, Vassourinha, Maria-Mole, Timbaúba, Dama-da-Noite, Samambaia, Peroba d'Água, Flor Roxa e outras.

## **2- Pragas vegetais Prejudiciais à Agricultura**

CODAR:**NB.VPA**/CODAR: **14.202**

São inúmeras as espécies vegetais que podem competir com as culturas nobres e que costumam ser definidas como ervas-daninhas. A mais típica de nossas ervas-daninhas é a 'tiririca', famosa por sua resistência á erradicação.

A tendência moderna aponta para o desenvolvimento de técnicas de manejo que não erradicam essas ervas, mas aconselham a redução drástica do uso de herbicidas.

Desta forma, procura-se criar condições para que as culturas convivam harmonicamente com níveis compatíveis de plantas invasoras.

#### Caracterização

Fenômeno produzido pela intensa proliferação de algas dos gêneros *Gymnodinium* e *Exuviella*, geralmente dinoflagelados e outros (bactérias, celiado holotrico, alga cianofícia etc), que ocorre em águas profundas, costeiras e próximas de estuários. Trata-se de um fenômeno de ecologia marinha, resultante da ruptura do equilíbrio ecológico entre diferentes componentes do ecossistema, com o crescimento exagerado desses dinoflagelados no plancton. Traduz-se por uma mudança de coloração da água, que se torna vermelha, rosada, amarelo-marrom, amarelo-esverdeado, amarelo-camurça, vermelho-tijolo, sanguínea ou cor de chocolate.

O fenômeno se processa nas camadas superficiais, com duração de 48 horas, até várias semanas.

As pessoas expostas ao fenômeno podem apresentar coriza, espirros, conjuntivas injetadas, olhos lacrimejantes, tosse seca (sem expectoração), artemia e dor de cabeça, náuseas, vômitos e sensação de ardor nas mucosas do nariz, garganta e olhos. Os recém-nascidos e as pessoas idosas são mais sensíveis.

Essa proliferação pode provocar a morte em massa de organismos marinhos, provavelmente provocada pela competição pelo oxigênio. A maré vermelha pode ser mortal para seres humanos que se alimentem de frutos do mar contaminados, pois estes sintetizam uma neurotoxina que atua nos mecanismos da bomba de sódio celular, dificultando a polarização dos nervos e da musculatura.

#### Ocorrência

No Brasil, já ocorreu em outubro de 1944, em Tamandaré-PE, e, em 1963, em Recife-PE. Em abril de 1978, aconteceu em Hermegildo e Tramandai, Cidreira e Torres, no litoral do Rio Grande do Sul, fenômeno bem estudado e documentado pelo Ministério da Saúde, na publicação 'Um Agravo Inusitado à Saúde' - M.S. - 1978.

A maré vermelha é muito comum em várias partes do mundo, como nos Estados Unidos, Inglaterra, Irlanda, Peru, África do Sul, no mar da Arábia, na Noruega, Argentina, Uruguai e outros países.

#### Medidas Preventivas e de Controle

Não existem medidas preventivas e de controle aplicáveis diretamente sobre os agentes que causam esse fenômeno.

Com respeito aos efeitos irritativos para as mucosas, recomenda-se afastar-se das praias (litoral), pelo menos uns 300 metros, e a interdição temporária das praias e atividades aquáticas marinhas, nas áreas afetadas.

Os efeitos tóxicos provenientes da ingestão de alimentos marinhos contaminados com a toxina dos dinoflagelados são mais graves, e não são raros os acidentes mortais.

Diante de uma suspeita de maré vermelha, independente de confirmação, é

importante a interdição da coleta e consumo de mariscos, crustáceos, moluscos, bivalves etc., até durante quatro semanas após o término do fenômeno.

As medidas mais eficazes são a informação, divulgação e educação sanitária à população, associadas com a interdição e fiscalização do consumo dos alimentos marinhos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTAS, L.M., Glossário de termos técnicos., São Paulo: Traço Editora, 1979. 756 p. (Coleção aeroespacial, TI)
- BOLETIM DO DNOCS. Rio de Janeiro, v. 19, n. 3, fev. 1959.
- BORGES Raimundo. Incêndios florestais: trabalho técnico. Brasília: SUDECO, 1980
- BRASIL. Departamento Nacional de Meteorologia. Atlas internacional de nuvens: abreviado. 2. ed. Rio de Janeiro, 1972. vii, 140p il
- BRASIL. Secretaria Especial de Defesa Civil. Política Nacional de Defesa Civil. Brasília, 1994.
- CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. Classificação geral dos desastres : trabalho técnico. Brasília. SEDEC 1 MIR, 1993.
- \_\_\_\_\_ • Codificação de desastres, ameaças e riscos: trabalho técnico Brasília SEDEC 1 MIR. 1993.
- \_\_\_\_\_ • Glossário de defesa civil, estudos de riscos e medicina de desastres Brasília SEDEC 1 MIR. 1994.
- \_\_\_\_\_ • Redução das vulnerabilidades á seca no semi- árido nordestino: documento preliminar. Brasília, 1992.
- COMO viver aqui: manual de consulta dei Programa Escolar de Prevención de Desastres. Colômbia, 1992.
- CUNHA, Márcio Angielri. et al. Ocupação de encostas. São Paulo: IPT, 1991.
- DICIONÁRIO de termos técnicos de irrigação e drenagem. Viçosa: Gráfica da Universidade Federal de Viçosa, 1978.
- FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. NOVO dicionário da língua portuguesa. 2.ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986.
- HESTOFT, Ralf Finn. Onda de calor nos Estados Unidos mata mais de 700 pessoas. a maioria em Chicago. Veia, São Paulo, v. 28, n. 30, p. 54, jul. 1995.
- JEAN, Frederic. Chuvas de granizo muda a paisagem paulistana. ~ São Paulo, v.28, n. 30, p. 56, jul. 1995.
- LEINZ, Víktor, LEONARDOS, Othon Henry. Glossário geológico. 2.ed São Paulo Ed Nacional, 1977.
- MANUAL sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado. Washington, DC: Organización dos Estados Americanos, 1993.
- MOLLE, Français, CADIER, Erick. Manual do pequeno açude. Recife: SUDENE/ ORSTOM, 1992.

PREVENCIÓN y mitigación de desastres: aspectos de preparación. Nova York: Nações Unidas, 1982

RIEHL, H. R Meteorologia tropical. Rio de Janeiro: Editora Revista dos Tribunais, 1965.

SIMPOSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 4.. 1987, Marília (.SP). Anais ...  
Manhã: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1987

TENAN, Coriolano Luiz. Calamidades brasileiras 3 ed Rio de Janeiro. SUNAB, 1977.

\_\_\_\_\_ Calamidades naturais. Rio de Janeiro: SUNAB, 1974.