



**MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL**

MANUAL DE DESASTRES MISTOS

VOLUME III

**BRASÍLIA
2002**

Ministro da Integração Nacional
Ciro Ferreira Gomes

Secretário Nacional de Defesa Civil
José Wilson Pereira

Chefe do Departamento de Minimização de Desastres
Antônio Luiz Coimbra de Castro

Ministério da Integração Nacional
Secretaria Nacional de Defesa Civil

Esplanada dos Ministérios Bloco E 7º andar
70.067-901
Fone (61) 414-5806

Equipe de Compilação e Coordenação

Autor e Coordenador

Antônio Luiz Coimbra de Castro

Co-autores

Lelio Bringel Calheiros

Ana Zayra Bitencourt Moura

Montagem e Revisão

Ana Zayra Bitencourt Moura

Juliana Neiva Carneiro

Digitação Diagramação e Capa

Natanael Nogueira de Sousa

Colaboração Técnica

José Wilson Pereira

Paulo Roberto C. Mourão Crespo

Maria Hosana Bezerra André

Maria Inez Resende Cunha

Maria Luiza Nova da Costa Bringel

Pedro Augusto Sanguinetti Ferreira

DESASTRES MISTOS

Os desastres mistos ocorrem quando as ações e omissões humanas contribuem para intensificar ou agravar fenômenos potencialmente indutores de desastres.

Também se caracterizam quando intercorrências de fenômenos naturais adversos, atuando sobre condições ambientais degradadas pelo homem, desencadeiam desastres.

Existe uma tendência moderna para considerar que, na sua grande maioria, os desastres que vêm sendo rotulados como desastres naturais, na realidade são desastres mistos. Esta interpretação se fundamenta na própria definição de desastre que resulta da ação de eventos adversos sobre cenários vulneráveis (ou vulnerabilizados) aos mesmos.

Neste capítulo, serão examinados alguns desastres que dependem de ações antrópicas que, por seus efeitos globais, podem alterar os ecossistemas naturais e afetar grandes extensões do meio ambiente.

Os desastres mistos são classificados em dois grandes grupos:

- **Desastres Mistos Relacionados com a Geodinâmica Terrestre Externa.**
- **Desastres Mistos Relacionados com a Geodinâmica Terrestre Interna.**

PARTE I

DESASTRES MISTOS RELACIONADOS COM A GEODINÂMICA TERRESTRE EXTERNA

CODAR – ME/CODAR – 31

1. Introdução

Os desastres mistos relacionados com a geodinâmica terrestre externa resultam da exaltação de fenômenos naturais, em consequência de atividades humanas, que elevam o nível de poluição da atmosfera e alteram a dinâmica destas camadas.

Estes desastres estão relacionados com fenômenos meteorológicos correntes na troposfera ou com alterações na camada de ozônio localizada na estratosfera, a qual protege a Terra contra o excesso de radiações eletromagnéticas que circulam na ionosfera.

A exaltação desses fenômenos naturais pode provocar desastres mistos, que repercutem sobre a crosta terrestre, a hidrosfera e a biosfera.

2. Classificação

Está comprovado que ações antrópicas podem contribuir para alterar o equilíbrio dinâmico relacionado com o metabolismo das camadas gasosas que envolvem a Terra, modificando a concentração de determinados compostos gasosos que existem naturalmente nestas camadas.

De acordo com a altura da camada gasosa, que influencia sobre as condições geradoras do fenômeno adverso, estes desastres são classificados como:

- **Desastres Mistos Relacionados com a Ionosfera**
- **Desastres Mistos Relacionados com a Atmosfera (ou Troposfera)**

3. Estudo das Diferentes Camadas da Atmosfera Terrestre

As diferentes camadas da atmosfera podem ser divididas e rotuladas, em função das variações:

- **da temperatura;**
- **da composição química do ar;**
- **da estrutura eletromagnética.**

De acordo com as variações de temperatura, a atmosfera se divide em:

- **Troposfera**, que se desenvolve a até 12 km de altitude e onde a temperatura média varia entre 20° C, na camada inferior, e -60° C, na camada superior.
- **Estratosfera**, que se desenvolve entre 12 e 50 km de altitude e onde a temperatura média varia entre -60° C, na camada inferior e -5° C na camada superior. Este fenômeno de inversão térmica contribui para reter os gases da troposfera e reduzir a dispersão dos mesmos para o espaço exterior. Na parte central da estratosfera, desenvolve-se a camada de ozônio, com 15km de espessura, que se desenvolve entre 20 e 35km de altitude. Esta camada protege a Terra do bombardeio de radiações ultravioleta, muito intensas na “ionosfera”.
- **Mesosfera**, que se estende entre 50 e 80km de altitude e onde a temperatura volta a decrescer dos -5°C, na camada inferior, a -95°C, na camada superior.
- **Termosfera**, que se estende entre os 80 e 500km de altitude e onde o choque de radiações com partículas ionizadas eleva a temperatura de -95°C para 1000°C.

A altitude exerce poderosa influência sobre a concentração dos gases, pressão atmosférica e nível de dispersão das estruturas moleculares e atômicas das substâncias gasosas. Tanto que, aproximadamente, 97% da massa gasosa se distribui pelos primeiros 30km da atmosfera.

De acordo com a composição química e a concentração dos gases que a constituem, a atmosfera se divide em:

- **Homeosfera**, que se estende até os 100km de altitude e onde a composição da atmosfera se mantém constante e regular, com o predomínio do Nitrogênio (76,084%) e do Oxigênio (20.946 %).
- **Heterosfera**, que se desenvolve entre 100 e 500km de altitude e onde a distribuição dos gases é irregular e inconstante, com o predomínio do Hélio e do Hidrogênio.
- **Exosfera**, que se desenvolve a partir dos 500km de altitude, onde os gases começam a escapar da atração da Terra e a se diluírem no espaço cósmico.

De acordo com a estrutura molecular e as variações eletromagnéticas, a atmosfera se divide em:

- **Normosfera**, que se estende até os 60km de altitude e onde a estrutura molecular dos gases é mantida.
- **Ionosfera**, que se estende entre 60 e 600km de altitude e se caracteriza pela extrema dispersão dos gases. O grau de dispersão atmosférica é tão elevado, que altera o nível de coesão molecular e, em consequência, aumenta o distanciamento entre as partículas ionizadas e carregadas eletricamente. É nesta camada ionizada que ocorrem a reflexão das ondas de rádio de baixa frequência e grandes comprimentos de onda e a hiperativação das radiações eletromagnéticas de elevada frequência, que a atravessam com grande facilidade.

- **Magnetosfera**, que se distribui irregularmente, a partir dos 600km de altitude, sendo mais espessa no lado que se opõe ao sol e que define os campos de atração magnética da Terra, onde atua a força de gravidade.

4. Considerações

Alterações na concentração de determinados elementos na estratosfera, como o ozônio, pode reduzir a capacidade de filtração desta camada para radiações solares de elevada frequência e que atuam livremente na ionosfera.

Alterações nas camadas mais baixas da atmosfera, correspondentes à troposfera podem contribuir para desastres:

- **locais**, provocados pela intensa concentração de poluentes atmosféricos em áreas circunscritas;
- **regionais**, relacionados com a precipitação de chuvas ácidas;
- **globais**, relacionados com o chamado efeito estufa e com uma tendência para o superaquecimento das camadas mais baixas da troposfera.

O conceito de desastre misto relaciona-se com a percepção de que todos os compostos orgânicos, dispersos na atmosfera, são metabolizados pela natureza “em condições naturais” e de que as ações antrópicas podem contribuir para alterar este equilíbrio metabólico natural.

Essas alterações, motivadas por ações antrópicas, podem causar desastres mistos e provocar danos mensuráveis na crosta terrestre, na hidrosfera e na biosfera.

CAPÍTULO I

DESASTRES MISTOS RELACIONADOS COM A IONOSFERA

CODAR – ME.I/CODAR – 31.1

1. Introdução

A ionosfera é uma camada eletromagnética da atmosfera, que se desenvolve entre 60 e 600 quilômetros de altitude, e onde os fótons e outras partículas oriundas do cosmo e, em especial, do sol, produzem a ionização dos gases atmosféricos. A ionização é facilitada pelo nível de diluição dos gases nesta camada, provocada pela rarefação da atmosfera, em função da altitude.

A camada de ozônio, que envolve a Terra, concentra-se na estratosfera, numa altitude que vai dos 20 aos 35 quilômetros e atua como uma camada filtrante das radiações de alta frequência como os raios ultravioleta.

A rarefação desta camada permite que condições próprias da ionosfera se estendam até a troposfera e a crosta terrestre, com graves prejuízos para a biosfera.

2. Informações

O ozônio é um gás de tonalidade azulada e de odor alíceo penetrante, cuja molécula é constituída por três átomos de oxigênio, distribuídos como os vértices de um triângulo, de tal forma que, cada um destes átomos bivalentes, troca valências interativas com os outros dois átomos que constituem a estrutura molecular deste elemento.

A modificação alotrópica, que se desenvolve na estrutura cristalográfica da molécula do oxigênio, é uma reação reversível, que é catalisada pelas radiações ultravioleta.

Na camada de ozônio estratosférica, estes cristais triangulares tendem a se expandir, em função da rarefação do ar, e a se desenvolver em sentido perpendicular ao eixo da gravidade.

Com esta disposição, a camada de ozônio funciona como um imenso filtro que detém um grande volume de radiações ultravioleta.

3. Classificação

O mais importante dos desastres mistos relacionados com influências da ionosfera sobre a superfície da Terra é constituído por:

- **Bolsões de Redução na Camada de Ozônio.**

TÍTULO I

BOLSÕES DE REDUÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO

CODAR – ME.IRO/CODAR – 31.101

1. Caracterização

O ozônio é um gás de tonalidade azulada e de cheiro alíceo penetrante, cuja molécula é constituída por três átomos de oxigênio, que se distribuem como vértices de um triângulo, gerando uma estrutura cristalina diferente da estrutura cristalina do oxigênio normal.

Na estrutura cristalina do ozônio, cada átomo bivalente do oxigênio troca valências interativas com os outros dois átomos homônimos, que constituem sua estrutura molecular.

As modificações alotrópicas da estrutura cristalina no oxigênio e sua transformação em ozônio são reversíveis e ocorrem sob a influência das radiações ultravioleta, que catalisam esta reação.

A estrutura cristalina do ozônio se altera quando o mesmo perde energia ao ser atacado por substâncias hiperativas, como o cloro e o ácido nítrico.

A camada de ozônio, com aproximadamente 15 quilômetros de espessura, localiza-se na estratosfera, entre os quilômetros 20 e 35 de altitude.

Esta camada começou a se estruturar, há aproximadamente 400 milhões de anos atrás, quando o oxigênio liberado para atmosfera, dos organismos marinhos clorofilados, atingiu concentrações que permitiram a formação desta camada.

Esta camada é extremamente importante para a biosfera, por deter uma grande quantidade de raios ultravioleta, presentes na luz solar e que são hiperativados, durante sua passagem pela ionosfera.

Em última análise, a vida só migrou para a superfície dos continentes, em decorrência da formação da camada filtrante de ozônio.

Como já foi explicitada, a radiação ultravioleta catalisa as alterações alotrópicas do sistema de cristalização do oxigênio disperso na estratosfera, de acordo com a seguinte reação esquemática:



Três moléculas de oxigênio binário se cristalizam sob a forma de duas moléculas de ozônio ternário, após absorverem energia proveniente das radiações ultravioleta.

Estes cristais de ozônio de estrutura triangular plana apresentam uma tendência para se distribuir em camadas distribuídas em sentido perpendicular ao do eixo da gravidade.

Como a reação de cristalização do ozônio é reversível, é necessário que constantemente se formem novos cristais, para substituir os que se desfazem naturalmente.

Os cristais de ozônio são formados preferencialmente no bordo superior da camada de ozônio, em função da ação dos raios ultravioleta, hiperativados na ionosfera. O oxigênio surge no bordo inferior da camada, como consequência de reações químicas que desfazem a estrutura cristalina anterior.

A espessura da camada de ozônio depende do equilíbrio dinâmico entre as reações de cristalização alotrópica de formação do ozônio e as reações de reestruturação da estrutura cristalina do oxigênio.

2. Causas

A camada de ozônio atua como um filtro, reduzindo substancialmente a incidência dos raios ultravioleta que atingem a superfície da Terra.

É importante registrar que, em pequenas quantidades, os raios ultravioleta são indispensáveis ao metabolismo da biosfera. Apenas para citar algumas ações catalíticas importantes para o desenvolvimento do ciclo vital, recorda-se que estas radiações desempenham importantes papéis:

- Nas reações de fotossíntese dos organismos clorofilados, que permitem a fixação do carbono e a estruturação da biomassa, desempenhando um papel extremamente importante no desenvolvimento da cadeia alimentar, que permitiu o desenvolvimento da vida na Terra.
- Na destruição de microorganismos, permitindo o equilíbrio vital dos mesmos e melhorando as condições de salubridade da biota.
- Na formação da vitamina “D”, indispensável ao metabolismo dos animais vertebrados.
- No metabolismo da melanina, pigmento responsável pela coloração da pele e que bloqueia a penetração destes raios ultravioleta no interior do organismo.

No entanto, grandes quantidades de radiações ultravioleta inviabilizariam a vida na superfície da Terra, e a vida só seria possível no mar e nas coleções de água suficientemente espessas para deter parte das radiações ultravioleta.

Os primeiros sinais de alerta sobre a redução da camada de ozônio foram feitos por cientistas da Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA), a partir de 1978/1979. Os estudos demonstravam a existência de um buraco na camada de ozônio, com uma extensão de 7 milhões de quilômetros quadrados sobre a Antártica.

Em 1992, a NASA identificou um segundo bolsão de redução da camada de ozônio, que se desenvolveu sobre o Pólo Norte e que atingia praticamente todo o Círculo Polar Ártico.

Em 1995, a Organização Mundial de Meteorologia (OMM) informou que o bolsão localizado sobre a Antártica crescera muito e atingira a extensão de 10 milhões de quilômetros quadrados.

Os bolsões surgiram nas áreas polares porque nestas áreas, os raios ultravioleta, ativados na ionosfera, incidem sobre a estratosfera em sentido tangencial, reduzindo o volume de impacto dos mesmos com o oxigênio livre e, em consequência, diminuindo a produção de ozônio na camada.

O crescimento dos buracos na camada de ozônio, nestes últimos anos, é consequência de uma maior liberação de produtos e substâncias químicas hiperativas, como os vapores de cloro e de ácido nítrico, em decorrência de atividades humanas.

Comprovou-se que a crescente liberação na atmosfera de haletos orgânicos, como o tetraclorometano (TCM) e outros compostos clorofluorcarbonados (CFC) concorreu para aumentar a concentração de vapores de cloro na estratosfera.

O cloro ataca a camada de ozônio e catalisa a reação de gás carbônico (dióxido de carbono), a partir da combinação do oxigênio livre com os radicais carbonados e depois se combina com o hidrogênio, para formar ácido clorídrico.

Nestas condições, haletos, além de contribuírem para reduzir a espessura da camada de ozônio, intensificam o efeito estufa e a queda de chuvas ácidas.

As atividades humanas também estão contribuindo para aumentar as concentrações de vapores de ácido nítrico na atmosfera, o qual, além de reduzir a espessura da camada de ozônio intensifica a queda de chuvas ácidas.

3. Ocorrência

A formação de bolsões da redução da camada de ozônio constitui-se num desastre misto com repercussões globais, que tende a ser mais intenso naquelas áreas, onde as radiações ultravioleta hiperativadas na ionosfera atingem a estratosfera terrestre, em sentido tangencial.

Por esse motivo, as regiões polares e, em seguida, as regiões temperadas, são mais vulneráveis à formação de “buracos” na camada de ozônio, que as regiões tropicais e equatoriais.

No que diz respeito à responsabilidade pela liberação de haletos orgânicos na atmosfera, cabe recordar que o CFC e o gás freón são utilizados:

- como propelentes de algumas espécies de aerossóis ou “Sprays”;
- em embalagens de plástico, chips de computadores e solventes utilizados na indústria eletrônica.
- em aparelhos de refrigeração, como geladeiras e condicionadores de ar.

4. Principais Efeitos Adversos

As reduções da camada de ozônio da estratosfera permitem que uma maior quantidade de radiações ultravioleta hiperativadas, ao passarem pela ionosfera, atinjam a superfície da Terra.

Grandes quantidades de radiações ultravioleta são nocivas a todas as formas de vida que se desenvolvem na superfície da Terra.

Os vegetais que se beneficiam das radiações ultravioleta, em pequenas doses, para realizar a fotossíntese, são caustificados por superdosagens destas radiações.

As radiações ultravioleta têm efeitos esterilizantes e destroem os microorganismos vivos, em pequenas doses, contribuem para manter a salubridade do solo, em doses exageradas e interferem sobre o processo de umificação.

Nos seres humanos e animais de organismo mais complexo, as radiações ultravioleta, em doses elevadas, comprometem a resistência do sistema imunológico e reduzem as defesas contra infecções intercorrentes. Além disto, aumentam a incidência do câncer de pele e de doenças oculares, como a catarata.

São mais vulneráveis ao câncer as pessoas e os animais que dispõem de menos melanina, pigmento responsável pelo escurecimento da pele e do couro dos animais.

Por este motivo, as pessoas de pele escura são menos vulneráveis ao câncer de pele, que as pessoas claras e os albinos.

Da mesma forma, as raças de bovinos que são dotadas de mucosas e de “óculos” escuros são mais resistentes a lesões de pele e a oftalmia que as raças de couro e mucosas claras.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

As agências responsáveis pela investigação aeroespacial, como a NASA, e a Organização Mundial de Meteorologia, por intermédio dos Organismos Nacionais associados, têm condições de monitorizar o desenvolvimento de bolsões de redução da camada de ozônio, por intermédio de sensores instalados em satélites artificiais.

O incremento no nível de radiações ultravioleta, que incidem sobre a superfície da Terra é medido por intermédio de sensores instalados em estações terrestres. É necessário que se aumente a densidade destas estações, para se poder desenhar com precisão, os mapas de ameaças destes desastres.

É importante também que se monitorize e colete dados epidemiológicos sobre as possíveis repercussões do efeito destas radiações, sobre as plantas, os animais e os seres humanos, para que se possa desenhar com precisão os mapas de vulnerabilidades a estes desastres.

6. Medidas Preventivas

Por se tratar de um desastre misto, com amplitude global, as medidas preventivas relacionadas com os bolsões de redução da camada de ozônio obrigatoriamente deverão ser debatidas, concertadas e acordadas, pelos governos dos países, em âmbito internacional.

Em 1987, representantes de 24 países reunidos no Canadá assinaram o Protocolo de Montreal, comprometendo-se a reduzir pela metade a produção de CFC, até 1999.

Em junho de 1990, a Organização das Nações Unidas recomendou que, até o ano de 2010, não se industrializasse mais o CFC.

O Brasil assumiu o compromisso de eliminar a produção de CFC no país, até o ano de 2001.

De qualquer forma, a opinião pública internacional deve ser permanentemente mobilizada para exigir providências, com o objetivo de minimizar o desastre. Embora o CFC seja considerado como o principal causador do desastre, toda a liberação de gases com produtos químicos intensamente reativos deve ser considerada como lesiva aos interesses da humanidade.

Os sistemas de monitorização deverão ser aperfeiçoados e as evoluções da camada de ozônio da Terra e a mensuração do volume de radiações que atingem a crosta terrestre e as baixas camadas da atmosfera devem ser intensificadas.

CAPÍTULO II

DESASTRES MISTOS RELACIONADOS COM A ATMOSFERA

CODAR – ME.A/CODAR – 31.2

1. Introdução

A atmosfera é a camada gasosa que envolve a Terra e a maioria dos astros. Esta camada envoltória é mantida em estreito contato com a Terra, em decorrência da ação da gravidade, e é nesta camada que ocorrem os fenômenos meteorológicos relacionados com o clima, ou seja, com a geodinâmica terrestre externa.

Os desastres mistos relacionados com tendências para alterações na chamada “atmosfera padrão”, repercutem sobre a crosta terrestre, sobre a hidrosfera e sobre a biosfera.

A atmosfera padrão é, na realidade, um modelo matemático teórico da atmosfera real, em constante mutação, mas que mantém um relativo equilíbrio dinâmico. A atmosfera padrão permite o estudo e a compreensão das reações de dupla via e das alterações dinâmicas da atmosfera, relacionadas com variações de pressão, temperatura, densidade, massa específica e concentração dos gases que a constituem, nas diferentes camadas da atmosfera real, a partir do nível do mar.

2. Comentários

Em última análise, os mais importantes agentes desencadeadores dos desastres mistos relacionados com a atmosfera, são os agentes poluidores e contaminantes.

Embora numerosos agentes poluidores e contaminantes da atmosfera tenham origem natural, **o homem é o mais sistemático, constante e eficiente** dentre todos os demais agentes contaminadores e poluidores do meio ambiente, e suas ações repercutem nas camadas mais baixas da atmosfera.

Este padrão de desastre misto tende a crescer de forma proporcional ao nível de desenvolvimento e começou a ser incrementado, a partir da revolução industrial.

A imensa capacidade poluidora da espécie humana resulta:

- de sua natural tendência gregária, que a leva a viver preferencialmente em áreas urbanas, com grandes densidades demográficas;
- de sua crescente necessidade de consumir energia elétrica, que na grande maioria dos países é gerada a partir de Usinas Termoelétricas (UTE);
- do desenvolvimento industrial, responsável pela multiplicação dos processos combustivos geradores de fumaça e de elementos particulados;
- do crescimento vertiginoso da frota de veículos automotores.

Os poluentes atmosféricos de origem antropogênica normalmente são produzidos de forma mais concentrada, nos distritos industriais, nas grandes plantas industriais da indústria metalúrgica, nas Usinas Termoelétricas consumidoras de carvão mineral e de óleo combustível, nos grandes centros urbanos e ao longo dos corredores de transporte. Os principais poluentes e alteradores do equilíbrio dinâmico da atmosfera, de origem antrópica, são os seguintes:

- dióxido e monóxido de carbono;
- dióxido de enxofre;
- óxidos de nitrogênio;
- gás sulfídrico, vapores de ácido sulfúrico e sulfatos orgânicos e inorgânicos;
- hidrocarbonetos alifáticos, como o alfabenzopireno e oleofínicos;
- cloro, flúor e compostos halogenados, especialmente o freon 12 (tetraclorometano), compostos clorofluorcarbonados (CFC) e outros haletos orgânicos;
- oxidantes fotoquímicos, como os aldeídos voláteis, o peroxiacetilnitrato e o ozônio, em doses elevadas, na baixa atmosfera;
- névoas ácidas, em geral resultantes da combinação de óxidos de nitrogênio e de enxofre, com vapores de água;
- elementos particulados, que permanecem em suspensão na atmosfera, com destaque especial para partículas de amianto e de metais pesados, como o chumbo e o mercúrio;
- o chumbo-tetra-etila que, ainda hoje é usado como aditivo da gasolina, responsável pela melhoria da octanagem, naqueles países que não aderiram ao uso do álcool absoluto;
- partículas radioativas e radiações ionizantes.

Embora a queima de áreas florestadas tenha sido escolhida pela mídia internacional como a grande vilã do processo de poluição da atmosfera, é importante que o processo seja diagnosticado corretamente.

Os países industrializados são responsáveis pela emissão de mais de 80% dos gases que poluem a atmosfera. Somente os Estados Unidos da América são responsáveis por mais de 22% dos gases emitidos, enquanto que o Brasil produz menos de 1% destes gases.

Aproximadamente 60% do dióxido de carbono e 75% do dióxido de enxofre, produzido pelo homem é gerado em Usinas Termoelétricas, que queimam carvão mineral e óleo combustível e pelos veículos automotores. No Brasil, mais de 90% da energia elétrica produzida é gerada em Usinas Hidroelétricas (UHE).

É absolutamente importante que, nos fóruns internacionais, o Brasil se posicione como um país que polui muito pouco e que contribui fortemente para a despoluição. É importante também que tome uma posição muito forte contra a proliferação de UTE à carvão e contra o uso de chumbo tetraetila na gasolina.

3. Classificação

Os desastres mistos relacionados com a atmosfera, que serão estudados no prosseguimento, são:

- **O efeito estufa**
- **As chuvas ácidas**
- **A camada de inversão térmica**

TÍTULO I

EFEITO ESTUFA

CODAR – ME-AEE/CODAR – 31.201

1. Caracterização

O verbete correto para definir e caracterizar esta ameaça de desastre misto deveria ser: Intensificação do Efeito Estufa. O desastre foi codificado como “Efeito Estufa”, com o objetivo de adaptar a nomenclatura técnica à nomenclatura amplamente difundida pela mídia internacional, a qual foi dicionarizada sem críticas, por lingüistas, leigos em sinistrolgia.

A caracterização do “**efeito estufa natural**” relaciona-se com a constatação de que os gases da atmosfera, que envolvem a Terra e os outros planetas, comportam-se como gigantescas campânulas que bloqueiam as radiações calóricas refletidas, retendo parte do calor solar e induzindo a refletâncias, ou grau de albedo destes planetas, ao gerar um déficit importante entre a energia recebida e a energia refletida.

No caso específico da Terra, o efeito estufa produz uma elevação média de trinta graus centígrados na temperatura da troposfera global, que atinge a média de 16°C. Nestas condições, o efeito estufa natural, ao manter grandes porções de água da hidrosfera em estado líquido, tornou possível o desenvolvimento da vida na Terra.

A ameaça de desastre misto relaciona-se com uma hipótese de intensificação do efeito estufa, em decorrência da crescente liberação dos chamados “gases de estufa”, como o metano, o dióxido e carbono e o dióxido de enxofre, como consequência de atividades humanas, e que estariam promovendo uma tendência para o aquecimento global.

O aumento da produção do dióxido de carbono e dos outros “gases de estufa” depende da concentração dos mesmos na atmosfera, na medida em que os processos produtivos preponderem sobre os processos redutivos, responsáveis pela reciclagem destes gases.

A contribuição humana para a acumulação dos gases de estufa na atmosfera, relaciona-se com:

- o intenso desenvolvimento industrial;
- o vertiginoso crescimento da frota de veículos automotores;
- a crescente necessidade de novas fontes produtoras de energia;
- a queima intensificada de combustíveis fósseis, como o carvão mineral e os derivados de petróleo, para gerar energia necessária às atividades industriais e ao fluxo dos transportes;
- o imenso número de Usinas Termoelétricas (UTE), que queimam carvão mineral e óleos combustíveis derivados do petróleo, para gerar energia;
- a queimada de florestas e da biomassa em geral, também contribui para aumentar a produção de gases de estufa, mas numa escala muito inferior às demais atividades humanas.

Por outro lado, a crescente destruição das algas marinhas e a constante redução das áreas verdes, em decorrência das atividades humanas, estão contribuindo para reduzir a reciclagem do dióxido de carbono e a liberação do oxigênio e do vapor de água pelos organismos clorofilados, que utilizam o carbono para produzir a biomassa.

Sem dúvida nenhuma, a redução da intensidade dos processos redutivos está contribuindo para a maior acumulação dos gases de estufa na atmosfera terrestre.

Do estudo destas variáveis, é forçoso concluir que:

- o homem moderno está contribuindo para incrementar a produção de gases de estufa, que estão se acumulando na atmosfera;
- o processo de acumulação vem sendo sensivelmente incrementado, a partir da chamada revolução industrial.
- processo de acumulação de gases de estufa é mais intenso nos países mais desenvolvidos e, em especial, naqueles países que não acataram a filosofia do “desenvolvimento auto-sustentado e responsável”.

Evolução da Atmosfera ao longo do Desenvolvimento Geológico da Terra

É muito importante registrar que, os chamados gases de estufa vêm sendo produzidos pela natureza, há mais de 4,5 bilhões de anos, e começaram a ser reciclados, pelas algas marinhas, há aproximadamente 2,5 bilhões de anos, e pelas plantas terrestres, há aproximadamente 580 milhões de anos.

De uma forma bastante esquemática, pode-se afirmar que a Terra, ao longo de sua evolução geológica, foi envolvida por três padrões distintos de atmosfera:

- A atmosfera primitiva era constituída principalmente por moléculas ionizadas de hidrogênio, que foi o primeiro elemento a se formar, a partir da articulação e estruturação das partículas subatômicas. Nas proximidades da Terra, esta camada foi destruída pelas radiações solares e paulatinamente afastada pelos gases mais densos que foram surgindo, com a evolução do Globo Terrestre.
- A atmosfera azóica (sem vida) foi formada a partir dos gases vulcânicos, que eram extremamente abundantes, na conturbada fase inicial de evolução deste Planeta. A atmosfera azóica era muito pobre em oxigênio e muito mais rica em dióxido de carbono que a atmosfera atual. A concentração de dióxido de carbono na atmosfera azóica era pelo menos 100 vezes maior do que na atmosfera atual.
- A atmosfera atual é o resultado da metabolização da atmosfera azóica pelos seres vivos, principalmente pelos organismos clorofilados que se desenvolveram no Planeta, a partir de 2,5 bilhões de anos.

A composição do ar atmosférico, até os 100 quilômetros de altitude é relativamente constante e corresponde a:

- **78.084% de Nitrogênio**
- **20,946% de Oxigênio**
- **0,934% de Argônio**
- **0,030% de Dióxido de Carbono**
- **0,0018% de Neônio**
- **0,0005% de Hélio**
- **0,0001% de Metano**
- **0,0001% de Criptônio**

O vapor de água é encontrado apenas na troposfera, que atinge 12km de altura, em concentrações médias que variam entre 0,1 e 4%. Acima dos 100Km de altitude, a atmosfera não é mais homogênea (homeosfera) e passa a ser constituída de camadas sucessivas de oxigênio, hélio e hidrogênio.

A Importância da Biosfera na Formação da Atmosfera Atual

A vida surgiu na Terra, há mais de 2,5 bilhões de anos, dando início ao período Arqueozóico. Os primeiros seres vivos eram organismos marinhos, como bactérias, protozoários e algas microscópicas. Foi a partir desta época, que as algas e as bactérias clorofiladas assumiram a condição, que conservam até os nossos dias, de principais recicladores de dióxido de carbono e produtores de oxigênio livre.

A atmosfera já se apresentava bastante modificada na era arqueozóica, quando surgiram os peixes primitivos (no período Cambriano) e os continentes emersos começaram a ser conquistados pelos artrópodes e pelas plantas terrestres primitivas (no período Siluriano). As primeiras florestas surgiram durante o período Devoniano, mas foi o período Carbonífero que se caracterizou pelo crescimento explosivo das florestas tropicais, aproveitando o calor que era forte neste período, a oferta aumentada de água, gás carbônico e de sais minerais e a intensificação do fotoperíodismo.

Nos períodos geológicos subseqüentes, o relevo da Terra foi sensivelmente alterado e fenômenos de subsidência provocaram o afundamento de áreas florestadas, que acabaram sendo soterradas por terrenos sedimentares.

Comprimidas na subsuperfície da Terra, estas florestas soterradas acabaram por se transformar em rochas metamórficas de carvão mineral.

Da mesma forma, fenômenos seqüenciados de subsidência, seguidos de invasões marinhas, proliferação de organismos marinhos, sedimentação, movimentos espirogenéticos de elevação do fundo do mar, seguidos de novos fenômenos de subsidência, dando origem a novos ciclos seqüenciados, permitiram que imensas quantidades de animais marinhos soterrados acabassem por se metamorfosear e se transformassem em petróleo.

São estes combustíveis fósseis que, durante muitas centenas de milhões de anos, foram gerados a partir de metamorfose da biomassa de plantas terrestres e de animais marinhos, fixadores de gás carbônico e redutores do efeito estufa da atmosfera primitiva e que, ao serem queimados pelo homem, nestes últimos trezentos anos, de forma intensa, estão retornando à atmosfera, de forma brusca.

2. Estudo Sumário do Ciclo de Energia Calórica.

Está cientificamente comprovado que o dióxido de carbono, o metano, o vapor de água, o dióxido de enxofre e outros gases dispersos na atmosfera absorvem e refletem o calor irradiante e reduzem a dispersão da energia calórica, para as altas camadas de atmosfera e para o espaço cósmico.

A energia calórica, que circula naturalmente na Terra, provém de duas fontes primárias principais:

- **da energia cósmica** e, em especial, das radiações solares;
- **das reações físico-químicas**, que se originam nas camadas mais profundas do Planeta.

A energia cósmica e, em especial, as radiações solares, que atingem a superfície da Terra, são imensas fontes de energia e comportam todas as formas de energia radiante do complexo eletromagnético, o qual é constituído por radiações intensamente energéticas, como os raios Gama e os raios-X, e por radiações de baixas quantidades de energia, como as ondas de rádio, passando pelas radiações monocromáticas contidas no espectro de luz visível.

Dentre estas reações, há que destacar as radiações infravermelho, que se situam nos limites inferiores do espectro da luz visível e as radiações ultravioleta, que se situam nos limites superiores deste espectro.

As radiações infravermelho têm o calor como sua principal característica organolética e são de baixa frequência e maior comprimento de onda, o que facilita a sua reflexão nas camadas.

As radiações ultravioleta se comportam como radiações químicas, têm ação esterilizante e desempenham um importante papel na fotossíntese.

Por estar estreitamente relacionado com o “**componente atrito**”, o calor e as radiações infravermelho são gerados como subprodutos, em todos os ciclos de transformação da energia.

Toda a energia radiante de origem sideral que atinge a superfície da Terra e mais a gerada em suas camadas mais profundas excita as partículas subatômicas, que constituem a matéria que forma o Globo Terrestre e, em consequência, geram energia calórica que provoca o aquecimento da troposfera, que é a primeira camada da atmosfera, com aproximadamente 12 quilômetros de espessura.

O aquecimento diferenciado desta camada da atmosfera, em função das diferenças do relevo e das superfícies oceânicas é que permite o desencadeamento dos fenômenos meteorológicos.

O gradiente de aquecimento global é decrescente na troposfera e varia entre médias de 20°C a -60°C. Na estratosfera, que se estende entre 12 e 50 quilômetros de altura, o gradiente do calor varia em sentido ascendente entre -60°C e -5°C. Na mesosfera, que se estende entre 50 e 90Km, o gradiente é decrescente e nas camadas mais elevadas, a temperatura atinge 90°C.

O efeito estufa ocorre principalmente na Troposfera da Terra, enquanto que a temperatura nas camadas superiores é influenciada pela dispersão da energia cósmica entre os gases rarefeitos.

3. Causas

Como já explicitado, o dióxido de carbono, o vapor de água e os demais gases de estufa têm a propriedade de absorver e refletir grandes quantidades de energia calórica em direção à superfície da Terra e de retardar a dispersão dos raios infravermelho, para as camadas mais altas da atmosfera e para o espaço sideral.

Nestas condições, este imenso filtro retentor de raios infravermelho atua como uma imensa estufa que circunda a Terra, elevando o nível de calor no ambiente terrestre e reduzindo a refletância ou nível de albedo da Terra pra o espaço cósmico.

É evidente que o nível de refletância tende a diminuir e o efeito estufa tende a aumentar, na medida em que os gases de estufa aumentam sua concentração na atmosfera.

Estudos realizados em outros planetas do Sistema Solar permitem comprovar a evolução das atmosferas e verificar suas influências sobre o nível de albedo (refletância) e sobre o efeito estufa:

Mercúrio, que tem muito pouca ou nenhuma atmosfera, tem elevado nível de refletância e nenhum efeito estufa. Por este motivo, a temperatura nas camadas varia entre 300°C, durante o dia, e 160°C, durante a noite.

Vênus, cuja atmosfera é composta por 98% de gás carbônico e cuja pressão atmosférica é 90 vezes maior que a da Terra, tem baixo nível de refletância e elevado efeito estufa e mantém uma temperatura média nas camadas de 480°C.

Marte, que tem uma atmosfera menos densa que a da Terra, constituída principalmente de gás carbônico, tem um efeito estufa mínimo e sua temperatura média é de -72°C. Enquanto as temperaturas polares são de -195°C, a temperatura equatorial ao meio-dia é de 27°C.

Júpiter, Saturno e Netuno são circundados por atmosferas ricas em hidrogênio, que não foram atacados por estarem localizados a grandes distâncias do sol.

Em função das características da atmosfera terrestre, a Terra é o único planeta do Sistema Solar, onde as formas elevadas de vida são possíveis.

Os estudos de paleoclima comprovam que, ao longo de sua evolução geológica, a Terra passou por numerosos ciclos de aquecimento e de resfriamento.

O homem, que existe na Terra há pouco mais de três milhões de anos, testemunhou vários ciclos de aquecimento seguidos por ciclos de resfriamento ou de glaciação. **O pleistoceno**, que se iniciou há 1800 anos, coincidiu com ciclos de glaciação no Hemisfério Norte e com o surgimento do Homo Sapiens.

O Holoceno, que se iniciou há pouco mais de 11 mil anos, está coincidindo com um período de aquecimento, de redução das geleiras e de elevação do nível do mar.

As imensas “rias”, que se desenvolvem na costa Setentrional do Brasil, entre o golfo do Maranhão e os limites do norte do Amapá da mesma forma que as costas de “dalmata” com ilhas se estendendo em sentido paralelo à costa, que ocorrem nos Estados de Pernambuco, Bahia, Rio de Janeiro, Paraná, São Paulo e Santa Catarina, comprovam que o nível do mar está se elevando nestes últimos milênios.

O que se discute é: “Se o homem está concorrendo e quanto para acelerar este processo de aquecimento natural”, como uma consequência previsível da revolução industrial e como consequência pelo descaso político relacionado com o desenvolvimento auto-sustentado e responsável.

Está cientificamente comprovado que o superaquecimento da Terra, como uma consequência da intensificação do efeito estufa, é uma tendência absolutamente indiscutível. Também está comprovado que o homem vem produzindo uma grande quantidade de gases de estufa e está contribuindo para acelerar o efeito estufa e a velocidade de aquecimento da Terra.

É absolutamente indispensável que esta ameaça de desastre misto global seja melhor estudada e encarada com realismo, pela comunidade científica e que surja uma massa crítica de opinião na Sociedade Global, com o objetivo de promover a vontade de retardar o processo.

É inegável que a produção de gases de estufa foi acelerada a partir do início da revolução industrial e que só será minimizada quando a tese do desenvolvimento auto-sustentado e responsável prevalecer sobre a do desenvolvimento “a qualquer custo”. Evidentemente, nenhum governo responsável pode assumir uma atitude contrária à estabelecida pela opinião pública.

Está comprovado que o dióxido de carbono e o dióxido de enxofre resultam da queima de combustíveis fósseis, como o carvão, os derivados de petróleo e o gás natural; o óxido nitroso resulta da atividade das bactérias do solo, que atacam a matéria orgânica; o metano resulta da decomposição da matéria orgânica; os produtos clorofluorcarbonizados (CFC) são utilizados em aerossóis e na indústria de refrigeração.

Após examinados os mecanismos naturais (vulcanismo) e artificiais de produção dos gases de estufa, é desejável que se examinem os mecanismos de redução natural destes gases. Genericamente, a redução destes gases de estufa depende da:

- **difusão dos mesmos**, para as camadas mais altas da atmosfera.
- **diluição** destes gases nas águas das chuvas, permitindo a remoção pela via úmida.
- **reação química** dos mesmos com outros compostos gasosos e particulados existentes na atmosfera.
- **absorção dos gases** pelas formas de vida clorofiladas (algas e plantas) e da consequente utilização do carbono e do nitrogênio, para formar a biomassa;
- **absorção** dos gases por compostos químicos dispersos na superfície da Terra e pelas águas de superfície.

Dentre os processos de redução dos gases de estufa, os que mais podem ser utilizados pelo homem, nas condições tecnológicas atuais, dizem respeito ao incremento:

- na produção de algas e de plantas terrestres clorofiladas altamente produtivas de biomassa.
- na expansão de áreas verdes, nas grandes cidades e nas áreas de proteção ambiental (**APA**) que devem obrigatoriamente circundar as indústrias poluidoras e os eixos de transporte.

4. Ocorrência

Na condição de fenômeno global relacionado com a geodinâmica terrestre externa, o efeito estufa repercute sobre todo o mundo.

No entanto, os países mais desenvolvidos do Hemisfério Norte são responsáveis pela emissão de mais de 80% dos gases de estufa.

Somente os Estados Unidos da América são responsáveis por mais de 22% da poluição da atmosfera com gases de estufa, enquanto que a Comunidade Européia responde por mais de 36% desta poluição.

No Extremo Oriente, o Japão, a Índia e a China também são responsáveis por grandes emissões, da mesma forma que a Rússia, embora a China, a Rússia e a Índia não sejam países plenamente desenvolvidos.

A produção de gases de estufa no Brasil é inferior a 1% do total mundial, apesar do PIB brasileiro ultrapassar 500 bilhões de dólares.

Como os níveis de poluição da atmosfera, em alguns casos são desproporcionais ao nível comparado do PIB, é forçoso reconhecer que proporções exageradas de poluição ambiental são indicadores do nível de intransigência, egoísmo e irresponsabilidade social.

5. Discussão sobre os chamados Pulmões do Mundo

Numa tentativa de minimizar as responsabilidades individuais dos países desenvolvidos, no que diz respeito à produção dos gases de estufa, **a mídia internacional** está tentando distrair a opinião pública e debater:

- não os países desenvolvidos responsáveis pela emissão de grandes volumes de gases de estufa;
- mas os países que possuem vastas reservas de florestas tropicais, que foram escaladas como “pulmões do mundo”.

Na Europa, só se encontram vestígios da vegetação primitiva, que um dia cobriu aquele continente, nas florestas que delimitam parte da fronteira entre a Polônia e a Bielorrússia.

Os Estados Unidos praticamente disseminaram suas florestas milenares de sequóias, e a opinião pública mundial não pediu que os mesmos prestassem contas.

No entanto, a mídia internacional difundiu em todo o mundo a idéia de que a Amazônia é intocável, por ser o “pulmão do mundo”.

É evidente que a floresta amazônica, da mesma forma que os demais complexos florestais brasileiros e do resto do mundo e todas as grandes culturas anuais, produtoras de grandes volumes de biomassa, funcionam como pulmões da biosfera, ao fixarem grandes quantidades anuais de carbono.

Só que, **os complexos florestais brasileiros**, as florestas artificiais e as grandes culturas anuais, como as de cana-de-açúcar são “**pulmões do Brasil**”.

Cada País, cada Estado ou Província, cada município, cada localidade, cada bairro e cada quintal do mundo deve se preocupar em desenvolver seus respectivos pulmões e não querer transferir para os países tropicais a responsabilidade pela despoluição.

Como a eficácia e eficiência dos pulmões são medidas em termos do volume da biomassa, que se desenvolve anualmente, é evidente que as algas marinhas e as culturas anuais, como os canaviais, funcionam como pulmões muito mais eficazes que as florestas. Da mesma forma, as florestas latifoliadas decíduas, que renovam seus aparelhos folheares todos os anos, produzem muito mais biomassa anual que as florestas equatoriais perenes.

Apesar disto, as florestas equatoriais perenifólias foram escaladas para serem “os pulmões do mundo”.

O Atlântico Norte é poluído anualmente com milhões de toneladas de lixo e está pejado de invólucros de plástico, que reduzem o desenvolvimento das algas marinhas. Apesar disto, ninguém se preocupa com esta destruição, porque as florestas equatoriais foram escaladas para serem **“os pulmões do mundo”!**

É evidente que os brasileiros podem e devem proteger, preservar e recuperar seus complexos florestais e manejá-los adequadamente, com o objetivo de garantir a exploração econômica dos mesmos, por numerosas gerações de brasileiros. Mas nossos pulmões são brasileiros, do mundo não! **Cada país deve se ocupar de cuidar de seus próprios pulmões.**

Além disto, o cerne da questão não deve ser centrado nos mecanismos de despoluição, mas na minimização da produção de gases de efeito estufa.

Os combustíveis fósseis, que estão sendo queimados em escalas gigantescas, foram fixados na biomassa durante centenas de milhões de anos. É importante que se invista no desenvolvimento de formas de energia que sejam menos poluidoras da atmosfera e que se minimize a produção mundial de gases de estufa.

6. Monitorização, Alerta e Alarme

É muito importante que se monitorize a refletância da Terra ou efeito albedo e se compare com séries históricas, com o objetivo de dimensionar corretamente o efeito estufa.

É indispensável que a emissão de gases de estufa, nos conglomerados industriais, nas grandes cidades, nos grandes eixos e terminais de transportes, sejam corretamente avaliados. É imperioso que se acompanhe a evolução do nível médio do mar, com grande grau de precisão.

É indispensável que se acompanhe globalmente a evolução média das curvas de temperatura na troposfera e as possíveis evidências de mudanças climáticas.

Da avaliação destes parâmetros, em escala mundial, é que se pode inferir o provável nível de intensidade desta ameaça de desastre.

7 . Principais Efeitos Adversos

A intensificação do efeito estufa promoverá uma gradual elevação da temperatura média da troposfera com todos os maus efeitos resultantes de uma aceleração do metabolismo energético da Terra.

O efeito mais visível deste superaquecimento será uma gradual redução das calotas polares, que promoverá uma correspondente elevação do nível do mar, que somente neste século já se elevou 15 centímetros.

Alguns cientistas afirmam que, nos próximos 100 anos, a temperatura média aumentará aproximadamente 3,5 graus.

É evidente que uma elevação da temperatura média da Terra redundará numa aceleração do metabolismo climático, gerando alterações cada vez mais bruscas nas condições atmosféricas. Em consequência, todos os desastres relacionados com a Geodinâmica Terrestre Externa, como secas, inundações, vendavais e outros serão sensivelmente intensificados.

A elevação da temperatura global redundará numa elevação do metabolismo de todos os animais homeotérmicos, inclusive do homem, e poderá redundar numa redução da expectativa de vida média daqueles povos menos adaptados a climas quentes e úmidos.

O aumento da temperatura e do nível de umidade da troposfera resultará, a longo prazo, numa intensificação do intemperismo, que provocará um incremento nos processos erosivos e no assoreamento dos rios, lagos e barragens, com reflexos sobre as inundações e as enxurradas.

8 . Medidas Preventivas

Por se tratar de uma ameaça de desastre global, as medidas preventivas relativas à aceleração do efeito estufa, necessariamente deverão ser debatidas e acordadas, em nível internacional, e os governos dos países que assinarem o “Acordo” deverão se comprometer em não ultrapassar os níveis de poluição atmosférica, que lhes forem determinados.

Não cabe aqui o argumento de que as medidas acordadas retardarão o processo de desenvolvimento. Ao contrário, o grande volume de investimentos necessários por garantir a melhoria da qualidade de vida da população do globo acelerará o desenvolvimento.

A prevenção da intensificação da produção de gases de estufa, responsáveis pela maximização dos riscos de superaquecimento da **Troposfera**, depende de:

- **medidas não-estruturais**
- **medidas estruturais**

a) Estudo de Algumas Medidas Não-Estruturais Importantes

Dentre as medidas não-estruturais, relacionadas com a prevenção da intensificação do efeito estufa, há que destacar:

- 1) Um imenso conjunto de atividades educacionais e de mudança cultural, que tenham por objetivo “**conservar a energia**” e “**otimizar o consumo**” da mesma.
- 2) Uma política de melhor utilização do espaço geográfico fundamentada no princípio de que: “**quem polui deve prover a despoluição**”. O objetivo desta política é o de garantir o máximo de dispersão e de proteção ambiental periférica, para as fontes estacionárias de poluição.

- 3) Uma política de investimento em fontes alternativas de geração de energia, que redunde numa drástica redução do número de fontes estacionárias de produção de energia, constituídas por Usinas Termoelétricas(UTE) que utilizam combustíveis fósseis, como o carvão e o óleo combustível.
- 4) As plantas e distritos industriais altamente poluidores da atmosfera e as Usinas Termoelétricas(UTE) deverão ser obrigados a investir no desenvolvimento de técnicas, processos industriais e equipamentos que reduzem o nível de poluição atmosférica.
- 5) Todos os focos de poluição atmosférica e os eixos de transporte de trânsito intensificado deverão ser circundados por **áreas de proteção ambiental - APA**, densamente arborizadas, para aproveitar “in loco” parte do gás carbônico emitido e transformá-los em biomassa.
- 6) Todos os planos diretores do desenvolvimento das cidades deverão prever, em volume de áreas verdes, o equivalente a, no mínimo, 25% da área urbanizada.

Principais Finalidades do Planejamento Territorial e do Microzoneamento

O **planejamento territorial** e o microzoneamento facilitam o controle e a redução da poluição do ar, pelos gases de estufa e pelos elementos particulados, por intermédio das seguintes medidas regulamentadoras, de ordem geral:

- **Proibição da instalação** de determinadas fontes de poluição atmosférica, na área de jurisdição da autoridade responsável pela regulamentação.
- **Permissão** para que outras fontes de poluição da atmosfera sejam instaladas, desde que revejam seus processos de industrialização, se equipem com filtros e outros equipamentos despoluidores, e sejam convenientemente afastadas de áreas vulneráveis e circundadas por **APA** densamente arborizadas.
- **Estabelecimento obrigatório** de perímetros de segurança e de **APA** densamente arborizadas, ao redor das áreas de risco intensificado de emissão de gases de estufa e de elementos particulados.
- **Estrita limitação** do número de focos de poluição da atmosfera, em função da superfície total da área jurisdicionada.
- **Adequada localização** das plantas e distritos industriais, eixos e terminais de transporte com elevados índices de poluição atmosférica, em função da topografia, das condições atmosféricas dominantes e da distribuição das áreas vulneráveis e áreas de proteção ambiental, na área jurisdicionada.
- **Adequada localização, construção e operação de sistemas viários**, de transporte de tráfego intensificado e de terminais de transporte e **controle adequado** do fluxo de trânsito, em função dos dados levantados pela vigilância ambiental.

Outras Medidas Relacionadas com a Política de Proteção Ambiental

Alguns produtos perigosos deverão ser formalmente proibidos de serem utilizados, como **combustíveis, aditivos de combustíveis, matérias primas e enzimas**, em instalações industriais, veículos automotores e usinas termoelétricas.

Enquadram-se nesta proposta de proibição, o **chumbotetraetila**, utilizado como regulador de octanagem da gasolina, e os carvões minerais e óleos combustíveis, com elevados teores de enxofre. Em princípio, o álcool absoluto e outros reguladores de octanagem deverão, a longo prazo, substituir o chumbotetraetila nos combustíveis dos veículos automotores.

As indústrias de veículos automotores deverão ser proibidas de comercializarem veículos com motores pouco eficientes e que sejam grandes consumidores de combustíveis.

O transporte de massa, movido à energia elétrica e deslizando sobre trilhos ou colchões de ar deve ser incentivado em detrimento dos meios de transporte individuais.

Em princípio, as fontes estacionárias, responsáveis pela geração de energia elétrica deverão representar menores riscos de poluição atmosférica.

- As usinas termoeletricas, que queimam carvão e óleo combustível, deverão ser gradualmente substituídas por **Usinas Hidroelétricas (UHE)**, **Usinas Atomoelétricas (UAE)** seguras e, na pior das hipóteses, por usinas termoeletricas, que queimem gás natural e biomassa.
- **Fontes alternativas** de geração de energia, como as microusinas hidroelétricas, as fontes de energia eólica e solar deverão ser disponibilizadas, com o objetivo de complementar os sistemas integrados de energia.

As indústrias deverão ser incentivadas a reverem seus processos industriais e a reduzirem o consumo de energia, insumos e matérias-primas, que possam contribuir para aumentar o volume de produção dos gases de estufa.

b) Estudo das Medidas Estruturais

No atual nível de desenvolvimento tecnológico, estão disponibilizados os seguintes grupos de equipamentos destinados a reduzir a poluição atmosférica:

- **Coletores de Elementos Particulados.**
- **Coletores de Gases e de Vapores Poluentes.**
- **Lavadores e Coletores de Gases e de Elementos Particulados.**

Dentre os equipamentos utilizados com o objetivo de reduzir a emissão de gases e de elementos particulados, responsáveis pela intensificação do efeito estufa, há que destacar:

As Câmaras de Precipitação ou Coletores Gravitacionais

Nestas câmaras, a velocidade do fluxo de escapamento das emissões gasosas, é sensivelmente reduzida, com o objetivo de facilitar a deposição dos elementos particulados no interior das mesmas.

Normalmente, estas câmaras são utilizadas como **equipamento pré-coletor** em usinas termoeletricas, indústrias refinadoras de metais e indústrias alimentícias.

Câmaras de Pós-Combustão

Quando instaladas em aviões a jato e veículos movidos a diesel, estas câmaras reduzem a poluição atmosférica e produzem um empuxo adicional, que aumenta a potência final destes motores.

Ciclones ou Coletores Centrífugos

Estes coletores imprimem um movimento circular aos gases, no interior das câmaras de escapamento, provocando o deslocamento descendente das partículas sólidas, na área central do equipamento, em função da inércia. Estes equipamentos, simples e de baixo custo, apresentam como desvantagem os riscos aumentados de entupimento e de abrasão.

Coletores Úmidos

Estes coletores forçam as emissões a circularem entre níveis de água finalmente particulada, que recolhem as partículas sólidas e diluem os gases solúveis que são direcionados para câmaras de coleta. Estes coletores, além de reduzirem o volume de partículas e gases emitidos, atuam como resfriadores, são de baixo custo e pouco volumosos.

Filtros de Carvão Ativado, de Sílica-Gel e de Outros Materiais

Estes filtros, extremamente eficientes, absorvem uma ampla gama de gases e de elementos particulados, mediante a passagem dos gases por um meio poroso. Por serem sensíveis a temperaturas elevadas e a entupimentos, devem ser antecidos por **pré-coletores**.

Filtros ou Processadores Eletrostáticos

Nestes processadores, os gases são direcionados para uma câmara de **ionização**, com um elevado gradiente eletrostático, onde as partículas e gases são carregados de eletricidade e, em seguida, são atraídos pelos pólos de carga contrária.

Estes precipitadores vêm sendo utilizados em usinas termoelétricas, fábricas de cimento e de celulose, aciarias e fundições de metais ferrosos e não-ferrosos e nos grandes incineradores de resíduos tóxicos.

Câmaras de Combustão

Quanto mais eficiente for a combustão, menor será a emissão de gases tóxicos intermediários. Os equipamentos que queimam gases combustíveis devem garantir o máximo de mistura entre os gases combustíveis e o oxigênio, mediante equipamentos geradores de turbulência, com o objetivo de garantir a queima total dos gases combustíveis, em temperaturas extremamente elevadas, gerando o máximo de eficiência na produção de energia.

É importante ressaltar que todos estes equipamentos não dispensam as indústrias de serem circundadas por áreas de proteção ambiental densamente arborizadas.

O conceito mais moderno é dispersar os “pulmões da atmosfera” e localizá-los, o mais próximo possível das fontes poluidoras.

9 . Reflexos da Redução do Efeito Estufa sobre o Urbanismo

Todos os urbanistas devem ser despertados para a importância das áreas verdes urbanas. Todo o espaço urbano disponível deverá ser densamente arborizado e plantado com vegetação que produza anualmente um grande volume de biomassa.

Todos os quintais, jardins e coberturas de edifícios deverão ser arborizados e todas as unidades residenciais deverão ser incentivadas a se encherem de plantas e de jardins de inverno.

A sociedade deve ser educada para promover a proliferação de árvores e arbustos e o desenvolvimento da biomassa nas proximidades de suas residências.

As cidades do futuro serão adentradas por áreas florestadas e todas as pessoas deverão ser educadas para valorizar o verde, não em áreas remotas, mas nas proximidades de suas áreas residenciais.

Redução da Poluição Marinha e Incremento na Produção de Algas

As algas clorofiladas são os mais eficientes pulmões da Terra!

Em consequência, a legislação que coíbe a poluição marinha deve ser revista e aperfeiçoada e o esforço de produção de “campos de algas e sargaços” deve ser incrementado, às últimas consequências.

TÍTULO II CHUVAS ÁCIDAS

CODAR – ME.ACA/CODAR – 31.202

1. Caracterização

As chuvas ácidas ocorrem quando ácidos, que se formam na atmosfera, são diluídos na água e se precipitam com elas, sobre a superfície da Terra.

Estes ácidos podem se formar naturalmente, em consequência de emissões vulcânicas, mas podem resultar de ações humanas.

A queima de carvão e de óleos combustíveis ricos em enxofre, em usinas termoelétricas, aciarias e outras indústrias, além dos gases de escapamento dos veículos automotores, são os principais responsáveis pela produção de óxidos de enxofre que, em mistura com os vapores de água, formam ácido sulfúrico, um dos principais componentes das chuvas ácidas.

Os resíduos carbonáticos, oriundos das fábricas de cimento, em contato com a água atmosférica produzem o ácido carbônico que, retornando à Terra sob a forma de chuva ácida, danifica as estruturas de concreto e o aparelho respiratório dos animais.

Os óxidos de nitrogênio, liberados na atmosfera pela queima de combustíveis, nos veículos automotores movidos a gasolina e a óleo diesel, são os principais responsáveis pela produção do ácido nítrico.

Algumas indústrias podem ser responsabilizadas pela formação e diluição de outros ácidos fortes, como o ácido clorídrico e fluorídrico.

Ao atingirem a superfície da Terra, sob a forma de chuva, geada, neve, granizo ou neblina, estes ácidos comprometem as lavouras, as florestas, as coleções de águas superficiais e os organismos aquáticos e danificam edificações, estátuas e monumentos históricos.

2. Causas

As chuvas ácidas foram identificadas pela primeira vez em 1858, mas somente depois de 1970 seus efeitos sobre a vegetação foram bem compreendidos e estudados

Embora o fenômeno possa ser provocado por causas naturais, já que os vulcões em atividade liberam grandes quantidades de óxidos de enxofre, da mesma forma que as descargas elétricas podem provocar a formação de ácido nítrico, assume características de desastre misto, em função da grande quantidade de ácidos que se formam na atmosfera, em decorrência das atividades humanas.

Está demonstrado que a queima de combustíveis fósseis é a principal responsável pelo incremento das chuvas ácidas, que passaram a ocorrer com mais intensidade e frequência, a partir da revolução industrial.

3. Ocorrência

O fenômeno é mais intenso e freqüente nas áreas industrializadas do **Hemisfério Norte**.

Aproximadamente 35% dos ecossistemas europeus já foram parcialmente afetados pelas chuvas ácidas. Na América do Norte, a água dos lagos tornou-se de 10 a 30% mais ácida nestes últimos 20 anos.

Como as chuvas formadas em uma área podem se deslocar com as correntes atmosféricas e ocorrer em outras áreas, as chuvas ácidas, que estão danificando as florestas e os lagos da Suécia, estão sendo geradas nos céus da Inglaterra, enquanto que as geradas na região mais industrializada da Alemanha, estão danificando as áreas florestadas da Polônia.

No Brasil, as regiões mais afetadas por este desastre misto são a Baixada Santista, as regiões metropolitanas do Rio de Janeiro e de São Paulo e as áreas influenciadas por chuvas locais contaminadas pelas Termoeletricas de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul.

A Usina de Xarqueada provocou chuvas ácidas no território do Uruguai, mas este fenômeno já foi minimizado com a instalação de filtros eletrostáticos naquela unidade geradora de energia.

4. Principais Efeitos Adversos

Ao atingirem a superfície da Terra, estes ácidos diluídos nas águas das chuvas, neblinas ou nevadas, alteram a acidez dos solos e das águas e danificam a vegetação, atingindo especialmente a estrutura foliar.

O efeito das chuvas ácidas também se estende aos organismos animais, que se desenvolvem nos meios aquáticos e acabam prejudicando a ictiofauna.

Nas cidades e áreas industrializadas, a acidez provoca a oxidação das ferragens e atua sobre as estruturas de calcário, danificando edificações, estátuas e demais monumentos de mármore.

Por acelerar o processo de oxidação dos metais (ferrugem), as chuvas ácidas aumentaram os gastos de manutenção de pontes e de outras estruturas metálicas, que têm que ser repintadas a intervalos cada vez menores.

Finalmente, os vapores acumulados comprometem as vias aéreas dos homens e dos animais, dificultando a respiração e promovendo espasmos brônquicos, desencadeadores de crises de asma.

Estima-se que, nos Estados Unidos, as chuvas ácidas sejam a terceira causa de doenças pulmonares, além de produzir hipertensão arterial, problemas renais e danos ao Sistema Nervoso Central.

Dentre os equipamentos responsáveis pela redução do nível de poluição gasosa, há que destacar os já estudados ao propósito do efeito estufa, como:

- **Câmara de Precipitação ou Coletores Gravitacionais**
- **Ciclones ou Coletores Centrífugos**
- **Coletores Úmidos**
- **Filtros de Carvão Ativado ou de Sílica Gel**
- **Filtros Eletrostáticos**
- **Câmaras de Pós-Combustão**

O controle das emissões por veículos automotores depende de:

- **Atividades de pesquisa**, com o objetivo de produzir motores e combustíveis com elevados níveis de eficiência e que eliminem um volume mínimo de emissões ácidas
- **Atividades de Pesquisa**, com o objetivo de aumentar a eficiência dos “**silenciadores**” e reduzir a emissão de descargas.
- Atividades de controle dos eixos de transporte, com o objetivo de aumentar o fluxo do trânsito e reduzir o volume das emissões.
- Medidas que objetivem melhorar a eficiência, a segurança e o conforto dos transportes de massa e que desestimulem a circulação de veículos automotores, para o transporte individualizado.
- Medidas que tenham por objetivo incrementar o chamado “transporte solidário”.

Veículos com motores desregulados devem ser proibidos de circular nas vias de transporte.

Do ponto de vista macroeconômico, o desenvolvimento das hidrovias e a política de multipolarização da economia, ao diluírem as fontes emissoras de gases ácidos, em amplos espaços geográficos, contribuirão para reduzir a intensidade das chuvas ácidas.

Até que se consiga um razoável nível de controle, a correção do solo e o esforço de recuperação e reflorestamento das áreas afetadas terão que ser continuados, da mesma forma que as atividades de manutenção das grandes estruturas metálicas e dos monumentos históricos afetados.

4 . Monitorização, Alerta e Alarme

As atividades de monitorização devem ser direcionadas para as fontes emissoras e para as áreas afetadas pelo fenómeno, que podem estar próximas das fontes emissoras ou sensivelmente distanciadas das mesmas.

Para verificar o efeito sobre as águas que se precipitam nas áreas afetadas, há que dotar as estações meteorológicas locais, com equipamentos sensores que meçam o PH e a condutividade elétrica **(CE)** das águas pluviais. O PH da chuva normal é de 5.0, enquanto que o da maioria das chuvas ácidas é igual ou inferior a 4,5.

A monitorização da carga poluidora das instalações industriais e das Usinas Termoelétricas (UTE) só é útil quando complementada por um “poder de polícia”, que obrigue estas unidades a adquirirem e instalarem equipamentos despoluidores.

A monitorização dos veículos automotores, nas vias de transporte e nos terminais de transporte é de grande utilidade; quando obriga os proprietários de veículos automotores a reduzirem a emissão de suas descargas e a otimizarem o funcionamento dos motores de seus veículos.

As condições da água em lagos, açudes e represas de usinas hidroelétricas também devem ser monitorizadas, com o objetivo de verificar e detectar tendências para a acidulação do meio líquido. Quando a carga de ácido nítrico está aumentada, ocorre uma intensa proliferação de algas que reduzem o teor do oxigênio diluído, com reflexos sobre a fauna local.

5. Medidas Preventivas

As chuvas ácidas foram poderosamente incentivadas pela revolução industrial e só serão reduzidas se houver um imenso esforço de conscientização da sociedade, que gere uma massa crítica de opiniões favoráveis ao controle das fontes emissoras.

As Usinas Termoelétricas e as indústrias que liberam grandes quantidades de óxidos de enxofre e de nitrogênio devem ser coagidas a adquirirem e instalarem equipamentos destinados a reduzirem o nível de poluição atmosférica, como:

- **Coletores de Elementos Particulados**
- **Coletores de Gases e Vapores Poluentes**
- **Lavadores, Filtros e Coletores de Gases e de Elementos Particulados**

TÍTULO III

CAMADAS DE INVERSÃO TÉRMICA

CODAR – ME.AIT/CODAR – 31.203

1. Caracterização

Embora a inversão térmica nas camadas atmosféricas seja um fenômeno natural, o desastre que acompanha este fenômeno natural é considerado misto por só ocorrer em áreas vulneráveis e sujeitas a índices elevados de poluição atmosférica.

Normalmente, o ar é mais aquecido nas baixas camadas atmosféricas e tende a perder temperatura, na medida em que ascende e se distancia do solo.

No entanto, a inversão térmica é um fenômeno natural, de características sazonais, que ocorre com relativa frequência em determinadas regiões do **Globo Terrestre**, especialmente em áreas de clima tropical.

Em princípio, ocorre inversão térmica, quando uma frente de ar quente se expande rapidamente, atingindo áreas que, até então, estavam sujeitas a temperaturas baixas, e aprisionam bolsões de ar frio, nas proximidades do solo.

Em consequência, uma camada de ar aquecido desenvolve-se em sentido horizontal, sobreposta a um bolsão de ar frio, caracterizando uma situação aparentemente paradoxal, na qual a temperatura do ar, ao atingir a camada de inversão, aumenta ao invés de diminuir.

Quando ocorre a inversão térmica, a camada de ar aquecido funciona como uma imensa campânula, bloqueando a circulação vertical e dificultando o movimento ascendente do ar localizado nas baixas camadas da atmosfera.

O **desastre misto** caracteriza-se quando, em consequência das dificuldades de transporte vertical, **os contaminantes do ar** tendem a se concentrar nas baixas camadas da atmosfera, aumentando a poluição ambiental do ar localizado próximo da superfície.

2. Causas

Na condição de desastre misto, este desastre depende de causas:

- **naturais**, relacionadas com o fenômeno de inversão térmica do ar nas camadas mais baixas da troposfera;
- **humanas**, relacionadas com a emissão intensificada de poluentes atmosféricos.

As principais atividades humanas responsáveis pela emissão de poluentes atmosféricos, são o uso intensificado de transportes automotores e as atividades industriais que resultam na intensificação da emissão de gases poluentes.

No Brasil, as inversões térmicas ocorrem com mais frequência em áreas de planalto e da Baixada Santista e ocorrem mais intensamente nas épocas do ano em que as frentes quentes mostram tendências crescentes para “abafarem” as manifestações residuais das frentes frias.

É normal que o fenômeno ocorra nas épocas em que a umidade do ar tende a ser reduzida e costuma coincidir com noites de céus estrelados e profundos.

3 . Ocorrência

No Brasil, a área mais atingida pelo fenômeno é a Região Metropolitana de São Paulo, onde o desastre é agravado pela grande densidade de veículos automotores circulantes e pela intensa atividade industrial.

Também as cidades do Planalto Central, como Brasília, Goiânia e Anápolis estão sujeitas ao fenômeno da inversão atmosférica e devem planejar para reduzir a densidade de veículos automotores, que trafegam nos seus centros urbanos e restringir a expansão de indústrias poluidoras da atmosfera.

4. Principais Efeitos Adversos

Dentre os poluentes atmosféricos que tendem a aumentar sua concentração, por ocasião das inversões térmicas nas camadas da atmosfera, destacam-se os seguintes, em função de seus efeitos deletérios:

- **hidrocarbonetos aromáticos**, considerados como agentes cancerígenos e, possivelmente, teratogênicos e por serem prejudiciais ao funcionamento do sistema nervoso;
- **hidrocarbonetos oleofínicos ou acetilênicos**, por favorecerem a formação do chamado “smog fotoquímico” e causarem irritação nos olhos, na faringe e nas demais vias respiratórias;
- **aldeídos**, por provocarem irritação nos olhos e nas vias respiratórias;
- **óxidos de enxofre**, por causarem danos às vias respiratórias e à vegetação;
- **óxidos de nitrogênio**, por provocarem o “smog fotoquímico”, causarem irritação nos olhos e vias respiratórias, agravarem as doenças respiratórias crônicas e produzirem danos à vegetação;
- **monóxido de carbono**, por provocar dor de cabeça, desconforto respiratório, cansaço, vertigens, palpitações e redução dos reflexos profundos. Em ambientes fechados, a inalação de doses elevadas de monóxido de carbono pode ser mortal;
- **chumbo tetraetila**, por ser agente cancerígeno, teratogênico, causar irritação nas vias respiratórias, agravar doenças respiratórias crônicas e produzir danos à vegetação.

A inalação de pólen e de partículas de poeira pode ter efeito alergênico e desencadear crises de insuficiência respiratória, causadas por espasmos nos brônquios.

5 . Monitorização Alerta e Alarme

Os serviços de Meteorologia têm condições de antecipar, com razoável antecedência, a ocorrência de fenômenos atmosféricos responsáveis pela formação de camadas de inversão térmica e definir as áreas onde, provavelmente, o fenômeno será mais intenso, em função de estudos do modelado do terreno.

Os serviços ambientais, responsáveis pela monitorização da qualidade do ar nas áreas urbanas ou em regiões densamente industrializadas, têm condições de acompanhar, dia-a-dia, ou hora-a-hora, a involução da qualidade do ar ambiental, nas baixas camadas atmosféricas, informando à Defesa Civil.

Ultrapassados os índices de alerta, antes mesmo de que os índices de alarme sejam atingidos, a Defesa Civil local deve desencadear o **plano de contingência**, com o objetivo de reduzir a concentração dos poluentes ambientais:

- determinando a paralisação das atividades industriais de maior potencial de poluição;
- reduzindo drasticamente a circulação de veículos automotores.

6 . Medidas Preventivas

Nas regiões densamente industrializadas, com tráfego de veículos automotores muito intenso e que estão sujeitas ao fenômeno de inversão atmosférica com muita frequência, este desastre misto tende a assumir as características de uma catástrofe.

Megalópoles, como a cidade do México, a Região Metropolitana de São Paulo e outras grandes cidades industriais, localizadas em áreas onde o fenômeno da Inversão Térmica nas camadas ocorre com frequência, devem considerar este desastre como prioritário, em seus **Planos Diretores de Desenvolvimento**.

Nestas condições, os riscos de poluição ambiental, que são intensificados na vigência destes fenômenos, devem ser considerados, quando forem estabelecidas as diretrizes, que devem regulamentar os serviços de transporte e o desenvolvimento Industrial.

Em princípio, as regiões vulneráveis a este desastre misto devem:

- **descentralizar** seus distritos e plantas industriais, desenvolvendo-os em núcleos dispersos, ocupando amplos espaços horizontais e as unidades industriais devem ser cercadas por Áreas de Proteção Ambiental, densamente arborizadas;
- **impedir a implantação** de indústrias com elevado potencial de poluição atmosférica, nas áreas mais vulneráveis, como Brasília;
- **compulsar as indústrias** poluidoras já instaladas a se equiparem com filtros eletrostáticos e com outros equipamentos redutores da poluição atmosférica, através de pesadas multas, facilidades creditícias e sistemas de incentivos;
- **promover** o desenvolvimento de sistemas de transportes coletivos, que facilitem o transporte e a circulação de bens e pessoas, sem incrementarem a poluição ambiental;
- **desestimular o trânsito** de veículos de transporte individual e incentivar o transporte solidário, oferecendo alternativas de transporte confortáveis, rápidas e confiáveis;
- **promover o desenvolvimento** de sistemas intermodais de cargas pesadas, dispersando os terminais de transporte ao longo de eixos rodo-ferroviários, hidro-rodoviários e ferroviários, com o objetivo de garantir um máximo de economia, com um mínimo de poluição;
- **promover o consumo** de combustíveis com menor potencial de poluição ambiental, como o **gás natural**, o **álcool etílico** e a **gasolina misturada** com elevadas concentrações de álcool, em detrimento do **carvão**, do **óleo diesel**, do **óleo combustível** e da **gasolina** aditivada com chumbo tetraetila;
- **proibir o uso** de chumbo tetraetila como regulador da octanagem, substituindo-o por álcool absoluto, como já acontece no Brasil;

- **promover a produção** de motores altamente eficazes e eficientes, que assegurem o aproveitamento otimizado dos combustíveis e a menor produção de poluentes atmosféricos;
- **coagir os usuários** a fazer a manutenção constantemente os motores de seus veículos, com o objetivo de reduzir drasticamente a liberação de resíduos ricos em aldeídos e hidrocarboretos aromáticos, resultantes da má combustão.

Nas grandes cidades, deve ser priorizada a instalação de sistemas de transportes coletivos, que deslizem sobre trilhos e utilizem motores elétricos:

- os veículos, que deslizam sobre trilhos, reduzem o nível de atrito e otimizam o rendimento de seus motores.
- os motores elétricos são decididamente os menos poluidores e por este motivo são ideais para os transportes coletivos.

As atividades de florestamento e de reflorestamento das áreas urbanas são altamente prioritárias, inclusive nas áreas de proteção ambiental, que devem ser demarcadas ao redor das plantas industriais potencialmente poluidoras da atmosfera. Os vegetais clorofilados são extremamente importantes para restabelecer o equilíbrio dinâmico da atmosfera, ao consumirem dióxido de carbono e liberarem vapor de água e oxigênio.

PARTE II

DESASTRES MISTOS RELACIONADOS COM A GEODINÂMICA TERRESTRE INTERNA

CODAR – MI/CODAR – 32

1. Introdução

Está comprovado que ações antrópicas podem alterar o equilíbrio dinâmico relativo ao metabolismo das camadas superficiais e profundas da crosta terrestre, induzindo abalos sísmicos ou alterando as características do solo.

De acordo com a profundidade ou superficialidade das camadas da crosta terrestre, onde ocorrem estes fenômenos adversos, estes desastres são classificados como:

- **Desastres Mistos Relacionados com a Sismicidade Induzida.**
- **Desastres Mistos Relacionados com a Geomorfologia, o Intemperismo e a Erosão.**

O conceito de desastre misto relaciona-se com a percepção de que as ações humanas podem contribuir para desencadear fenômenos físicos e químicos que ocorrem na natureza, por causas naturais, mas que podem ser desencadeados ou incrementados por ações antrópicas.

CAPÍTULO I

DESASTRES MISTOS RELACIONADOS COM A SISMICIDADE INDUZIDA

CODAR – MI.S/CODAR – 32.1

1. Introdução

Os desastres mistos relacionados com a sismicidade induzida vêm sendo estudados recentemente e normalmente relacionam-se com a construção de grandes obras de engenharia, nas proximidades de falhas existentes na crosta terrestre.

Normalmente, os sismos induzidos são de pequena magnitude e de pequena intensidade, podendo ser causa de pânico caso a população não seja informada sobre as causas dos mesmos.

As obras de engenharia indutora de abalos sísmicos são aquelas que agregam grandes massas de peso ou que alteram o modelado do terreno, nas proximidades de falhas tectônicas e acumulam tensões nestas áreas fragilizadas.

As bruscas rupturas do equilíbrio tensional das rochas das áreas falhadas provocam vibrações e ondas de choque, que são transmitidas elasticamente pela crosta terrestre e que se exteriorizam sob a forma de oscilações verticais e horizontais, que tipificam os abalos sísmicos.

2. Classificação

Em função das obras de engenharia que podem induzir este padrão de desastres mistos, os mesmos são classificados em desastres mistos com:

- **Sismicidade Induzida por Reservatórios (Barragens)**
- **Sismicidade Induzida por Outras Causas.**

TÍTULO I

DESASTRES MISTOS RELACIONADOS COM A SISMICIDADE INDUZIDA POR RESERVATÓRIOS

CODAR – MI.SIR/CODAR – 32.101

1 . Caracterização

A construção de grandes reservatórios, em função do represamento de grandes volumes de água, nas proximidades de áreas fraturadas pode induzir o aparecimento de sismos, com epicentros pouco profundos, nas proximidades destas obras.

Como o Brasil está localizado na área central da Placa Continental Sul-americana, o nível de sismicidade natural no território brasileiro é muito baixo.

Em consequência, embora os sismos induzidos sejam de pouca intensidade, podem atingir magnitudes comparáveis aos sismos de origem natural, que ocorrem neste imenso País de dimensões continentais.

É muito importante registrar que, até o momento (2002), nenhum sismo natural ou induzido provocou danos importantes nas obras civis de barragens bem planejadas e construídas, tanto no Brasil, como no resto do mundo.

Também deve-se registrar que, até o momento, não existe nenhum registro de sismo induzido no Brasil, cuja intensidade tenha ultrapassado o grau IV da **Escala de Mercalli Modificada**.

De acordo com a **Escala de Mercalli Modificada**, os sismos de grau IV são considerados como medíocres e são caracterizados como abalos sísmicos que podem ser percebidos dentro e fora das habitações, podendo acordar as pessoas, quando ocorrem durante a noite. Nestes sismos, as louças, lustres, portas e janelas trepidam, as paredes e os assoalhos podem rangir e os veículos estacionados podem oscilar fracamente.

No entanto, apesar da pouca intensidade dos mesmos, os riscos de sismos induzidos devem ser considerados, quando se planeja a construção de barragens e de outras obras de engenharia pesada.

2. Causas

Normalmente, os sismos induzidos ocorrem quando são construídas grandes obras de engenharia nas proximidades de áreas com falhas tectônicas superficializadas. As obras indutoras de abalos sísmicos são aquelas que alteram profundamente o modelado do terreno ou que agregam grandes massas de peso concentrado, nas proximidades de áreas falhadas, em consequência de tensões que se acumulam nestas áreas fragilizadas.

As bruscas rupturas do equilíbrio tensional das rochas das áreas falhadas provocam vibrações e ondas de choque, transmitidas elasticamente, e que se exteriorizam sob a forma de oscilações horizontais e verticais, que tipificam os abalos sísmicos.

É importante caracterizar que, de forma semelhante a que ocorre nos terremotos naturais, o sismo induzido ocorre quando a tensão acumulada e a tendência para a deformação ultrapassam o limite de elasticidade das camadas rochosas, provocando uma ruptura brusca das mesmas.

No caso dos sismos induzidos, esta ruptura, além de aumentar a falha geológica preexistente, provoca um terremoto de pequena intensidade.

3. Ocorrência

A sismicidade induzida pela construção de grandes reservatórios, nas proximidades de áreas falhadas, ocorre em todos os países do mundo e é constantemente registrada em estudos sismológicos.

No Brasil, este fenômeno também ocorre, inclusive na Região Norte, onde os abalos sísmicos localizados são ainda muito pouco estudados.

1) Sismicidade Induzida pela Construção da Barragem de Tucuruí

A hidroelétrica de **Tucuruí**, construída no rio **Tocantins**, quando totalmente concluída será a segunda mais importante do Brasil, com um potencial de ponta que só será suplantado por **Itaipú**, constituída na bacia do rio **Paraná**.

A barragem, com mais de 7(sete) quilômetros de extensão, formou um imenso reservatório, com milhões de metros cúbicos de água.

A **monitorização sismográfica** começou quatro anos antes do enchimento do reservatório e, durante este tempo, não registrou nenhum abalo sísmico significativo. No entanto, após 7(sete) meses do enchimento da represa, foram registradas dezenas de microssismos. Os abalos de maior magnitude corresponderam a 3,4 graus da Escala Richter, provocando sismos de intensidade III na Escala de Mercalli.

Os hipocentros destes sismos ocorreram numa profundidade média de 1,2 a 1,5 Km e no terço superior do lago, nas proximidades da barragem. Com a dissipação das tensões acumuladas, a sismicidade induzida foi se reduzindo gradualmente e, nos dias de hoje, a área retornou ao nível de sismicidade anterior ao da construção da barragem.

2) Sismicidade Induzida pela Construção da Barragem de Balbina

A hidroelétrica de **Balbina** foi construída no rio **Uatumã**, nas proximidades de Manaus, e provocou a formação de um imenso lago, relativamente raso, com uma área de 2.675 km² de extensão.

Numa comparação grosseira, os reservatórios de **Tucuruí**, **Xingó** e de **Itaparica** teriam a configuração de xícaras, enquanto que os reservatórios de Balbina e de Sobradinho teriam a configuração de pires.

A monitorização sismográfica começou a ser realizada 7(sete) anos antes do enchimento do reservatório, caracterizando uma área com baixos níveis de sismicidade.

Um ano após o enchimento do reservatório, foram registrados numerosos microssismos, com magnitudes variando entre 3 e 3,4 graus da **Escala Richter**, cujos epicentros estavam localizados a 17km a jusante da barragem, numa profundidade média de 1,5km e tardaram um ano para desaparecer.

Diferente de Tucuruí, os abalos ocorreram fora da área da barragem e tardaram um ano para aparecer. É possível que, o menor peso da água contida no reservatório e a maior distância da área fraturada tenham concorrido para retardar o aparecimento dos abalos sísmicos.

4. Principais Efeitos Adversos

Embora estes abalos sísmicos induzidos não tenham provocado nenhum dano físico, material ou ambiental, foram desfavoravelmente utilizados por aqueles que se contrapõem à construção de barragens, especialmente na área amazônica.

Teoricamente, o maior dano causado por estes abalos sísmicos induzidos foi uma tentativa de gerar pânico e convulsão social a partir do pouco conhecimento que a sociedade tem sobre o fenômeno.

5 . Monitorização, Alerta e Alarme

Evidentemente, todas as grandes obras de engenharia e, em especial, a construção de grandes barragens devem ser precedidas por minuciosos e detalhados estudos **geológicos**, incluindo a monitorização da atividade sismológica local.

Deve-se evitar a construção de barragens em áreas fraturadas, inclusive com o objetivo de reduzir os gastos com as obras de fundação, que obrigatoriamente devem ser assentadas em áreas de rochas sadias e compactas.

Existem numerosas Universidades Brasileiras que possuem equipes de geólogos em condições de monitorizar estas barragens. No entanto, é justo que se destaque a grande competência do pessoal do observatório sismológico da Universidade de Brasília, que funciona como centro de referência do Sistema Nacional de Defesa Civil, para estudos Sismológicos.

Embora na grande maioria dos países com baixos níveis de sismicidade natural, os estudos sísmicos não sejam considerados como prioritários, no Brasil este fato não ocorreu e um bom número de pesquisadores de alto nível se dedicam a estes estudos.

Considerando as dimensões continentais do Brasil, é muito importante que os estudos sismológicos sejam priorizados, permitindo uma melhor compreensão global sobre a incidência e a intensidade dos abalos sísmicos, em regiões localizadas em áreas distanciadas dos bordos das placas tectônicas.

Das grandes regiões geográficas brasileiras, a Região Norte foi a que começou a ser estudada a menos tempo, quanto aos aspectos sismológicos.

Os estudos sismológicos nesta macrorregião foram intensificados, a partir de 1980, com o objetivo de:

- **atingir** um maior volume de conhecimento sobre os níveis de atividade sísmica regional;
- **identificar áreas** com falhas tectônicas, onde a sismicidade é mais intensa, permitindo uma melhor compreensão sobre a geomorfologia da macrorregião;
- **estabelecer** padrões de sismicidade natural, em áreas onde se planeja instalar futuros projetos de engenharia, como barragens formadoras de grandes reservatórios artificiais, para fins de geração de energia elétrica;

- **melhor** caracterizar os casos de sismicidade induzida, que ocorrem após o enchimento dos grandes reservatórios.

Evidentemente, as atividades de monitorização de abalos sísmicos, naturais e induzidos são extremamente importantes em todas as regiões do Brasil e em todos os países do mundo.

6. Medidas Preventivas

Um dos campos mais interessantes e importantes da Engenharia de Desastres relaciona-se com a Geologia de Engenharia.

Independentemente dos possíveis riscos relacionados com abalos sísmicos, não somente as barragens, como todas as edificações e obras de engenharia civil devem ser construídas a partir de fundações absolutamente seguras e assentadas sobre rochas sadias.

Da mesma forma, as estruturas devem ser planejadas para serem seguras e para resistirem às tensões previstas que podem atuar sobre as construções.

É absolutamente indispensável que todos os engenheiros formados no Brasil tenham conhecimentos sólidos, relacionados com a engenharia de desastres e com a prevenção de sinistros.

É óbvio que se deve evitar construir obras pesadas e edificações em áreas de solo inconsolidado e em áreas de grandes fraturas.

No entanto, no que diz respeito aos abalos sísmicos induzidos por barragens, as medidas mais importantes relacionam-se com o fortalecimento das pesquisas e dos sistemas de monitorização e com o esclarecimento da opinião pública para evitar pânico descabidos e a exploração destes microssismos por ativistas de grupos ideológicos extremistas.

TÍTULO II

SISMICIDADE INDUZIDA POR OUTRAS CAUSAS

CODAR – MI.SGE/CODAR – 32.199

1. Caracterização

A sismicidade pode ser induzida por outras atividades humanas, além da construção de barragens e de reservatórios artificiais de água.

Dentre as outras causas indutoras de sismicidade, há que destacar:

- **as explosões subterrâneas;**
- **a exploração intensiva de depósitos subterrâneos de evaporitos;**
- **a utilização de grandes cavernas, como depósitos subterrâneos de minerais estratégicos.**

1) Explosões Atômicas Subterrâneas

Há até bem pouco tempo, em decorrência da corrida armamentista gerada pela Guerra Fria, numerosas explosões subterrâneas, provocadas por experiências com bombas atômicas, induziam intensas ondas de choque, que eram capturadas por sismógrafos em todo o mundo.

Felizmente, o mundo ingressou na chamada era pós-marxista, a corrida armamentista reduziu sua intensidade e as chamadas potências hegemônicas, que capitaneavam os blocos antagônicos, desinteressaram-se pelos testes atômicos. No entanto, algumas potências mundiais, que estão atravessando períodos de graves adversidades econômicas e sociais, ainda insistem nesta atividade, motivadas por conflitos locais.

É tempo de que um acordo político prescreva definitivamente o desenvolvimento destas armas, em todos os países do mundo e, além de reduzir estas ondas de sismicidade induzida, afaste, em caráter definitivo, os riscos de que a **Nave Global** seja intensamente traumatizada por uma hecatombe atômica.

As ondas de choque provocadas pelas explosões de armas atômicas são um forte indício de que a espécie humana apresenta crises vivenciais, onde se intensificam suas tendências para o suicídio coletivo.

2) Explosões Subterrâneas Usadas nas Pesquisas Geológicas

Ao contrário das anteriores, estas explosões são de pequena intensidade, captadas apenas por sismógrafos localizados nas proximidades dos focos de explosão e são benéficas, na medida em que permitem um melhor conhecimento do subsolo.

São estas explosões que permitem a descoberta de jazidas de petróleo, de evaporitos e até mesmo de depósitos de água subterrânea. Ao contrário das primeiras, estas explosões podem e devem ser intensificadas, com o objetivo de permitir um conhecimento aprofundado do subsolo e de suas riquezas.

3) Exploração Intensiva de Grandes Depósitos de Evaporitos

A exploração intensiva dos grandes depósitos de evaporitos normalmente é realizada com a injeção de grandes quantidades de água aquecida, que dilui os sais minerais e, em seguida, é bombeada para a superfície, carreando os mesmos.

Como muitos depósitos subterrâneos de evaporitos ocorrem em áreas de falhas geológicas e como este padrão de exploração contribui para alterar a distribuição das cargas tencionais sobre o leito rochoso, ninguém pode se admirar se ocorrerem pequenos abalos sísmicos provocados por estas explorações.

Para evitar o pânico relacionado com abalos sísmicos inexplicados, é importante que a sociedade seja informada sobre estes mecanismos e que sistemas de monitorização sísmica sejam implantados nas imediações das áreas de exploração.

4) Utilização de Grandes Cavernas como Depósitos de Minerais Estratégicos

Algumas das grandes potências hegemônicas decidiram aproveitar cavernas e minas abandonadas como depósitos de minerais estratégicos, que ficariam disponíveis em casos de guerra ou atuariam como reservas para atenuar possíveis pressões econômicas, por parte dos fornecedores destes bens minerais.

Em decorrência das alterações das cargas nestas áreas subterrâneas, já ocorreram microssismos produzidos por estas causas.

Também nestes casos, o pânico relacionado com abalos sísmicos pode ser reduzido pelo conhecimento das causas do abalo e pela monitorização do fenômeno.

CAPÍTULO II

DESASTRES MISTOS RELACIONADOS COM A GEOMORFOLOGIA, O INTEMPERISMO E A EROSÃO

CODAR – MI.G/CODAR – 32.2

1. Introdução

Os desastres mistos relacionados com a geomorfologia, o intemperismo e a erosão relacionam-se com um manejo inadequado do solo, que acaba precipitando graves desastres, com grandes repercussões para o bem-estar da espécie humana, especialmente por promoverem a redução da exploração agrícola e por induzirem a fome.

Além do manejo inadequado do solo, as pressões antrópicas relacionadas com o vertiginoso adensamento das populações terrestres contribuem para o incremento destes desastres.

2. Classificação

Em função dos principais danos ecológicos causados por estes desastres, os mesmos podem ser classificados como desastres mistos relativos a:

- **Salinização do solo**
- **Desertificação**

TÍTULO I

SALINIZAÇÃO DO SOLO

CODAR – MI.GSS/CODAR – 32.201

1. Caracterização

A salinização do solo pode ser desencadeada pelo homem, mas também pode ocorrer em decorrência de fenômenos naturais relacionados com a formação de mananciais, que vão se salinizando gradualmente e que, com a evaporação da água, como consequência da insolação, provoca a deposição de evaporitos salinizados.

A salinização do solo e a formação de depósitos de evaporitos em bacias fechadas, em decorrência de fenômenos naturais conhecidos como “**barreiros**”, ocorre em muitas regiões do Brasil. Estes barreiros ou eflorescências salino-salitrosas são procurados pelo gado e pelos animais silvestres, que lambem a Terra para absorver o sal, que é indispensável a seus metabolismos hidroeletrólitos.

No entanto, é muito importante ressaltar que técnicas inadequadas de irrigação, especialmente em áreas semi-áridas, caracterizadas pela insolação intensa, contribuem para a salinização do solo e, nestes casos, o fenômeno assume as características de desastre misto de evolução gradual.

A irrigação provoca a agregação de sais minerais ao solo e, caso não seja conduzida de forma adequada e racional, acabará provocando sua salinização.

Nas áreas semi-áridas, todas as vezes que se pensar em irrigar, deve-se obrigatoriamente pensar em drenagem. Irrigação, sem drenagem é trabalho de gente incompetente e não pode sequer ser chamada de irrigação, mas sim de “molhação”.

Os riscos de salinização do solo, em áreas irrigadas de regiões semi-áridas, dependem:

- **da qualidade da água** escoada e captada na bacia hidrológica de drenagem (BHD) e armazenada pelo sistema de barragem;
- **da qualidade da água** utilizada na irrigação, que depende das características do reservatório, do tempo em que esteve exposta à evaporação e do fluxo de renovação dos caudais;
- **da capacidade de drenagem** natural da área irrigada;
- **da eficiência** do sistema de drenagem;
- **do manejo** adequado das águas utilizadas na irrigação.

2. Causas

A quantidade do sal diluído nas águas armazenadas em barragens, destinadas à irrigação, varia em função:

- do regime de escoamento das águas que alimentam os depósitos;
- das características dos solos drenados no processo de alimentação dos lençóis freáticos marginais e de fundos de calhas;
- das trocas iônicas que ocorrem com o solo subjacente às áreas de armazenamento.

O processo de concentração de sais na água armazenada relaciona-se com a evaporação, que depende do nível de insolação e aumenta em função da ação dos ventos ressecantes.

A evaporação da água aumenta a concentração dos sais nas águas residuais. Conseqüentemente, o nível de concentração dos sais é:

- **diretamente proporcional** à extensão da superfície do espelho de água, ao tempo de insolação e à ação dos ventos ressecantes;
- **inversamente proporcional** à profundidade do manancial, volume de água armazenada e à velocidade de renovação dos caudais.

A retirada dos sais agregados do solo, nas áreas irrigadas depende da capacidade de drenagem natural das mesmas e da eficiência do sistema de drenagem, responsável pela infiltração das águas e pelo carreamento dos sais diluídos.

Qualquer ação que interfira no **equilíbrio dinâmico** que, necessariamente deve ocorrer entre o sal ofertado pela água de infiltração e o sal carreado pela água percolada, provoca deposição do sal e salinização do solo.

3. Ocorrência

Enquanto desastre misto, a salinização do solo ocorre em áreas irrigadas, de forma inadequada e incompetente, quando os irrigantes não se preocupam com o carreamento dos sais agregados e, em conseqüência, não planejam sistemas eficientes de drenagem.

Nesta condição, a salinização relaciona-se com o nível de desenvolvimento cultural e tecnológico das sociedades vulneráveis ao fenômeno, e ocorre, com mais freqüência, nas áreas menos desenvolvidas.

Os mais importantes exemplos históricos de salinização do solo e de desertificação ocorreram na **Mesopotâmia**, imensa área do Oriente Médio, drenada pelos rios **Tigre e Eufrates**, e que vem sendo irrigada desde a mais remota antigüidade. Nesta região, são percebidos numerosos núcleos de salinização, resultantes de problemas de drenagem local.

Nos tempos atuais, o maior desastre relacionado com a salinização solo ocorre na região transcaucásica da antiga União Soviética, em conseqüência de imensos sistemas de irrigação, que foram desenvolvidos de forma pouco competente, pela antiga administração centralizada daquele imenso país, que hoje está desmembrado e estruturado como Comunidade de Estados Independentes.

No Brasil, ocorrem núcleos de salinização do solo na região semi-árida do Nordeste, nos locais onde a irrigação foi conduzida de forma incompetente e irresponsável, por irrigantes mal assessorados e adestrados pelos serviços de extensão rural de alguns governos locais.

É imperioso que se ressalte, que irrigação sem drenagem, especialmente em regiões semi-áridas, é sinônimo de salinização do solo.

4. Principais Eleitos Adversos

Quando intenso e generalizado, o processo de salinização esteriliza o solo e promove a desertificação. A recuperação de terrenos salinizados é extremamente onerosa, por esse motivo, nestes casos específicos, as ações preventivas devem ser priorizadas sobre as recuperativas.

A deposição do evaporitos, nas proximidades dos sistemas radiculares das plantas acaba por inviabilizar as culturas.

A drenagem, ao rebaixar o lençol freático subterrâneo, facilita a percolação, a diluição e a lavagem dos sais minerais e a oxigenação do solo.

Ao contrário, a evaporação e o consumo da água, em decorrência do metabolismo das plantas, elevam por capilarização as águas salinizadas dos freáticos superficiais e facilitam a deposição de evaporitos nas proximidades dos aparelhos radiculares.

No quadro abaixo, são classificadas algumas culturas, em função do **nível de tolerância à salinização**:

NÍVEL DE TOLERÂNCIA À SALINIZAÇÃO		
BAIXO	MÉDIO	ALTO
Abacate	Abóbora	Algoroba
Ervilha	Alface	Algodão
Feijão	Arroz	Aspargo
Laranja	Batata	Atriplex
Rabanete	Brócolis	Beterraba
Sorgo	Cebola	Capim de Rhodes
Tomate	Cenoura	Couve
Trigo	Girassol	Espinafre
Vagem	Mamona	Leucena
	Milho	
	Repolho	

A implantação da agricultura irrigada intensiva exige que sejam difundos conhecimentos sobre:

- o metabolismo da água na natureza nos solos e nos organismos dos seres vivos;
- a dinâmica interativa que existe entre o solo, a água e as plantas;
- o bom uso das diferentes técnicas de irrigação.

Ao estudar o metabolismo das águas na natureza, há que ressaltar que a água de boa qualidade, em estado líquido é um recurso finito de grande importância estratégica, em todos os países do mundo, inclusive no Brasil e, em especial, nas áreas semi-áridas do Nordeste.

A água é absolutamente indispensável ao metabolismo de todos os seres vivos e, na condição de “**solvente universal**”, caracteriza-se como um insumo altamente precioso, que deve ser protegido contra salinizações, contaminações e poluições que acabam por deteriorar suas qualidades físicas, químicas e biológicas.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

A partir do aprofundamento dos conhecimentos relacionados com as ações interativas existentes entre a água, o solo e as plantas, é possível avaliar tecnicamente os diferentes sistemas de irrigação, de drenagem e de manejo agrícola, considerando:

- as características dos solos disponíveis e o modelado do terreno;
- as diferentes paisagens agroecológicas existentes na área considerada;
- as disponibilidades de água de boa qualidade;
- os riscos de contaminação e de poluição das águas residuais;
- a capacidade de drenagem natural e artificial da área irrigada;
- as culturas que podem ser implantadas.

O nível de salinização das águas é medido em função da condutividade elétrica (**CE**), que aumenta em função da elevação dos íons concentrados nas mesmas. Também pode ser medido em termos de pressão osmótica, comparando a água examinada com amostras de água pura. Para tanto, basta depositar as amostras das águas a serem comparadas em depósitos separados por **hemimembranas permeáveis à água**, mas não aos sais diluídos na mesma. Como nos dois lados da membrana, os íons da água e dos sais diluídos na mesma estão submetidos a um permanente movimento quântico, ocorre uma troca constante de íons de oxigênio e hidrogênio entre os dois lados da semi-membrana. Como os íons salinos que impactam a membrana não conseguem ultrapassar seus poros, se estabelece um gradiente diferencial de impactos ultrapassantes entre os dois compartimentos que acabam a elevar o nível da água no compartimento salinizado. A medida do nível de elevação permite quantificar a pressão osmótica positiva das águas salinizadas.

Em áreas de ar pouco poluído, como as do semi-árido Nordestino, a água da chuva atinge a superfície da Terra praticamente isenta de sais. No entanto, ao circular no subsolo, dilui e incorpora pequenas quantidades de sais que permanecem nas águas que serão utilizadas na irrigação.

6 .Medidas Preventivas

Com a irrigação, ocorre a agregação de sais minerais ao solo, especialmente nas áreas semi-áridas. Caso não seja realizada de uma forma adequada e responsável, acabará por salinizá-lo.

Os riscos de salinização de uma área irrigada dependem:

- **da qualidade da água escoada** e que é armazenada na bacia de captação;

- **da qualidade da água utilizada** na irrigação, que depende das características do reservatório e do seu manejo;
- **da capacidade natural** de drenagem do solo irrigado;
- **do sistema de drenagem** implantado;
- **do manejo da irrigação**.

1) Qualidade da Água Escoada

Em regiões onde a atmosfera ainda não está contaminada, como a do semi-árido Nordeste, a **condutividade elétrica (CE)**, que estabelece a quantidade de íons diluídos na água da chuva, é praticamente nula.

Nestas condições, a qualidade da água escoada na **bacia hidrográfica de drenagem (BHD)** ou bacia de captação varia:

- **temporariamente**, já que as águas escoadas superficialmente, na fase de enxurrada, têm poucos sais diluídos, enquanto que as águas drenadas por escoamento subterrâneo, na fase seguinte, alteram sua **CE**, em função do tipo do solo percolado e do tempo em que permanecem em contato com o mesmo;
- **especialmente**, já que o nível de salinidade depende das características dos solos que constituem a bacia hidrográfica de drenagem.

Os latossolos muito permeáveis vêm sendo lavados há muito tempo e, por este motivo, liberam menos sais.

Os planossolos, cujas camadas arenosas superiores são muito permeáveis, liberam uma maior quantidade de sal, a partir de suas camadas mais profundas, de natureza argilosa.

Os solos muito rasos, que ocorrem nas áreas de afloramento do cristalino, dificultam a infiltração e os escoamentos subterrâneos desprezíveis, diminuem a salinização das águas escoadas predominantemente pela superfície, em regime de enxurrada.

2) Qualidade da Água Utilizada na Irrigação

A qualidade da água utilizada na irrigação depende do balanço hidrossalino dos represamentos e açudes.

A quantidade de sais diluídos nas águas de subsuperfície tende a aumentar nas áreas de **cristalino aflorante** e a diminuir nas áreas sedimentares.

A salinização das águas superficializadas aumenta nas áreas de precipitações reduzidas e de forte calor e insolação, especialmente em solos pouco profundos e compactados, que dificultam os processos de infiltração e de percolação para as águas dos freáticos profundos.

A insolação intensificada, o calor absorvido pelas camadas superficiais do solo, os baixos índices de umidade atmosférica e os ventos ressecantes **aumentam os processos** de evaporação da água do solo e dos espelhos de água e de evapotranspiração das plantas e dos animais, aumentando o

catabolismo da água. Com a intensificação dos processos de evapotranspiração, os sais diluídos nas águas e no solo tendem a se concentrar, ocorrendo uma tendência para a deposição dos evaporitos.

Nas demais regiões do Brasil, as chuvas abundantes favorecem a drenagem natural dos solos agricultáveis e lavam os sais acumulados pela irrigação. No Nordeste Semi-Árido, as condições climáticas favorecem a precipitação dos sais em solução e as chuvas concentradas e reduzidas são insuficientes para lavar o solo e remover os sais.

3) Monitorização

A monitorização das águas, do clima, do solo e das culturas permite alertar para os riscos de salinização, com o objetivo de que sejam desencadeadas ações preventivas que revertam o processo.

Os principais indicadores físicos a serem monitorizados são os seguintes:

- **Nível de pluviosidade local** e definição da **evapotranspiração potencial**, que permite calcular o índice de umidade de **Thornthwarte**.
- **Nível de profundidade** do lençol freático, importância qualitativa e quantitativa do mesmo e qualidade da água disponível na subsuperfície.
- **Quantidade de qualidade** da água de superfície armazenada e disponível nos rios, açudes e outras coleções de água. A condutividade elétrica - CE - indica a concentração dos sais diluídos.
- **Profundidade efetiva** dos horizontes agricultáveis do solo, justapostos às camadas impermeáveis, que inibem a infiltração e o crescimento das raízes das plantas.
- **Grau de salinização e de alcalinização** das camadas superficiais do solo, que pode ser medido pela condutividade elétrica e pela determinação do PH.
- **A presença de crostas salinizadas** na superfície do solo, que indica que a salinização atingiu seu estágio final.
- O **Índice de Albedo ou de refletância**, que define a radiação solar recebida em relação à refletida pelo solo de uma determinada área e varia em função do nível de permeabilidade da cobertura vegetal em relação às radiações solares refletidas.

4) Trocas Hídricas

A água existente num açude pode sair do mesmo:

- **por evaporação**, sem levar os sais diluídos, contribuindo para incrementar o nível de salinização das águas residuais;
- **em estado líquido**, por consumo ou infiltração, carreando consigo os sais diluídos.

A evaporação concentra os sais diluídos nas águas residuais e, nestas condições, a concentração final (**C_x**) é maior que a concentração inicial (**C_o**):

$$C_x > C_o$$

As saídas da água em estado líquido contribuem para atenuar o processo de concentração de sais.

Os fluxos interativos que ocorrem entre o açude e os freáticos marginais e profundos modificam a concentração dos sais na coleção de água, em função da maior ou menor concentração dos mesmos nos lençóis freáticos adjacentes.

Durante o **período de estio**, o **incremento** do nível de salinidade da água dos açudes varia em função:

- **direta** com a intensidade da evaporação , que é tanto mais intensa, quanto maior for a superfície do espelho d'água.
- **inversa** com a capacidade de diluição, que é tanto maior, quanto maior for a profundidade do açude;
- **direta** com o índice de convexidade das encostas do açude, que contribuem para reduzir o volume de diluição;
- **inversa** com as perdas de água em estado líquido, por infiltração ou para o abastecimento e irrigação.

As variáveis relacionadas com a precipitação pluviométrica anual, com o escoamento das águas represadas e com a freqüência das sangrias repercutem na quantidade e na qualidade da água represada, em interação com as variações relacionadas com o manejo hídrico dos açudes.

5) Drenagem e Percolação

A retirada do excesso de sal da área irrigada ocorre por:

- **percolação**, que permite a infiltração da água de irrigação até as camadas mais profundas do solo, carreando parte dos sais acumulados na área irrigada;
- **drenagem** da área irrigada, com o objetivo de rebaixar o nível dos freáticos profundos.

Quanto maior for a capacidade de percolação, menor será a concentração dos sais residuais, desde que o suprimento de água seja superior às necessidades vegetativas das plantas.

A drenagem das áreas irrigadas tem por principais objetivos:

- **rebaixar o lençol freático**, facilitando a percolação e também o nível de oxigenação do solo;
- **reduzir** a altura das colunas de águas salinizadas na dependência de mecanismos de capilaridade;
- **reduzir** a concentração dos sais, nas áreas próximas das raízes, em consequência da lavagem e percolação profunda.

Para possibilitar uma drenagem adequada, a área irrigada deve apresentar dois conjuntos de características muito importantes:

- **boa textura do solo;**
- **modelado favorável do terreno.**

A boa textura do solo permite que a água se infiltre em profundidade, através de seus poros, otimizando as condições de percolação e de drenagem interna.

Solos predominantemente arenosos, fofos e porosos apresentam melhores condições de drenagem interna que os solos argilosos, compactados e pouco permeáveis.

O modelado do terreno pode favorecer a drenagem externa e a rápida evacuação da água infiltrada. A drenagem externa depende do grau de declividade da área e da presença de linhas de drenagem naturais ou artificiais.

Como já foi explicitado, o suprimento de água deve ser maior do que as necessidades vegetais das plantas e de retenção dos colóides orgânicos das áreas superficiais dos solos húmidos, para permitir uma melhor percolação e uma menor concentração de sais residuais nas áreas de influência das raízes.

No entanto, a **superirrigação** é danosa por:

- provocar o encharcamento do solo, que reduz o nível de oxigenação das camadas superficiais e inviabiliza numerosas culturas;
- **reduzir** a fertilidade do solo, ao carrear também os sais fertilizantes;
- **desperdiçar** água e energia, reduzindo a economicidade das culturas.

6) Implantação dos Sistemas de Drenagem

A drenagem artificial das áreas de baixios pode ser realizada:

- **aumentando** a profundidade do leito do riacho principal, incrementando a capacidade de drenagem das áreas marginais;
- **aprofundando** o leito dos riachos secundários que cortam as áreas irrigadas em sentido transversal;
- escavando drenos em ligação com os riachos existentes na microbacia de drenagem.

Nos perímetros irrigados, de grandes extensões, é absolutamente indispensável que se planeje e se implante uma rede de drenagem que seja compatível com as condições do solo e com o modelado do terreno.

Nunca é demais repetir que irrigação sem drenagem compatível, em áreas semi-áridas, fatalmente provocará a salinização do solo e não pode ser denominada “**irrigação**”, mas “**molhação**”.

7) Manejo da Irrigação e Balanço Hidrossalino Relacionado com o Consumo.

Quanto mais precoce for a utilização da água reservada para a irrigação e para o abastecimento, com relação ao início da estação seca, menor será a concentração de sais nas águas residuais dos açudes, ao término do período de estiagem.

A água utilizada na irrigação, na medida em que demora a estação seca, tem uma concentração de sais que cresce com o tempo em que permanece sujeita a evaporação e que é sempre maior do que a água escoada durante o período chuvoso.

Como irrigar significa agregar sais ao solo irrigado, é importante que se incorpore a informação de que, quanto maior for o prazo de evaporação, maior será a concentração de sais agregados do solo agricultado.

Considerando-se as variáveis examinadas e as necessidades de otimizar o consumo da água armazenada em açudes de menor parte, podem ser definidos os seguintes planos de manejo cultural:

- **irrigação de salvação** ou de complementação;
- **irrigação de salvação**, seguida de irrigação de curto período;
- **aproveitamento** da irrigação para cultivos perenes;
- **associação** dos três tipos de manejo cultural.

Irrigação de Salvação

A irrigação de salvação ou de complementação utiliza a água armazenada em barreiros e pequena açudes, com a finalidade de complementar as necessidades hídricas dos cultivos de sequeiro, ampliando o suprimento de água do período chuvoso. O aproveitamento imediato da água armazenada, no início da estação seca, permite que se armazenem alimentos ao invés da água que, por ser escassa, fatalmente seria salinizada, se não fosse aproveitada imediatamente.

Irrigação de Salvação, seguida de Irrigação de Curto Período

Quando o volume da água permitir um melhor aproveitamento das reservas hídricas, pode-se implantar cultivos de ciclo curto, que dependem de irrigação por um prazo que varia entre 90 e 120 dias. Permitindo até duas colheitas no início da estação de estio, este padrão de manejo é possível nos açudes de maior parte.

Irrigação para Cultivos e Perenes

Normalmente, se aproveita a percolação, que ocorre freqüentemente nos “pés” das barragens, para plantar pequenos bosques de árvores frutíferas.

No entanto, os pomares plantados a jusante das barragens devem ser suficientemente distanciados (15 a 20m), para evitar que as raízes das árvores acabem desestabilizando o aterro da barragem.

Associação dos Três Tipos de Manejo

Quando for possível, o sitiante pode associar o cultivo perene, no pé da barragem, com a irrigação de salvação e de ciclo curto, nada impedindo que se utilize a umidade residual que permanece a montante da barragem, na medida em que as águas regridem, para plantar pastagens de ciclo curto, para garantir a alimentação do gado nos períodos de estio.

É importante recordar que quando se aproveita o próprio leito da barragem, não se pode utilizar nem fertilizantes nem agrotóxicos, sob pena de se contaminar definitivamente o açude. Este padrão de cultivo é denominado de cultivo de vazante.

Para permitir um consumo otimizado da água armazenada em pequenos açudes, o sitiante deve dispor de outras fontes de água para garantir o consumo humano e animal.

A melhor reserva de água, para consumo humano, é constituída pelas “cisternas”, **que garantem** o melhor aproveitamento das águas pluviais.

As bacias de acumulação de água, construídas às margens das estradas vicinais, desde que estreitadas, alongadas e cobertas com troncos de palmeira, palhas e terra, para proteger a água da insolação, permite a instalação de magníficos bebedouros para os animais.

Correção de Solos Salinizados

Para corrigir a salinização, é importante melhorar a capacidade de drenagem externa do solo e promover a lavagem contínua do solo com muita água.

No entanto, é bom recordar que a lavagem do solo, além de eliminar os sais, arrasta os nutrientes das culturas, obrigando a repor todos estes elementos mediante técnicas de superadubação. Evidentemente, a adubação orgânica é mais favorável, por melhorar a estrutura do solo.

O gesso agrícola vem sendo utilizado há muito tempo, em áreas semi-áridas, para corrigir solos salinizados, como fonte barata de cálcio e de enxofre e para otimizar a ação do calcário, como corretor da acidez do solo e dos demais fertilizantes.

Nas regiões áridas e semi-áridas, o gesso incorporado aos solos salinizados, seguido de irrigação semi-intensiva, permite a substituição do sódio, retido pela camada de argila, pelo cálcio do gesso e a percolação do sódio para os horizontes mais profundos do solo.

O gesso aumenta a capacidade de **lixiviação do solo**, facilitando a percolação dos íons salinos e colocando-os fora do alcance das raízes das plantas. A intensidade da lixiviação depende das características do solo, da quantidade de água agregada pela irrigação e da quantidade de gesso aplicada.

A mistura do gesso e do calcário é compatível, tanto física como quimicamente e quando agregados ao solo, diminuem a salinização do mesmo, contribuem para reduzir a oferta de alumínio e de ferro livres, que atuam como tóxicos e contribuem para robustecer e aprofundar o aparelho radicular das plantas.

Misturado com esterco, no início do processo de fermentação do mesmo, o gesso reduz as perdas de nitrogênio, que seria volatilizado sob a forma de amônia.

Embora já se tenha aplicado uma tonelada de gesso por hectare, é ideal que se associe 700 kg de calcário com 300 kg de gesso, por hectare e se aumente o tempo de tratamento com o produto.

Plantio de Atriplex (Atriplex Sp)

Também chamado de **erva-sal**, a atriplex é um arbusto que cresce espontaneamente nos solos salinizados da África do Norte, do Oriente Médio e da Austrália.

A missão israelense, que colaborou com o Departamento Nacional de Obras Contra a Seca - **DENOCs** - introduziu a cultura de atriplex, em áreas salinizadas do perímetro irrigado de Custódia (PE), com muito bons resultados práticos. A atriplex viceja em terrenos salinizados, localizados em áreas semi-áridas e, além de absorver o sal do solo, serve como forrageira, especialmente para carneiros, chegando a extrair 1,28 toneladas de sal por hectare produzindo mais de 10 toneladas de massa verde durante o ano.

Além de servir de forragem para carneiros, a atriplex pode ser usada na complementação da ração de bovinos, caprinos e suínos, reduzindo as necessidades de salinização do gado e contribuindo para melhorar a qualidade do couro e da pelagem.

TÍTULO II

DESERTIFICAÇÃO

CODAR – MI.GDE/CODAR – 32.202

1. Caracterização

a) Estudo das Definições mais Importantes

Deserto

Local ermo, desabitado, descampado e despovoado.

Região natural caracterizada por apresentar climas extremos, como os climas áridos, polares e subpolares e que se caracteriza por apresentar vegetação muito pobre e descontínua, com períodos anuais ou plurianuais de eclosão, relacionados com as precipitações hídricas, e pela fraca densidade populacional que apresenta.

Região de chuvas extremamente reduzidas, ou extremamente fria, onde a água em estado líquido, necessária ao metabolismo vital dos vegetais e animais, é muito escassa durante a maior parte do ano e cuja vegetação se caracteriza pela xerofilia e pela presença de espécies vegetais que, só eclodem e vegetam, na presença de água em estado líquido.

Planta xerófila ou xerófita

Vegetal que sobrevive em lugares desérticos e que, ao longo de sua evolução, desenvolvem adaptações anatômicas e fisiológicas para coexistir com os períodos em que falta água.

Desertificação

Seqüência de mudanças regressivas do solo, do regime hídrico e da vegetação de uma área determinada, que conduz a uma crescente deteriorização dos biótopos, com reflexos altamente negativos sobre a biocenose, como consequência de pressões antrópicas, que atuam em processo de interação recíproca

A desertificação é um processo sistêmico de involução, que depende:

- da interação de fatores climáticos, geomorfológicos, geológicos e pedológicos;
- da não-preservação da cobertura vegetal primitiva;
- de ações interativas entre a fauna autóctone e os animais introduzidos no ecossistema pelo homem, com riscos de sobrepastoreio;
- de pressões antrópicas relacionadas com o manejo agrícola e com o nível de utilização de técnicas protecionistas dos ecossistemas.

A Convenção das Nações Unidas para Combate a Desertificação nos Países que Sofrem Secas Graves e/ou Desertificação, particularmente na África, propôs a seguinte definição:

Degradação da terra em áreas áridas, semi-áridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo variações climáticas e atividades humanas.

De acordo com esta definição, os processos de regressão ambiental relacionados com o solo e as pressões antrópicas, que ocorrem em outros climas, não são considerados como processos de desertificação, por não se relacionarem com os fatores climáticos, que preponderam na África Subsárica e Meridional.

Nestas condições, os fenômenos de involução do biótopo e da biocenose que estão ocorrendo em Alegrete (RS), no Oeste do Paraná e de São Paulo, em Rondônia, em Roraima e no Jalapão (TO) não seriam considerados processos de desertificação.

Biocenose

Agrupamento de seres, ligados por uma cadeia de dependência recíproca, que se perpetuam por reprodução em um local determinado.

Comunidade de seres vivos, animais e vegetais, que se perpetuam em um determinado biótopo, e cujos membros ligados em uma cadeia de dependência recíproca promovem um estado de equilíbrio biológico dinâmico.

Biótopo

Local onde vive uma determinada espécie. Espaço limitado, onde se desenvolve uma biocenose. Compreende fatores relacionados com o solo (pedológicos), a fisiografia (relevo), o clima e a hidrologia da região e que definem os seres vivos em condições de se desenvolverem nesta região.

Biosfera

Meio ambiente global, compreendendo todos os ecossistemas do Planeta, incluindo a atmosfera, a parte inferior da ionosfera, a hidrosfera e o solo e, por extensão, a totalidade dos seres vivos que habitam o globo, inclusive os seres humanos.

É muito importante que se caracterize o conceito de interdependência recíproca, relacionado com o estado de equilíbrio biológico dinâmico.

Com apenas 7 milhões de anos de evolução, o ser humano é evidentemente passageiro nesta Nave Global, que levou mais de 5 bilhões de anos para criar condições ambientais que permitissem a sobrevivência desta espécie, altamente sensível às mudanças ambientais.

Índice de Umidade de Thornthwaite (IUT)

O índice de umidade e o grau de aridez de uma determinada área ou região dependem da água disponibilizada pelas precipitações hídricas (P), a qual depende da infiltração e do escoamento superficial, e a perda máxima possível de água, em consequência da evaporação e da transpiração, ou seja, da evapotranspiração potencial - ETP - de acordo com a fórmula:

$$\text{IUT} = P/ETP$$

A fórmula se simplifica quando se abstraem os dados relacionados com o escoamento superficial, capacidade de infiltração e profundidade do lençol freático e se considerem apenas a água disponibilizada pelas chuvas e a evapotranspiração potencial. Neste caso, as classes de variação do Índice de Thornthwaite permitem a seguinte classificação de variedades climatológicas, no que diz respeito a unidade:

Hiper-árido	<0.05
Árido	0.05 a 0.20
Semi-árido	0.21 a 0.50
Subúmido seco	0.51 a 0.65
Subúmido e úmido	>0.65

A Convenção das Nações Unidas de Nairobi limitou a área de aplicação dos objetivos da Convenção aos locais do Globo Terrestre onde o índice de aridez varia entre 0.21 e 0.65, que correspondem a área onde ocorre a seca.

Esta limitação foi induzida pelo fato da Convenção ter se reunido para estudar simultaneamente dois desastres diferentes - seca e desertificação - e por ter ocorrido na África.

Flora

Conjunto de todas as espécies de vegetais (plantas) existentes em uma determinada região geográfica, ou num período geológico que está sendo estudado.

Fauna

Conjunto de todas as espécies de animais (vertebrados e invertebrados) existentes em uma determinada região geográfica, ou num período geológico que está sendo estudado.

Microflora e Microfauna

Parte da flora e da fauna, que é constituída por vegetais e animais microscópicos e que funcionam como seres vivos responsáveis pelo processo de decomposição da matéria orgânica, resultante da morte e degradação dos vegetais e animais de maior porte e, conseqüentemente, pela humificação do solo.

Humo

Produto da decomposição parcial dos restos de vegetais e de animais, que se acumulam nos solos protegidos por árvores. Em função de suas propriedades coloidais, tem grande importância no enriquecimento do solo, onde funciona como fonte de sais minerais e de matéria orgânica para a nutrição vegetal. O humo funciona como um grande organismo vivo e é o principal responsável pelo processo de estruturação do solo e pela disponibilização da água nas camadas superficiais.

Evidentemente, o humo é destruído pelas queimadas, os complexos coloidais são desnaturados e os solos são desestruturados.

Cadeia Alimentar

Todos os seres vivos, animais e microorganismos que constituem uma determinada biocenose vivem e se desenvolvem em interação recíproca, formando os elos de uma “corrente”, que se denomina “cadeia alimentar”.

Esta cadeia é formada pelos seguintes elos, que são constituídos pelos seres vivos presentes na biocenose:

- **Produtores primários de alimentos**, constituídos por vegetais clorofilados e fotossintetizantes, capazes de absorver a água e os sais minerais do solo e de produzir matéria orgânica, aproveitando o gás carbônico existente na atmosfera e utilizando as radiações solares como fonte de energia.
- **Consumidores primários de alimentos**, constituídos por animais fitófagos, que se nutrem de vegetais.
- **Consumidores secundários de alimentos**, constituídos por animais carnívoros, que se nutrem de animais fitófagos.
- **Microorganismos decompositores**, constituídos pela microfauna e pela microflora e que se nutrem dos restos de todos os animais e vegetais, produzem os colóides orgânicos, principais responsáveis pela retenção da água nas camadas superficiais do solo, e recuperam os sais minerais, fechando a cadeia alimentar e reiniciando o ciclo.

Agricultura Itinerante ou de Coivara

Sistema arcaico e inadequado de manejo e cultivo do solo agriculturável, que continua arraigado nas comunidades rurais culturalmente menos desenvolvidas, apesar de ser o principal responsável pelo processo de desestruturação do solo.

Nesta condição, o solo é explorado de forma inadequada e irresponsável, até que mostre sinais de esgotamento, quando é abandonado e entra num período de “pousio”, enquanto o lavrador se desloca para novas áreas.

Em seguida, o lavrador escolhe uma nova área inexplorada, derruba toda a mata, amontoa os restos vegetais e promove a queimada dos mesmos, utilizando as cinzas, ricas em potássio, como adubo para as próximas culturas.

Enquanto isto, na área de “pousio”, onde a cultura foi interrompida, a natureza dá início ao processo de restauração, que pode ocorrer em 5(cinco) a 7(sete) anos.

Desenvolvimento Sustentável e Responsável

É o processo de desenvolvimento que atende às necessidades do presente, sem comprometer as possibilidades de que as futuras gerações atendam às suas próprias necessidades.

Este processo depende da gestão responsável dos recursos naturais, com o objetivo de propiciar os maiores benefícios às gerações atuais, mantendo suas potencialidades para atender às necessidades e às aspirações das futuras gerações, pelo maior espaço de tempo possível.

Paleoclimatologia

Área da climatologia que estuda a evolução do clima na Terra e nas diferentes regiões pesquisadas, buscando informações que ajudem a compreender o quadro atual e antecipar futuras evoluções climáticas de longo prazo.

Os estudos paleoclimatológicos serviram de fundamento para a teoria relacionada com a deriva das placas continentais e permitiram evidenciar que, há menos de 10.000 anos atrás, o atual deserto do Saara era uma área habitada.

Etologia

Área da botânica e da zoologia que estuda as adaptações das plantas e dos animais às mudanças ambientais. Quando estudada, examinando períodos de tempo muito prolongados, a etologia relaciona-se com a geomorfologia e com a paleoclimatologia, e procura elucidar as adaptações funcionais e anatômicas dos seres vivos, para se adaptarem às mudanças do cenário.

Os estudos etológicos permitem estudar as relações interativas entre o cerrado e a caatinga e como este complexo vegetal vem evoluindo nos últimos 8.000 anos, buscando uma melhor adaptação às mudanças climáticas da área que atualmente é semi-árida.

b) Importância da Mudança Cultural

Na condição de desastre misto que evolui de forma insidiosa, a desertificação não é claramente percebida pela sociedade como um imenso desastre de repercussões globais.

O homem comum é eminentemente imediatista e sua capacidade para perceber a importância dos desastres insidiosos de evolução gradual tende a se atenuar pela constante estimulação sensorial do seu dia-a-dia.

Os desastres graduais não permitem grandes manchetes e, conseqüentemente, não “vendem jornais” e, por estes motivos, são muito pouco explorados pela mídia.

Sem nenhuma dúvida, o clima global vem se modificando, ao longo dos períodos geológicos, da mesma forma que a geomorfologia.

Áreas que, nos dias atuais, são extremamente férteis, já foram desertos arenosos, em períodos geológicos remotos. Da mesma forma, inúmeros desertos, em épocas relativamente recentes, foram áreas habitadas. É inegável que fatores antrópicos contribuem para a ruptura do equilíbrio dinâmico dos ecossistemas e para acelerar o processo de desertificação.

Da percepção das importantes relações interativas entre os fenômenos naturais e os fatores humanos que atuam como mecanismos precipitantes do desastre, ressalta a necessidade e a importância da mudança cultural.

2. Estudo das Causas

Na condição de desastre misto, a desertificação depende de fatores geológicos e climáticos relacionados com a vulnerabilidade dos cenários, de fatores biológicos relacionados com a biodiversidade e com a cobertura vegetal mas, sem nenhuma dúvida, o desastre é precipitado por fatores antrópicos relacionados com:

- o uso de técnicas arcaicas de exploração agrícola, responsáveis pelo manejo inadequado do solo agricultável;
- a sobreexploração dos recursos naturais, sem uma maior preocupação com a recomposição e com a recuperação dos mesmos;
- o sobrepastoreio, provocado pela ocupação das áreas de pastagem por uma população de animais superior às suas capacidades de sustentação;
- o desmatamento desordenado, que contribui para a intensificação dos processos erosivos, para a perda dos solos agricultáveis e para o assoreamento dos rios;
- as queimadas que, além de destruir a cobertura vegetal e criar condições extremamente desfavoráveis para a sobrevivência da fauna autóctone, destroem a microfauna e a microflora, desnaturam os colóides orgânicos e inviabilizam os processos de humificação do solo, contribuindo para a sua desestruturação.

É muito importante ressaltar que, na condição de desastre misto de amplitude global, a desertificação relaciona-se com:

- fatores **fisiográficos**, geológicos e pedológicos, responsáveis pela fragilização dos biótipos;
- as condições climáticas locais, que podem contribuir para agravar o metabolismo hídrico, a partir da dominância das atividades catabólicas, relacionadas com a evapotranspiração sobre as atividades anabólicas, relacionadas com a captação da água disponibilizada pelas precipitações;
- as condições biológicas relacionadas com o desenvolvimento da cobertura vegetal e com a preservação da fauna autóctone e dos microorganismos existentes no solo, responsáveis pela humificação;
- as pressões antrópicas, muitas vezes responsáveis pela ruptura do equilíbrio dinâmico dos ecossistemas e que tendem a ser incrementadas pela explosão demográfica.

A explosão demográfica contribui poderosamente para o agravamento, em nível global, do processo de desertificação, na medida em que:

- intensifica a demanda de alimentos;
- pressiona localmente as áreas em risco de desertificação.

3. Ocorrência

Dos 148.148.000km² de terras emersas do Globo Terrestre, mais de 46.000.000km² correspondem a áreas desérticas. Anualmente, são acrescentados 60.000km² de áreas desérticas às já existentes. Caso o processo não seja minimizado, a humanidade perderá 1.500.000km² de terras agricultáveis, a cada geração, como consequência do processo de desertificação.

A redução, em caráter permanente, dos índices de precipitação pluviométrica, está relacionada com os seguintes condicionantes:

- **existência de células de alta pressão atmosférica, em caráter permanente;**
- **proximidade de correntes marinhas de águas muito frias;**
- **situação a sotavento de linhas de cordilheiras de grande porte.**

As principais regiões áridas relacionadas com células de alta pressão atmosférica, que ocorrem em áreas adjacentes ao Trópico de Câncer, são:

- o deserto do Saara, na África do Norte, com uma extensão de 8.960.000km²;
- o deserto da Líbia, também na África do Norte, com 1.300.000 km²;
- o deserto Árábico, na Ásia Menor, com 770.000 km²;
- o deserto de Thar, na Índia, com 200.000 km²;
- a península da Califórnia, no México, com 40.000 km².

As principais regiões áridas relacionadas com células de alta pressão atmosférica, que ocorrem em áreas adjacentes ao Trópico de Capricórnio, são:

- os grandes desertos australianos, com aproximadamente 3.000.000 km²;
- o deserto de Kalahari, na África Austral, com 370.000 km²;
- o deserto de Atacama, na costa oeste da América do Sul, que é considerado como a região mais árida do Mundo.

As correntes marinhas de águas muito frias, que circulam nos grandes oceanos, a partir das regiões Árticas e Antárticas, reduzem a evaporação marinha e ressecam o ar das áreas continentais adjacentes, reduzindo drasticamente o nível de umidade relativa das correntes aéreas e as precipitações pluviométricas:

A corrente das Malvinas é responsável pelo clima semi-árido da Patagônia (Argentina).

A corrente de Humboldt é responsável pela semi-aridez da costa da América do Sul voltada para o Oceano Pacífico. Da mesma forma, as correntes frias são responsáveis pela semi-aridez da costa da Califórnia, na América do Norte, e da costa do Esqueleto, na Namíbia (África Meridional).

A posição a sotavento das grandes cadeias de montanhas, que atuam como obstáculo à penetração das brisas marinhas carregadas de umidade, explica os climas áridos dos desertos transcarpáticos como o de Takla-Mahan e transhimalaicos, como o deserto de Gobi.

De um modo geral, a grande maioria das áreas em processo de desertificação, que ocorrem no Globo Terrestre, estão localizadas:

- em áreas próximas aos desertos atuais ou em regiões semi-áridas;
- em áreas que foram desertos em períodos geológicos anteriores e que tem seus solos fragilizados por esta condição.

No Brasil ocorrem núcleos de desertificação e áreas de desertificação difusa.

De acordo com João de Vasconcelos Sobrinho, eminente geógrafo e cientista pernambucano:

- Núcleo de desertificação é uma pequena área concentrada, onde se observa um processo de degradação acelerada ou progressiva da cobertura vegetal e dos horizontes superficiais do solo, o qual é precipitado por ações antrópicas. A partir do núcleo de desertificação, o processo tende a se expandir até alcançar grandes áreas de desertificação.

As áreas de desertificação difusa caracterizam-se por serem mais amplas e menos concentradas e pelo fato do processo involutivo de degradação ocorrer de uma forma gradual e insidiosa.

Os principais núcleos de desertificação, que ocorrem na área semi-árida do Nordeste, são os seguintes:

- Núcleo de Gilbués (PI).
- Numerosos núcleos na área do Seridó, entre os Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte.
- Núcleo de Irauçuba (CE).
- Núcleos difusos em Cabrobró (PE), relacionados com processos de salinização.

Dentre as áreas de desertificação difusa, há que destacar as da Chapada do Araripe (PE), onde a vegetação da Caatinga está sendo destruída de forma acelerada, em consequência da mineração da Gipsita.

Os principais núcleos de desertificação e áreas de desertificação difusa, que ocorrem fora do semi-árido nordestino, relacionam-se com a fragilidade do solo que, em períodos geológicos anteriores, caracterizavam-se como imensos desertos.

Os núcleos de desertificação que ocorrem em Alegrete, oeste do Paraná e em São Paulo ocorrem em áreas de afloramentos de arenitos, relacionados com um imenso deserto que se formou a partir da sedimentação do imenso “mar siluriano”, que ocorreu na atual bacia do rio Paraná. Este deserto, que tinha aproximadamente 2.000.000km², foi atenuado pelos imensos derrames basálticos, que ocorreram na área, durante o período “cambriano”. Nas áreas onde não ocorreram derrames basálticos, que são bastante reduzidas, permaneceu o arenito aflorante, que é o principal responsável pela fragilização do solo nestas áreas.

Afloramentos de arenitos, em áreas que há aproximadamente 10.000 anos atrás eram desertos, são responsáveis pela formação de campos estépico, que ocorrem no Estado de Roraima, na Serra dos

Pacaás Novos, em Rondônia e na Chapada dos Parecis, no nortão do Estado de Mato Grosso e em Jalapão (TO).

Estas áreas estépicas são consideradas como os mais pobres complexos florésticos do Brasil, em função da muito baixa fertilidade natural destes solos pedregosos e arenosos, e correm graves riscos de desertificação, em decorrência das queimadas.

No entender de A. L. C. Castro, a criação do neologismo arenização é desnecessária para explicar a desertificação em áreas que não sejam semi-áridas

4. Principais Efeitos Adversos

Evidentemente, as áreas desertificadas perdem totalmente sua capacidade para dar sustentação às atividades agrícolas.

As perdas econômicas anuais, relacionadas com a redução das safras agrícolas, provocadas pela desertificação, correspondem a, aproximadamente, 26 bilhões de dólares.

A recuperação de áreas desertificadas recentemente é extremamente onerosa e, em nível mundial, exigiria um programa que se desenvolveria, ao longo de 20 anos, com gastos anuais de, aproximadamente, 50 bilhões de dólares. É forçoso reconhecer que, na atual conjuntura econômica global, este programa é politicamente inviável.

O problema é mais intenso nas áreas menos desenvolvidas onde, por razões culturais, a população se multiplica de forma mais rápida, a fertilidade do solo vem sendo gradualmente comprometida por técnicas agrícolas arcaicas e a água está se tornando um recurso natural cada vez mais carente. Todos estes fatores caracterizam a desertificação como um desastre extremamente importante para a humanidade.

Nas condições atuais, mais de 1(um) bilhão de habitantes da Terra vive em áreas com risco de Desertificação.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

A desertificação pode e deve ser monitorizada, por intermédio de indicadores físicos, biológicos, agrícolas e sociais.

1) Monitorização de Indicadores Físicos

A involução dos ecossistemas e o desenvolvimento do processo de desertificação podem ser monitorizados a partir da vigilância dos seguintes parâmetros físicos:

- Nível de pluviosidade local e definição da evapotranspiração potencial, que permite calcular o índice de umidade de Thonhware.
- Nível de profundidade do lençol freático, importância quantitativa e qualitativa do mesmo e qualidade da água disponível na subsuperfície.
- Quantidade e qualidade da água de superfície armazenada e disponível, em rios, açudes e outras coleções de água. A qualidade da água é controlada pelo volume de sedimentos, grau e turbidez e pela condutividade elétrica (CE), que indica a concentração de íons diluídos na mesma.

- Profundidade efetiva de solos agricultáveis, justapostos às camadas impermeáveis, que inibem o crescimento das raízes das plantas.
- Grau de salinização e de alcalinização do solo, que pode ser medido pela condutividade elétrica e pela determinação do PH.
- Presença de crostas salinizadas na superfície do solo.
- Intensidade da erosão hídrica, que pode ser medida pela magnitude dos processos de ravinamento e de formação de voçorocas e pelo nível de assoreamento dos rios, açudes e de outras coleções de água.
- Intensidade da erosão eólica, que pode ser medida em função da formação de dunas e da magnitude e frequência das tempestades de areia
- Índice de albedo ou de refletâncias, que define a relação entre a radiação solar recebida e refletida pelo solo de uma determinada área, e que varia em função do nível de permeabilidade da cobertura vegetal às radiações solares refletidas.

2) Monitorização dos Parâmetros Biológicos

A involução dos ecossistemas e o desenvolvimento do processo de desertificação podem ser monitorizados a partir da vigilância dos seguintes parâmetros biológicos:

- Medida do nível de importância relativa da cobertura vegetal perene e da vegetação que se renova anualmente, em termos quantitativos e qualitativos.
- Medida da variação das características da cobertura vegetal perene, entre as estações chuvosas e estivais.
- Medida da variação da biomassa existente acima da superfície do solo, nas diferentes estações do ano.
- Medida da variação da biomassa existente nos horizontes superficiais do solo, recordando que esta biomassa é composta por raízes, tubérculos, minhocas e outros helmintos, artrópodos, fungos, protozoários e bactérias saprófitas.
- Volume do humo e de outros compostos orgânicos disponíveis no solo.
- Densidade relativa da flora e da fauna autóctone e naturalizada.
- Distribuição e frequência de espécies vegetais, consideradas como chave, as quais são classificadas, de acordo com uma escala de resistência às condições ambientais em espécies pouco resistentes, como as gramíneas, espécies muito resistentes, como as caetáceas e bromeliáceas.
- Distribuição e frequência de espécies animais-tipo, que também são classificadas, de acordo com uma escala de resistência às condições ambientais adversas em espécies pouco sensíveis e muito sensíveis.

3) Monitorização de Indicadores Agrícolas

Os processos involutivos, relacionados com a desertificação, podem ser inferidos pelos seguintes indicadores agrícolas e económicos:

- Tamanho médio das propriedades agrícolas, capazes de prover subsistência e capacidade económica para uma família.
- Grau de destruição da cobertura vegetal perene, especialmente da localizada em áreas mais sensíveis, como as linhas de cumeadas, que funcionam como divisores de água, as encostas íngremes, a vegetação ciliar e os capões de mato, que funcionam como vegetação protetora das nascentes.

- Importância relativa da agricultura irrigada em comparação com a agricultura de sequeiro.
- Importância relativa da atividade pecuária, estudando a composição dos rebanhos domésticos, as atividades de melhoria de pastagem, de plantio de campineiras e de “bancos de proteínas”, definindo a capacidade de sustentação das áreas de pastagem, em termos de densidade de animais por hectare de pastagem.
- Índices de produtividade agrícola, medidos em função da produção anual de grãos por hectare, ou em função da tonelagem média de carne e de leite produzidos por hectare.
- Importância relativa das atividades relacionadas com a agroindústria e com a prestação de serviço, na área estudada.
- Importância relativa da indústria de mineração na área estudada e o estudo dos reflexos das mesmas sobre a cobertura vegetal.

4) Monitorização dos Indicadores Sociais

Os processos involutivos, relacionados com a desertificação, podem ser inferidos a partir do estudo dos seguintes indicadores sociais:

- Densidade demográfica e estudo da evolução da população, ao longo dos anos, buscando caracterizar tendências para a rarefação ou para o incremento da mesma, na área considerada.
- Parâmetros relativos à qualidade de vida, como as taxas de fecundidade e mortalidade geral e infantil e analfabetismo.
- Parâmetro relacionado com o estado nutricional da população e estudos relativos à composição da alimentação básica da população.
- Estudos relativos à estrutura da população, caracterizando os diferentes estratos populacionais distribuídos em função da idade, do sexo e da capacidade econômica, observando-se que o contingente de homens adultos tende a diminuir nas áreas onde existem problemas de emprego.
- Valor da população economicamente ativa (**PEA**), condições de emprego e indícios de marginalização econômica, como aumento da prostituição e das pressões migratórias.
- Indicadores de Conflitos Sociais, relacionados com saques à armazéns de alimentos ou assaltos às viaturas transportadoras de alimentos.

5) Monitorização dos Indicadores Socioeconômicos e Culturais

Os processos involutivos, relacionados com a desertificação, podem ser inferidos a partir do estudo dos seguintes indicadores socioeconômicos e culturais:

- Nível de preocupação da comunidade local e dos agentes econômicos e políticos com a proteção ambiental.
- Nível de conscientização e de conhecimento dos processos agrícolas, relacionados com um manejo agropecuário adequado e com técnicas protecionistas capazes de reverter o processo de desertificação.
- Nível de competência e de operacionalidade dos serviços responsáveis pelas atividades de extensão rural.
- Importância política emprestada às atividades relacionadas com a redução do processo de desertificação. A criação de uma “massa crítica de opiniões” relacionada com o assunto é automaticamente captada pela classe política, na medida em que o controle da desertificação passar a valer votos.

6. Medidas Preventivas

O mapeamento das áreas em risco de desertificação permite o zoneamento da região em estudo e a definição de áreas de:

- proteção ambiental;
- preservação ambiental;
- uso restrito e controlado.

Em princípio, são consideradas como áreas de proteção ambiental:

- as linhas de cumeadas ou divisores de água dos diversos sistemas e subsistemas orográficos;
- as encostas íngremes e sujeitas à erosão;
- as matas ciliares ou floresta-de-galeria, que se desenvolvem ao longo das margens dos rios;
- os capões de mato ou matas protetoras das nascentes de água e das bacias de captação.

Nestas áreas de proteção, as manchas de vegetação nativa e as áreas de florestamento e de reflorestamento devem ser mantidas, manejadas e desenvolvidas, com o objetivo de reduzir a erosão hídrica e eólica e, em consequência, o assoreamento dos rios e de maximizar os processos infiltrativos e a alimentação dos freáticos.

São consideradas como áreas de preservação ambiental:

- os santuários ecológicos, que são estabelecidos com o objetivo de preservar espécies animais e vegetais em risco de extinção e de proteger a biodiversidade na área considerada;
- os núcleos de desertificação e, quando possível, as áreas de desertificação difusa.

Nas áreas de preservação ambiental, o esforço deve ser concentrado na preservação e na recuperação da cobertura vegetal primitiva e na proteção e recuperação da biodiversidade.

Nas áreas de uso restrito e controlado, as atividades de manejo integrado das microbacias e o **plantio direto na palhada** devem ser incentivados com absoluta prioridade.

A silvicultura e a agrissilvicultura devem ser incrementadas, da mesma forma que a fruticultura, com o objetivo de proteger o solo ameaçado.

A irrigação deve ser desenvolvida de forma racional e deve ser sistematicamente complementada por sistemas de drenagem, para reduzir os riscos de salinização do solo.

Há que reduzir, a qualquer custo, o consumo de lenha e de carvão vegetal, nas áreas em risco de desertificação, mesmo que o plantio de florestas energéticas seja intensificado.

Vasconcelos, justamente preocupado com o assunto, recomendou que, no semi-árido nordestino, o querosene e o gás de cozinha fossem subvencionados, com o objetivo de preservar a biomassa.

Incremento das Técnicas de Manejo Agrícola relacionadas com a Cobertura Morta

A cobertura morta e o plantio direto na palhada são técnicas de manejo agrícola altamente promissoras para a preservação e recuperação dos solos agricultáveis e das áreas em risco de desertificação.

Estes métodos consistem na cobertura permanente do solo, com uma camada de aproximadamente 12(doze) centímetros de espessura, a qual é formada por palhada, bagaço de cana finamente picado, capim seco, restos vegetais de culturas anteriores, serragem ou qualquer outro resíduo vegetal.

A cobertura do solo e o plantio direto na palhada têm por objetivos principais:

- proteger o solo da ação direta dos raios solares que, quando muito intensos, têm propriedades esterilizantes;
- reduzir o nível de evaporação e preservar a umidade do solo abaixo da camada de cobertura.

Dentre as técnicas utilizadas nos Projetos de Manejo Integrado de Microbacias, há que destacar as seguintes:

- Florestamento e reflorestamento de linhas de cumeadas, áreas de encostas íngremes, matas ciliares e florestas de galerias e de capões de mato, que atuam como florestas protetoras de fontes de água e de mananciais. Nestas áreas de proteção ambiental, a exploração econômica depende dos avanços da agrissilvicultura.
- **Cultivo em harmonia com as curvas de nível** e utilização da técnica de terraceamento, em áreas de encostas mais suaves. A abertura de sulcos, em sentido perpendicular ao escoamento das águas, contribui para reter as águas das chuvas, reduzir a erosão e favorecer os processos infiltrativos.
- Sempre que possível, deve-se roçar e não capinar as entrelinhas das culturas. Os restos do roçado devem permanecer sobre o solo, para reter a umidade, reduzir a erosão, diminuir o aquecimento das camadas superficiais do solo e aumentar a oferta de matéria orgânica a ser utilizada no processo de humificação.
- Plantio de quebra-ventos, em sentido perpendicular aos ventos dominantes, com o objetivo de reduzir a erosão eólica e a evapotranspiração.
- Incorporação ao solo dos restos de culturas e a utilização de coberturas mortas, em técnicas de plantio direto, com o objetivo de reduzir a insolação direta do solo, a perda de água por evaporação e os riscos de erosão, além de aumentar a oferta de matéria orgânica biodegradável e reduzir as necessidades de adubação.
- Adubação orgânica, mediante técnicas de compostagem, que facilitam a fermentação do lixo orgânico, esterco animal e palhada, com o objetivo de adubar e humificar o solo e aumentar a fertilidade e a salubridade do mesmo.
- Rotação de culturas, com o objetivo de facilitar o uso de coberturas mortas necessárias ao plantio direto e de evitar a especialização de pragas, ao reduzir a oferta regular de um determinado padrão de substrato alimentar. No semi-árido, só é possível garantir a cobertura permanente do solo com culturas anuais, em áreas irrigadas.

- Utilização de culturas intercalares. Ao se plantar leguminosas, como feijão, soja, fava e amendoim, entre as fileiras de gramíneas ou cereais, como milho, soja ou cana, ou mesmo de raízes e tubérculos, como mandioca e batata-doce aumenta-se a oferta de nitrogênio no solo, por intermédio dos rizóbios que se desenvolvem nas raízes das leguminosas. Ao se reduzir o espaçamento, a insolação direta e os riscos de erosão são diminuídos.
- Proteger o solo contra a erosão causada por chuvas intensas e concentradas e por ventos constantes com efeitos ressecadores.
- Melhorar a textura do solo e, conseqüentemente, as condições de infiltração da água e a alimentação dos lençóis freáticos.
- **Aumentar a oferta de matéria orgânica biodegradável**, permitindo uma adequada recuperação da microflora e da microfauna e do nível de humificação, que facilita o desenvolvimento da biomassa que ocorre nos horizontes superficiais do solo.

Incremento da Silvicultura, da Agrissilvicultura e da Fruticultura

Sem nenhuma dúvida, as atividades de silvicultura e de manejo florestal constituem-se dos melhores antídotos contra a desertificação. Ao contrário, a derrubada da cobertura verde e as queimadas precipitam o fenômeno.

Por esses motivos, é da máxima importância que se desenvolvam técnicas de manejo florestal e que se incremente um sistema consorciado, que associe, numa única área, a silvicultura com a fruticultura e com outras atividades agrícolas, ou seja, que se desenvolvam técnicas de “agrissilvicultura”.

Na agrissilvicultura, ao invés de derrubar a mata para iniciar o plantio de novas culturas, se procede o “bosquejamento ou raleamento” da mata, a partir da derrubada espaçada e seletiva de arbustos e até mesmo de árvores de menor importância ecológica e econômica.

Nos espaços abertos, se procede o adensamento das essências florestais mais úteis, de árvores frutíferas, de leguminosas e também de plantas anuais e de pastagens, podendo ser plantadas espécies autóctones ou naturalizadas.

As técnicas de agrissilvicultura são adaptáveis ao semi-árido nordestino e à grande maioria das áreas brasileiras em risco de desertificação, permitem um muito bom manejo agroflorestal e são particularmente adequadas para garantir um muito bom aproveitamento ecológico e econômico das Áreas de Proteção Ambiental (APA).

Técnicas de Manejo Integrado de Microbacias

Está comprovado que os processos de desertificação, da mesma forma que as erosões e as enxurradas ou inundações relâmpago são substancialmente minimizados, a partir de minuciosos **trabalhos de planejamento e gestão integrada de microbacias**.

No entanto, a experiência demonstra que o manejo das microbacias só é eficiente, quando todos os produtores da microbacia participam ativamente do Projeto e são bem orientados por técnicos de extensão rural.

Adensamento das Culturas

A redução do espaçamento entre as linhas e as fileiras das plantas permite uma maior concentração de plantas na área plantada. O adensamento das culturas pode reduzir a produtividade por unidade de planta, mas, sem nenhuma dúvida, aumenta a produtividade por área plantada.

Além disto, o adensamento das culturas reduz a exposição do solo à insolação direta e contribui poderosamente para reduzir os processos erosivos.

Além de permitir uma elevação da produtividade, o adensamento das culturas permite uma melhor proteção do solo e do meio-ambiente e se constitui numa técnica muito boa de manejo agrícola para combater a desertificação.

Bacias de Captação

As bacias de captação de água, construídas nas margens 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 os leitos das estradas vicinais sejam danificados pelas enxurradas, permitem o aproveitamento das águas pluviais em bebedouros para o gado e na alimentação dos lençóis freáticos.

Em consequência, esta técnica, que foi desenvolvida para reduzir os danos causados pelas enxurradas, revelou-se muito importante para perenizar as fontes de águas.

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

A. L. C. Castro afirma que não existe nada mais bonito e refrescante que uma bacia de captação do CPATSA, implantada em uma área semi-árida.