

## **2.4 AGENTES QUÍMICOS TÓXICOS**

---

---

Antônio Carneiro Barbosa

## SUMÁRIO

### **2.4 AGENTES QUÍMICOS TÓXICOS**

#### 1 INTRODUÇÃO

#### 2 MERCÚRIO

- 2.1 O Mercúrio Utilizado nos Garimpos
- 2.2 O Mercúrio Lançado na Amazônia
- 2.3 A Química e Toxicologia do Mercúrio
- 2.4 Distribuição e Formas do Mercúrio no Ecossistema
- 2.5 Capacitação Analítica
- 2.6 A Experiência da UNB
- 2.7 Conclusões

#### 3 DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

- 3.1 Introdução
- 3.2 Principais Defensivos Agrícolas
- 3.3 Conclusões

#### 4 REJEITOS INDUSTRIAIS

- 4.1 Fatores e Danos Potenciais de Rejeitos Industriais
- 4.2 Conclusões

#### 5 BIBLIOGRAFIA

### 1 INTRODUÇÃO

Os agentes químicos “perigosos”, causadores da contaminação ambiental, na Amazônia, Cerrado e Pantanal, estão relacionados a usos antrópicos e podem ser reduzidos a quatro tipos principais:

1. Mercúrio utilizado para amalgamar o ouro nos garimpos;
2. Resíduos de Defensivos Agrícolas;
3. Resíduos Industriais Tóxicos;
4. Queimadas

A Amazônia tem uma vocação determinante para RECURSOS MINERAIS, trazendo consigo um sério problema para o meio ambiente que deve ser levado em consideração prioritariamente: a contaminação por mercúrio usado para amalgamar o ouro nos garimpos.

As queimadas constantes, de grandes proporções e sem qualquer programação ou controle, podem ser apontadas como o outro fator antrópico de risco para a Amazônia, pelos seus efeitos danosos, seja no solo (empobrecimento quanto à matéria orgânica) ou na atmosfera (destruição da camada de ozônio).

Não havendo grandes projetos agrícolas na região como é o caso de Goiás e Mato Grosso, com exceção de algumas experiências, não é tão premente o problema dos resíduos de defensivos agrícolas. Neste sentido, são poucas as reclamações e denúncias que chegam aos órgãos governamentais de meio ambiente, como, por exemplo, ao Departamento de Meio Ambiente da Secretaria de Ciência e Tecnologia do estado do Pará.

É também pouco preocupante a contaminação ambiental, seja hídrica ou atmosférica, provocada por rejeitos industriais. No parque industrial de Manaus predominam as indústrias eletro-eletrônicas, pouco poluentes. No Pará, são apontadas praticamente só dez indústrias responsáveis por rejeitos tóxicos importantes, mas segundo o Departamento de Meio Ambiente, elas próprias asseguram o controle e tratamento de rejeitos.

Um problema que não poderá ser descuidado nesta região é o resíduo do preservativo de madeira usado na maioria das 2000 serrarias existentes somente no estado do Pará (Breves/Marajó e Paragominas), que usam, freqüentemente, o pentaclorofenol (madetox), sabidamente tóxico.

No Pantanal, a contaminação das bacias hidrográficas, principalmente pelo Mercúrio devido à atividade garimpeira (Poconé) parece ser a principal fonte de poluição.

Nos Estados do Bioma Cerrado, castigados sistematicamente por constantes queimadas, com os conhecidos danos para o solo e atmosfera, localizam-se, também, as grandes extensões agrícolas alvos das pulverizações com defensivos agrícolas. É ainda neste bioma que se concentra um pouco mais a contaminação por rejeitos industriais, líquidos ou gasosos.

---

<sup>26</sup> PhD (École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielle de Paris)  
Universidade de Brasília - Departamento de Química  
70910-900 - BRASÍLIA-DF

• Com a colaboração de:

Carlos Eduardo de Resende - Laboratório de Radioisótopos, UFRJ  
Edmur Flávio Pastorello - Faculdade de Saúde Pública, USP  
Massahiro Miyamoto - Faculdade de Saúde Pública, USP  
Roque Laraia - Departamento de Antropologia, UnB

## 2 MERCÚRIO

### 2.1 O Mercúrio Utilizado nos Garimpos

#### - Produção de Ouro

A produção brasileira de ouro em 1990, segundo dados oficiais (Relatório DNPM) foi de 98,3 toneladas, sendo que 70% deste ouro provêm dos garimpos. Apesar de haver apenas 83.860 garimpeiros cadastrados trabalhando em 428 garimpos legalmente estabelecidos no País, a estimativa é de que, em 1990, havia de fato cerca de 292.000 garimpeiros em 1900 garimpos brasileiros. Em 1989, a população garimpeira foi ainda maior, de 420.000, sendo 165.000 no Estado do Pará. Com pequenas oscilações que ocorrem cada ano pode-se afirmar que entre 80 a 90% da população garimpeira do Brasil está localizada na Amazônia (Quadro em Anexo).

Considerando a produção de ouro por Estado, o Mato Grosso ocupa a primeira colocação no ranking nacional, tendo produzido 25 e 27,5 toneladas em 1990 e 1991, seguido pelo Pará com 21,5 e 18,7 toneladas neste mesmo período.

Segundo a mesma fonte (Banco Central) a província aurífera de Tapajós é a maior produtora do estado do Pará, tendo contribuído com 13,2 e 12,6 toneladas em 1990 e 1991, respectivamente. A queda de produção que se observou, aliás em toda a Amazônia, no ano de 1991, pode ser atribuída a três fatores: maior dificuldade técnica na recuperação do metal, queda da cotação do ouro no mercado nacional e maior desvio do ouro, provocado pelo aumento da tributação devido à Lei 8.212, de 24/07/91. (Esta carga tributária foi revogada, posteriormente, por ferir o art. 153 da Constituição Federal).

A produção "oficial" de ouro depende bastante da estabilidade econômica do País e das medidas governamentais de choque. Por exemplo, com a hiperinflação de 80% o ouro era transferido clandestinamente para o exterior retornando, em seguida, como dólar paralelo, aproveitando-se do ágio médio de 125%, no período de dezembro de 1989 a março de 1990, segundo a Revista Conjuntura Econômica. Já com o Plano Collor I, editado logo após a posse do Presidente, o ágio do dólar caiu em média para 26,7%, no período de abril a dezembro de 1990, e para 12,3%, em 1991, ficando inviabilizadas as operações internacionais com o ouro e passando o Banco Central a arbitrar as transações com o metal. Segundo dados da SEICOM (B. Stilianidi e C. Galúcio) os preços praticados na Bolsa Mercantil e de Futuros (BMF) sofrem taxaões extras para os garimpeiros que negociam nas casas de compra de ouro dos garimpos (Distribuidoras de Títulos e Valores Mobiliários (DTVM) e Banco Godmine), assim distribuídas: 4% para despesas da DTVM, 3,5% para efeito de lucro e operação, 12% aproximadamente devido às impurezas do ouro e 5% como royalties em garimpos situados em reservas indígenas, como o de Maria Bonita, no sul do Pará. No caso do Tapajós, o preço oferecido ao garimpeiro pode cair ainda mais, devido a impureza do metal que chega até a 45%.

As áreas reservadas à Garimpagem são regulamentadas, em Portaria ou Decreto-Lei, que definem a respectiva área. Documento do DNPM indica que a área destinada à garimpagem na Amazônia é de quase 5 milhões de hectares.

A produção de ouro no Brasil, estimada pelo DNPM, para a década 1980-1990 foi 899,05 toneladas, sendo que 85,33% desta produção, isto é, 767,16 toneladas são provenientes de garimpos. Para se ter uma idéia da importância da garimpagem na Amazônia basta dizer que 93,8% de todo o ouro produzido pelos garimpos brasileiros neste período de 80-90 são dos garimpos desta região, correspondendo a cerca de 720 toneladas.

## 2.2 O Mercúrio Lançado na Amazônia

Para se inferir a quantidade de mercúrio que é lançado, anualmente, nas regiões de garimpos do Brasil e, principalmente, na Amazônia, basta fazer um simples cálculo de multiplicação. A quantidade de mercúrio usada para se recuperar um quilo de ouro varia de garimpo para garimpo, dependendo da granulidade e de outras condições do metal e, geralmente, é de 1,3 a 2,0 quilos. Assim, usando-se o fator médio conservador de 1,5 quilos de mercúrio para se obter um quilo de ouro chega-se a impressionante cifra de que foram lançados só na Amazônia, na década de 1980 a 1990, 1.080 toneladas de mercúrio metálico.

**Quadro 1 - População Garimpeira do Brasil\* - 1980/1989**

ANO	AMAZÔNIA	%	OUTRAS REGIÕES	%	TOTAL
1980	90.000	80,21	22.200	19,79	112.200
1981	95.000	71,80	37.300	28,20	132.300
1982	142.000	82,99	29.100	17,01	171.100
1983	240.000	89,88	27.000	10,12	267.000
1984	264.000	92,47	21.500	7,53	285.500
1985	273.000	87,36	39.500	12,64	312.500
1986	270.000	88,96	33.500	11,04	303.500
1987	275.000	90,02	30.500	9,98	305.500
1988	340.000	89,47	40.000	10,53	380.000
1989	350.000	83,35	69.920	16,65	419.920

Fonte: Anais do Seminário Brasil-Canadá de Mineração e Meio Ambiente - Brasília, 1991

\* População diretamente envolvida na produção.

Quadro 2 - População Garimpeira da Amazônia\* - 1980/1989

Região	Ano	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Tapajós / Parauari		40.000	40.000	55.000	80.000	80.000	90.000	95.000	100.000	110.000	130.000
Sudeste do Pará		26.000	28.000	48.000	80.000	70.000	50.000	50.000	40.000	47.000	55.000
Norte de Mato Grosso		7.000	8.000	10.500	34.000	53.000	55.500	54.000	60.500	65.500	77.500
Rondônia / Rio Madeira		4.900	5.500	8.000	12.700	9.400	11.000	16.500	14.000	20.000	20.000
Roraima		1.300	1.500	3.000	1.500	1.600	1.500	2.000	1.500	35.000	13.650
Amapá		500	600	3.000	3.800	4.000	5.000	4.000	5.000	9.000	10.000
Gurupi		1.600	2.100	2.500	15.000	23.000	37.000	25.000	22.000	15.000	13.000
Tocantins		1.500	1.600	2.500	3.000	5.000	5.500	5.200	6.000	6.500	7.000
Cuiabá / poconé		4.000	4.000	5.500	6.000	5.500	4.500	4.000	4.500	4.500	6.000
Outros		3.200	3.700	4.000	4.000	12.500	13.000	14.300	21.500	27.500	17.850
TOTAL		90.000	95.000	142.000	240.000	264.000	273.000	270.000	275.000	340.000	350.000

Fonte: Anais do Seminário Brasil-Canadá de Mineração e Meio Ambiente - Brasília, 1991

\* População diretamente envolvida na produção

**Quadro 3 - Produção de Ouro no Brasil**

ANO	Nº MINAS	%	GARIMPOS*				TOTAL
			AMAZONIA	%	OUTRAS REGIÕES	%	
1980	4.088	13,00	25.500	81,11	1.850	5,89	31.438
1981	4.376	11,78	30.650	82,55	2.100	5,67	37.126
1982	4.616	7,64	53.700	88,81	2.150	3,55	60.466
1983	6.196	8,26	65.500	87,28	3.350	4,46	75.046
1984	6.655	9,83	58.650	86,56	2.450	3,61	67.755
1985	8.457	10,48	69.100	85,62	3.150	3,90	80.707
1986	9.349	10,09	80.700	87,05	2.650	2,86	92.699
1987	13.616	13,58	83.250	82,98	3.450	3,44	100.316
1988	21.769	17,99	95.300	76,68	6.500	5,33	123.569
1989	22.849	20,46	79.500	71,15	9.380	8,39	111.729

Fonte: Anais do Seminário Brasil-Canadá de Mineração e Meio Ambiente - Brasília, 1991

\* Produção Estimada

Quadro 4 - Produção de Ouro (kg) na Amazônia\*

Região	Ano	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Tapajós / Parauari		12.000	16.700	20.600	25.500	17.000	16.700	20.300	28.200	37.000	33.450
Sudeste do Pará		9.800	10.500	16.850	20.750	16.200	23.450	22.800	17.650	10.150	7.200
Norte de Mato Grosso		450	950	4.350	9.400	11.850	14.800	16.350	16.650	11.350	10.250
Rondônia / Rio Madeira		1.650	450	7.050	3.250	3.450	4.350	10.300	13.400	16.900	11.850
Roraima		150	250	550	900	750	550	1.050	1.550	10.150	9.150
Amapá		100	150	250	800	4.300	2.050	5.350	1.850	3.800	2.850
Gurupi		200	250	300	350	1.800	1.850	700	850	300	250
Tocantins		100	200	150	250	750	1.050	350	250	850	450
Cuiabá / Poconé		150	250	2.050	2.050	4.200	2.100	1.150	800	2.050	1.950
Outros		900	950	1.550	2.250	1.350	2.200	2.350	2.050	2.750	2.100
TOTAL		25.500	30.650	53.700	65.500	58.650	69.100	80.700	83.250	95.300	79.500

Fonte: Anais do Seminário Brasil-Canadá de Mineração e Meio Ambiente - Brasília, 1991

\* Produção Estimada

São cerca de 130 toneladas de mercúrio jogadas, anualmente, no ecossistema amazônico, segundo dados sub-estimados, pois ninguém sabe exatamente a quantidade de ouro produzida nos garimpos, já que uma boa percentagem dele é contrabandeada.

Sem dúvida, as atividades garimpeiras se concentram, principalmente, na província aurífera do Tapajós(PA), em Alta Floresta e Peixoto de Azevedo, no norte do Mato Grosso e no Rio Madeira(RO).

## 2.3 A Química e Toxicologia do Mercúrio

### Características do Mercúrio:

“Mercúrio é o elemento de número atômico 80, líquido prateado, denso, venenoso” - (Aurélio)

Fórmula química: Hg (Hydrargyrum)

Ponto de ebulição: 356,9 °C

Densidade: 13,56 g/cm<sup>3</sup>

### Propriedades:

Oxida-se rapidamente no organismo a Hg(II)

Forma AMÁLGAMAS com vários metais

Combina-se, facilmente, com ENXÔFRE e HALOGÊNIO.

Usos:

Indústria do CLORO-SODA CÁUSTICA - 26,6%

Componentes ELÉTRICOS - 22,9%

Pintura - 12,2%

Instrumentação Científica - 6,5%

Catalisadores - 3,7%

Odontologia - 3,5%

Agricultura - 3,4%

Laboratório - 2,1%

Prod. Farmacêuticos - 0,9%

Indústria de Papel - 0,7%

Outros - 18,1%

Produção:

Espanha e Itália: 50% da produção mundial.

Outros países produtores: Iugoslávia, CEI, China, México, Japão, EEUU, Canadá.

O Brasil não produz Mercúrio e importa 200-300 ton/ano.

### Ocorrência:

Encontra-se livre ou combinado na natureza. De 25 minerais conhecidos é recuperado só do CINÁBRIO (Sulfeto de Mercúrio), por decomposição térmica e posterior decomposição.

### **- Toxicologia:**

O Mercúrio metálico, líquido é pouco tóxico, mas sob a forma de vapor que é produzido nas queimas dos amálgamas de ouro nos garimpos é considerado tóxico. Ele é facilmente OXIDADO a Mercúrio Iônico.

O Mercúrio Iônico provoca precipitação das PROTEÍNAS e inibe as ENZIMAS com grupos SULFIDRILAS (SH).

Além disso, o Mercúrio ligado à estrutura da MEMBRANA CELULAR diminui sua permeabilidade para certos nutrientes.

O MERCÚRIO IÔNICO em presença de MATÉRIA ORGÂNICA e por ação de MICRORGANISMOS é facilmente transformado em MERCÚRIO ORGÂNICO, principalmente o METILMERCÚRIO.

O grupamento METILA (CH<sub>3</sub>) facilita a difusão do Hg, através das membranas biológicas como a PLACENTA, aumentando, assim, sua periculosidade.

A ação tóxica do METILMERCÚRIO se manifesta, principalmente, nas células do SISTEMA NERVOSO.

Os PEIXES também METILAM o Mercúrio, sendo agentes fundamentais da concentração do Mercúrio na cadeia trófica (biomagnificação)(29).

A absorção do mercúrio pelo organismo é CUMULATIVA, sendo dificilmente eliminado.

### **Principais Manifestações:**

Cegueira, tremores, perda de SENSIBILIDADE.

Insuficiência Renal e lesões Gastrointestinais.

Cérebro Esponjoso.

## **2.4 Distribuição e Formas do Mercúrio no Ecossistema:**

A desgaseificação da crosta terrestre é a fonte natural de contaminação ambiental por Mercúrio.

A forma antropogênica é devida a indústrias de soda cáustica, queima de combustíveis fósseis, fabricação de aço, cimento e fosfatos, fundição de minerais de enxofre, fábricas de baterias e lâmpadas.

Como fontes de exposição humana podem ser citadas: indústrias de soda cáustica e cloro, minas de mercúrio (inexistentes no Brasil), indústrias de termômetros e barômetros, refinarias, clínicas dentárias e garimpos de ouro.

O Mercúrio que é usado nos garimpos para amalgamar o ouro é o mercúrio metálico, elementar, em forma líquida, no estado de oxidação zero. Sob esta forma, o Mercúrio não é particularmente tóxico. A primeira forma tóxica do Mercúrio surge durante a queima do amálgama, quando se transforma em estado de vapor, sendo, então, absorvido pelas vias respiratórias, acumulando-se nos pulmões.

O Mercúrio metálico, no estado líquido ou de vapor, pode ser facilmente oxidado, seja na água, no sedimento dos rios, no solo ou no trato respiratório.

Como produto desta oxidação, produz-se o Hg<sup>+</sup> (Mercuroso) e posteriormente o Hg<sup>++</sup> (Mericúrico), forma inorgânica e tóxica que entra na corrente sanguínea e forma compostos solúveis que se combinam com as proteínas.

O Mercúrio, sob a forma oxidada, se acumula nos rins, fígado, sangue, medula óssea, parede intestinal, glândula salivar, cérebro, ossos e pulmão.

O Mercúrio tem a propriedade de formar ligações covalentes com o Carbono gerando produtos extremamente tóxicos, como o dimetilmercúrio ( $\text{CH}_3\text{HgCH}_3$ ), o etilmercúrio ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{Hg}^+$ ) e o metilmercúrio ( $\text{CH}_3\text{Hg}^+$ ).

Sob estas formas, conhecidas também como Mercúrio orgânico, principalmente o metilmercúrio é que ocorreu o célebre envenenamento em Minamata, no Japão, em 1953, com 46 mortes e 121 doentes. Uma fábrica de produtos químicos descarregou na Baía de Minamata várias toneladas de subprodutos, provocando a transformação de acetileno em aldeído acético e cloreto de vinila. Estes rejeitos ricos em produtos químicos sofreram uma transformação biológica em cloreto de metilmercúrio, sendo, então, acumulados em peixes e moluscos, entrando assim, na cadeia trófica.

Em 1971, ocorreu uma outra catástrofe de intoxicação por mercúrio, desta vez no Iraque, com 459 óbitos registrados, provocados pela ingestão de arroz contaminado por fungicidas mercuriais.

O metilmercúrio sintetizado por microorganismos e bactérias é encontrado predominantemente em peixes e nos cabelos de ribeirinhos de regiões garimpeiras, que se alimentam de peixes.

Desta forma, as 130 ou mais toneladas de Mercúrio metálico que são lançadas, anualmente, nos rios da Amazônia, principalmente no Tapajós, Madeira e Xingu se depositam de preferência no sedimento, de onde paulatinamente se oxidam e se organificam, passando a contaminar seriamente a biota.

### **No ar:**

O Mercúrio liberado para a atmosfera pela queima do amálgama, por meio do maçarico é levado pelo vento até regiões distantes, aparentemente isentas de contaminação, sendo depositado, após condensação, nas copas das árvores e no solo. A concentração de mercúrio na atmosfera depende da umidade relativa do ar.

A Organização Mundial da Saúde (WHO) recomenda para pessoas expostas ocupacionalmente o teor máximo de 25 microgramas de vapor de Mercúrio por metro cúbico de ar.

### **No Solo:**

Por precipitação ou deposição seca o mercúrio é trazido da atmosfera para o solo. Umidade, composição e pH do solo influem na formação do Mercúrio gasoso. A redução do Mercúrio é dificultada quando o solo se encontra seco ou quando a temperatura está baixa e o pH é ácido, abaixo de 5,2 (Anderson, 1979).

O CONAMA limita a 1mg/kg de solo o valor máximo permitido para o teor de Mercúrio, enquanto que Alícia Vanissevich (em Ciência Hoje) apresenta como 0,1mg/kg o teor natural médio deste metal em solos.

### **Na Água:**

O Mercúrio despejado nas águas pode ter vários destinos:

- permanece em solução, formando complexos ou não. A temperatura elevada e maior grau de salinidade provocam maior solubilidade do Mercúrio na água, enquanto que a presença de material particulado diminui a solubidade. O pH pouco influi na solubilidade do metal. Os níveis considerados naturais para o Mercúrio em águas, de

acordo com CONAMA e ECO/OPAS são 0,2 micrograma/L para água de rio, 1,0 micrograma/L para água potável e 0,3 micrograma/L para água do mar. Em Ciência Hoje, W. Jardim mostra teoricamente que é muito baixa a concentração de Mercúrio que permanece solúvel nos sistemas aquáticos.

- é absorvido por substâncias orgânicas ou argilo-minerais ou reduzido quimicamente. Neste caso, o Mercúrio retorna à atmosfera por volatilização.
- passa para o sedimento, onde sofre reações físicas, biológicas e químicas, trocas e transformações (Taylor, 1979). Lacerda e Pfeiffer indicam como 40 microgramas/kg a concentração natural de Mercúrio em sedimentos, enquanto que Prater e Anderson (1977) consideram muito poluídos os sedimentos que contêm acima de 1 miligrama de Mercúrio por kg.

A presença de material particulado provoca redução da solubilidade do Mercúrio na água, enquanto que a salinidade e temperatura elevada agem no sentido contrário.

## 2.5 Capacitação Analítica.

### Situação Brasileira:

O Brasil possui grupos de pesquisadores e laboratórios capacitados a fazer análise de mercúrio total. Já foram feitos estudos analíticos dos teores de mercúrio em diversas áreas de garimpo e em várias matrizes, como por exemplo:

Rio Mogi-Guaçu (SP) e represas: Barra Bonita, Billings, Rio Grande e Rio das Pedras (SP) - água, sedimento e peixes: CETESB.

Poconé (MT): CETEM, UNICAMP e EMBRAPA

Rio Madeira (RO) - água, sedimento e peixes: UFRJ e UFF

Rio Paraíba do Sul (RJ) - água, sedimento e peixes: UFRJ.

Itaiutuba (PA) - UFPa, CETEM, Inst.E.Chagas e Grupo Britânico.

Carajás (PA) - água, sedimento e peixes : CVRD.

Tucuruí (PA) - (Rio Tocantins) - água, solo, sedimento, cabelo e peixes: Univ. Helsinqui (Finlândia)/ CNPq.

Tatarangzinho (Amapá) - água, sedimento e peixe: DNPM, UFPa.

No entanto, apesar de muito esforço, os resultados até agora obtidos devem ser considerados preliminares, uma vez que falta sistematização e padronização dos métodos de coleta e de análise e inexistem medidas sistemáticas, repetidas em uma mesma população, em cabelos, urina e peixes.

A população ribeirinha, sob influência de atividade garimpeira, consumidora de peixe, alvo ideal da contaminação por metilmercúrio também não foi estudada metodicamente.

Além disso, com exceção do laboratório da UnB, não foram identificados laboratórios no Brasil, no momento, preparados para determinar mercúrio orgânico em material biológico. Não há também, ainda no país, experiência consolidada de intercalibração entre laboratórios.

Finalmente, não há laboratórios no País preparados para analisar rapidamente grande número de amostras e muito menos em cidades próximas dos garimpos da Amazônia.

Constata-se carência de médicos no Brasil capazes de diagnosticar e tratar doenças causadas por intoxicação por vapor de mercúrio e metilmercúrio.

Inexistem hospitais adequados para o tratamento de intoxicações mercuriais.

Apesar de muita reunião, congresso e conferência, não se tem uma idéia precisa sobre o nível atual de contaminação por mercúrio no Brasil da população, peixes e do ecossistema em geral.

Não há experiência genética quanto aos efeitos genotóxicos causados pelo mercúrio.

Até agora não foram feitos no Brasil estudos epidemiológicos sistemáticos nas regiões afetadas pelas atividades garimpeiras.

As dificuldades para a realização deste estudo são sérias, principalmente pela situação flutuante da população. Estima-se que no Crepurizão (Itaiutuba-PA) apenas 10% da população é fixa.

Não há retorno para os pacientes, dos resultados dos exames clínicos e analíticos.

Não há também um trabalho coordenado relacionando estado nutricional e doenças tropicais, como a malária, com as doenças causadas pelo mercúrio.

Grávidas e recém-nascidos não têm recebido cuidados especiais.

## 2.6 A Experiência da UnB

Diante desta situação caótica descrita anteriormente, um grupo de pesquisadores da Universidade de Brasília reuniu químicos analíticos, biólogos, médicos, geneticistas, associados com profissionais do DNPM, da Universidade de Rochester, nos Estados Unidos, médicos da Escola Paulista de Medicina, indigenistas da Fundação Mata Virgem e pesquisadora da Universidade Federal de Rondônia, além do apoio na intercalibração analítica por pesquisadores do IPEN/USP, PUC/RJ e UNICAMP. Esta equipe multidisciplinar procurou atacar o problema de contaminação mercurial, tratando sistematicamente várias regiões características de contaminação por atividade garimpeira.

Foram cinco os projetos desenvolvidos e, a partir dos resultados obtidos, já se pode falar com mais segurança dos reais níveis de contaminação por mercúrio:

### a. PARACATU (MG)/DNPM

#### Amostra:

- 39 amostras de solos;
- 21 amostras de drenagens e,
- 30 amostras de cabelo de garimpeiros e queimadores.

#### Resultados:

- solos: a média é 30 vezes maior que a incidência normal em rochas carbonáticas e filíticas e 40 vezes em tipos arenitos, representativas da região.
- drenagens: apresentam teores médios 40 vezes maiores que os areníticos normais, sendo o valor mais alto encontrado (HM-10) da ordem de 2100 vezes superior.
- cabelos: 18% acima de 1 ppm.

**b. SERRA PELADA/DNPM**

**Amostras:**

46 amostras de solos e,  
53 amostras de drenagens.

**Resultados:**

- 92% das amostras de solos e drenagens estão acima do valor crítico (1 micrograma por grama) recomendados pela OMS. 39% estão acima de 10 ug/g. 16% acima de 50 ug/g.
- Resultados Máximos: 6% acima de 200 ug/g.

**c. PORTO NACIONAL(TO)/EHSC**

**Amostras:**

42 amostras de sangue;  
42 amostras de urina e,  
30 amostras de cabelo (garimpeiros, queimadores, familiares).

**Resultados:**

- sangue: abaixo do Limite de Detecção;
- urina: 12% acima do valor crítico e,
- cabelo: 2,5% acima do valor crítico.

**d. RESERVA INDÍGENA KAIAPÓ (GOROTIRE e KIKRETUM)**

**Sul do Pará**

**Amostras:**

sangue: 132 índios e,  
129 garimpeiros.  
urina: 194 índios e,  
109 garimpeiros.  
cabelo: 211 índios e,  
130 garimpeiros.

Este projeto, financiado pela Fundação Mata Virgem foi realizado, no sul do Pará, em reserva indígena Kaiapó, às margens do rio Fresco, afluente do Xingu. Foram analisadas 132 amostras de sangue, 194 de urina e 211 de cabelo de índios, divididos nas faixas etárias de crianças, jovens, adultos e velhos. Foram amostrados 130 garimpeiros para análise de sangue, urina e cabelo.

Houve uma fase preliminar (projeto piloto) em que foram analisadas 38 amostras de cabelos de índios e garimpeiros/queimadores.

O projeto principal contou com o apoio do laboratório (labo-móvel), com bancadas, geladeira, centrífuga e equipamentos de análise, instalados em um “ônibus”, que permaneceu durante 10 dias na reserva indígena.

Houve uma preocupação especial em determinar a percentagem de mercúrio orgânico nas amostras de cabelo com valores altos de mercúrio total. Preocupação também houve com as mulheres grávidas e puérperas e algumas pessoas com indicação clínica.

Os resultados obtidos mostram elevados índices de contaminação dos índios e garimpeiros, com os seguintes percentuais acima dos níveis críticos:

Índios Gorotire:

sangue(10ppb): 50,5%;  
urina (20ppb): 35,7% e,  
cabelo(10ppm): 30,5%.

Índios Kikretum:

sangue: 85,7%;  
urina : 9,3% e,  
cabelo: 51,1%.

Garimpeiros:

sangue: 33,3%;  
urina : 37,6% e,  
cabelo: 0,8%.

A percentagem média de mercúrio orgânico em cabelo foi de 86,2% para os índios e de 24,3% para os garimpeiros.

Verifica-se que os índios estão com teores mais altos de mercúrio total em sangue e cabelo, apesar de não estarem diretamente ligados à atividade de extração aurífera por amalgamação com mercúrio. Por outro lado, enquanto predomina na população indígena indicativo de contaminação aguda, nos garimpeiros prevalece indicativo de contaminação aguda e/ou crônica.

Os altos níveis de contaminação dos índios das aldeias Gorotire e Kikretum, por Mercúrio orgânico, explica-se pelo fato de sua alimentação ser baseada em peixes contaminados pelo Mercúrio usado no garimpo de Maria Bonita.

Este projeto conta, também, com o apoio do laboratório de genética da UnB que procura verificar os efeitos clastogênicos provocados pela intoxicação mercurial.

#### **e. RIBEIRINHOS E PEIXES DO RIO MADEIRA/RO**

##### **Amostras:**

311 cabelos de ribeirinhos  
261 peixes.

A pesquisa foi realizada ao longo de 170 km do Rio Madeira, à jusante de Porto Velho. Foram analisados cabelos de 311 ribeirinhos, divididos em quatro sub-áreas e 261 amostras de peixes, de várias espécies e tamanhos, geralmente os mais consumidos pelas pessoas amostradas no trabalho, como Tucunaré, Piranha, Jaraqui, Branquinha, Dourada.

Os cabelos com teores de Mercúrio acima do limite crítico, isto é 10ppm, foram analisados também quanto ao teor de mercúrio orgânico, predominantemente o metilmercúrio, por ser o mais tóxico dos compostos mercuriais, afetando o sistema nervoso central.

A média dos níveis de mercúrio encontrados para as quatro áreas, acima do limite crítico recomendado pela Organização Mundial de Saúde foi de 47,4%, resultado este considerado muito elevado. Dentre os 360 ribeirinhos analisados, chama a atenção uma família da sub-área 1, próxima do garimpo de Belmonte e de Porto Velho, que apresentou quatro pessoas com níveis de mercúrio total acima de 100ppm, concentrações que, geralmente, provocam distúrbios clínicos e neurológicos.

As 164 pessoas com teores elevados de mercúrio no cabelo estavam com concentrações médias de mercúrio orgânico acima de 80%.

Quanto aos peixes analisados, 83,2% apresentaram índices de Mercúrio entre o limite de detecção do método e 500ppb (nanograma por grama), valor limite segundo a Organização Mundial da Saúde, sendo 36,7% com níveis de Mercúrio elevados (acima de 300ppb), sendo 15,2% acima do limite máximo recomendado. As espécies carnívoras (piscívoras) apresentaram concentrações mais elevadas, como era de se esperar.

Neste projeto, foram trocadas amostras de cabelo e padrões com o Environmental Health Science Center da Universidade de Rochester e com outros centros de pesquisa do Brasil (Unicamp, PUC/RJ e IPEN/USP), visando intercalibração laboratorial.

#### **f. PANTANAL MATOGROSSENSE.**

Pesquisa realizada por Luiz Marques Vieira/Embrapa-MT, nos laboratórios da UnB, visando a tese de Doutorado.

##### **Amostras:**

475 peixes e,  
127 aves.

##### **Resultados:**

Rio Cuiabá: (116 peixes): 50% acima de 500ppb;  
Rio B.Gomes (147 peixes): 35% acima de 500ppb e,  
Rio Paraguay (212 peixes): valores mais baixos.

Peixes com teores mais elevados: Cachara, Piranha, Traíra e Bagre.

### **2.7 Conclusões:**

- 1 - A atividade garimpeira no Brasil, responsável pelo lançamento de Mercúrio no ecossistema está presente na Amazônia, Pantanal e Cerrado, sendo que nas duas primeiras regiões constitui, provavelmente, a principal fonte de danos potenciais devido ao uso antrópico.
- 2 - Como indicadores de danos potenciais da contaminação por Mercúrio sugerimos a determinação dos níveis de concentração deste metal:
  - no ar (vapor de mercúrio metálico),
  - nos peixes (mercúrio orgânico),
  - em sangue e cabelo de garimpeiros (mercúrio inorgânico):  
indicador de contaminação ocupacional e,
  - em cabelos de ribeirinhos (mercúrio orgânico):  
indicador de contaminação ambiental.
- 3 - Como possibilidade de reversão da contaminação ocupacional sugere-se a obrigatoriedade do uso da retorta na queima do amálgama de ouro. Esta medida, no entanto, deve ser precedida de um amplo programa de educação dos garimpeiros quanto aos danos potenciais causados pelo Mercúrio e vantagens econômicas da recuperação do Mercúrio pelo uso da retorta.  
Além disso, deve ser apoiado o projeto de fabricação de uma retorta leve e que apresente um bom fator de recuperação.

- 4 - É fundamental que a capacitação analítica, existente no Brasil, seja aproveitada para a montagem de laboratórios de referência nos três biomas e para o treinamento de técnicos capazes de executar o monitoramento.
- 5 - Ênfase deve ser dada à prática de intercalibração entre laboratórios de forma a se assegurar a confiabilidade dos resultados.
- 6 - A quantificação do Mercúrio principalmente em amostras de cabelo deve ir além dos teores totais do metal, procurando determinar, também, a forma orgânica e, se possível, o metilmercúrio que é a espécie mais tóxica.
- 7 - Devem ser escolhidas áreas de estudo (áreas piloto), representativas dos biomas, para serem estudadas de forma integrada, de maneira a ser caracterizado o nível atual de contaminação por Mercúrio, em água, sedimento, peixes, solo, ar e ribeirinhos. Aspectos de saúde pública e riscos de mutações genéticas também devem ser atendidos.
- 8 - Recomenda-se que sejam realizados estudos epidemiológicos da população atingida.
- 9 - Os resultados atuais dos níveis de contaminação e das áreas afetadas deve propiciar uma simulação da contaminação para os próximos anos, ferramenta fundamental para o enfoque do problema sob o ponto de vista da saúde humana.

#### **Roteiro para Coleta de Informações:**

Este roteiro visa subsidiar o levantamento de dados relativos aos contaminantes químicos existentes na Amazônia, Pantanal e Cerrado, relacionados com os agentes poluentes: Mercúrio, Defensivos Agrícolas, Queimadas e Rejeitos Industriais:

- Listagem dos garimpos da região, com o maior número possível de dados, como: mapa com a localização dos garimpos, tipo de garimpo, número de garimpeiros, número de queimadores, número de malárias contraídas pelos garimpeiros, quantidade de ouro retirada por mês ou por ano, quantidade de mercúrio utilizada por quilo de ouro, se são utilizadas as calhas amalgamadoras, se há algum processo de recuperação do mercúrio (retortas), doenças contraídas pelos garimpeiros e sintomas que se suspeitam sejam por intoxicação mercurial, se há suspeita de peixes contaminados e se a população (ribeirinhos) se alimenta deles preponderantemente etc. É importante que se colete o maior número possível de dados;
- Listagem das principais áreas em que predominam a agricultura extensiva de soja, arroz e milho e atividades hortigranjeiras, de preferência com indicações precisas em mapa e, também, dos principais defensivos agrícolas empregados. Identificar as bacias hidrográficas afetadas pelo uso de defensivos agrícolas;
- Listagem de pólos industriais existentes ou focos potenciais de poluição, indicando os nomes das indústrias, se possível, alguns dados sobre o tipo de rejeitos lançados no ar, em rios e lagos;
- Listagem das medidas de controle ecotoxicológico em andamento ou programadas e,

- Relacionar/hierarquizar os agentes químicos de impacto negativo sobre o ecossistema com as atividades antrópicas desenvolvidas nos três biomas, indicando, ainda, os graus de sensibilidade e possibilidades de controle/reversão.

### 3 DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

#### 3.1 INTRODUÇÃO

A produção de alimentos necessita cada vez mais do uso de defensivos agrícolas, também chamados de Agrotóxicos ou Pesticidas, o que constitui motivo de grande preocupação, principalmente pelo uso indiscriminado dessas substâncias. Apesar da utilização dos defensivos agrícolas ocorrer apenas em 5% de toda a área agriculturável da terra não se pode conceber a agricultura moderna extensiva sem eles. Os defensivos são utilizados, também, no controle de pragas de insetos, de vetores de doenças, pragas de florestas etc. Esta aplicação, nos Estados Unidos, corresponde a 5% da aplicação de todos os defensivos (1).

Por outro lado, a carência de laboratórios capacitados em análises nesta área contribui para aumentar a desinformação quanto ao uso adequado destes defensivos. É de vital importância para a avaliação ecotoxicológica que as características físico-químicas e o monitoramento de teores de defensivos agrícolas em solos, alimentos e em pessoas sejam rotineiramente executadas. É urgente a consolidação de laboratórios que estudem e avaliem os danos causados pelo uso de defensivos, no Brasil, já que as informações disponíveis na bibliografia utilizam dados de outros países.

Esta programação de análises sistemáticas de resíduos de pesticidas certamente irá contribuir para a formação de técnicos especializados, bem como assessorar órgãos governamentais responsáveis pelo meio ambiente e saúde, além de viabilizar um constante e necessário monitoramento desses resíduos.

Os defensivos organoclorados, organofosforados, carbamatos e de muitos outros grupos químicos, abrangendo os herbicidas, inseticidas e fungicidas, estão associados a muitos episódios de contaminação ambiental, com destruição da fauna e flora terrestres e aquáticas. Além disso, são centenas de casos de intoxicação humana aguda e crônica relatados anualmente (1).

É importante que se considere o destino dos defensivos agrícolas depois de aplicados aos solos, seja por processos físicos ou reações químicas. No caso, por exemplo, dos herbicidas, podem ser citados alguns processos de natureza química em que se verifica modificação dos produtos, tais como adsorção, decomposição microbiana, fotodecomposição, reações com os constituintes do solo, das plantas e microrganismos.

Processos de natureza física em que os produtos permanecem inalterados e são disseminados no ecossistema, são, por exemplo: lixiviação, ação do vento, volatilização.

A contaminação das águas deve ser a principal preocupação dos órgãos responsáveis pela preservação do meio ambiente, pois constitui o destino mais direto dos resíduos de defensivos agrícolas, através de rios, drenagens, canais de irrigação, lagos e outros cursos de água e é o elemento fundamental para a preservação dos elementos bióticos e abióticos(2).

Nas duas últimas décadas, a comunidade científica vem se preocupando com os efeitos dos produtos químicos sobre o patrimônio genético e, neste contexto, os defensivos agrícolas desempenham um papel muito importante. Será fundamental, portanto, o desenvolvimento de pesquisas em mutagênese com resíduos de defensivos agrícolas, com a finalidade de fazer avaliações das potencialidades de mutagenicidade, realizando estudos de toxicidade em diferentes organismos contaminados por fungicidas, herbicidas e inseticidas comercializados no Brasil.

Apresentaremos, a seguir, uma breve descrição dos principais defensivos agrícolas comercializados e potencialmente mais utilizados, bem como suas composições químicas e toxicidades.

Caberá, no entanto, aos técnicos e dirigentes ambientais dos Estados, indicar quais são os defensivos agrícolas realmente mais utilizados em suas regiões e, também, os riscos de contaminação das bacias hidrográficas.

### 3.2 Principais Defensivos Agrícolas:

- **Organoclorados**

Os organoclorados são considerados os menos tóxicos sob o aspecto de contaminação aguda, embora tenham um potencial de toxicidade crônica maior do que os organofosforados ou os carbamatos.

Os organoclorados foram os primeiros inseticidas a serem sintetizados.

O DDT foi o primeiro inseticida organoclorado produzido no Mundo, por Zeidler em 1874, mas somente em 1939 é que nos laboratórios da Geiger, na Alemanha, foi identificada por Muller como inseticida (através do isômero p, p'-DDT) e aplicação no combate a mosquitos transmissores. Esta importante descoberta valeu a Muller o Prêmio Nobel de Química, em 1948.

O DDT como todo organoclorado é persistente no meio ambiente, podendo permanecer no solo por mais de três décadas, após sua aplicação e pode acumular nos tecidos biológicos. Além disso, o DDT, não sendo eficiente para o combate de ácaros e de alguns grupos de insetos causa com frequência o desequilíbrio biológico (3). Por hidrólise alcalina o DDT produz o DDE. É conhecido, também, por NEOCID, GERASOL, ARITAN e RESAREX.

As propriedades inseticidas de outro organoclorado, o BHC, apesar de sintetizado, em 1825, por Faraday, na França, somente foram divulgadas, em 1942. O BHC conhecido, também, por Gammexane é uma mistura de cinco isômeros e seu nome oficial é o hexaclorociclohexano. Em meio alcalino se decompõe produzindo o ácido clorídrico e o tetraclorobenzeno, caracterizando sua ação residual. O LINDANE, isômero gama do BHC, perde cloro em meio básico e se transforma em triclorobenzeno; sendo volátil, age sobre os insetos, também, por contato e ingestão.

Mais tarde, surgiram outros compostos como AUDRIN, DIELDRIN e HEPTACLORO, em 1948, e o ENDRIN, em 1951. Finalmente, surgiram o TELODRIM, TOXAFENO e DODECACLORO, que foram utilizados intensamente até 1970.

O AUDRIN pertence ao grupo dos ciclodienos, sendo conhecido, também, por AUDREX, HEXADRIN, A-250 e A-200. Seu nome químico, de acordo com a IUPAC é: 1,2,3,4,10,10-hexacloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahidro-1,4-endo-5,8-dimetanonaftaleno.

DIELDRIN é um derivado do ALDRIN e seu nome surgiu da junção dos nomes dos descobridores da conhecida reação de química orgânica, Diels Alder. Ele é estável em meios básicos e em meio ácido diluído. O ELDRIN pertence ao mesmo grupo do Aldrin e Dieldrin, sendo descoberto, em 1950, nos Estados Unidos, dois anos após o Dieldrin.

O CLORDANE pertence ao grupo dos ciclodienos e é constituído por uma mistura dos isômeros HEXACLORO, BETA, ALFA, HEPTACLORO e ENEACLORO. Destes, o Heptacloro é o que possui maior poder como agente pesticida; o isômero Beta por sua vez é dez vezes mais potente que o Alfa.

O MIREX, conhecido comumente por DODECACLORO é estável tanto em meio básico como em ácido.

TOXAFENO foi comercializado, em 1948, como HERCULES, nome da firma americana responsável pelo seu lançamento no mercado. É pouco estável, decompondo-se em meio alcalino e reagindo com ferro e aço, não podendo ser armazenado em recipientes feitos com estes materiais.

(Em anexo, apresentamos quadro 5 com as características dos defensivos agrícolas organoclorados. Fonte: Ribeiro, 1991, (3)).

- **Toxicologia dos Organoclorados**

A grande estabilidade química dos organoclorados é responsável pelo seu alto poder residual no ambiente e tem provocado, nestes últimos 20 anos, apoio em pesquisas por parte da Organização Mundial da Saúde (OMS) e da Organização para a Agricultura e Alimentação (FAO), através de suas comissões de especialistas em praguicidas. Como resultados dessas pesquisas e de outros centros especializados, hoje se sabe que os resíduos de defensivos organoclorados se acumulam mais no homem, que está no topo da cadeia alimentar e estão presentes, predominantemente, no tecido adiposo do corpo humano e nas substâncias lipídicas.

Como principais características, os Organoclorados são: muito estáveis no meio ambiente, sendo bioacumuláveis na cadeia trófica; praticamente insolúveis em água, são altamente lipossolúveis, acumulando-se nos tecidos gordurosos.

Os sinais e sintomas de toxicidade dos Organoclorados, são, para envenenamento agudo: efeitos adversos no sistema nervoso central, irritabilidade, tremor, convulsão e encefalia; para envenenamento crônico: perturbações no sistema nervoso central, perda de memória, redução do esperma e mudança de personalidade.

Uma das grandes preocupações para os Órgãos de Controle Ambiental é a constatação de que os resíduos organoclorados são transmitidos, através da placenta e do leite materno.

Apesar do uso agrícola dos defensivos organoclorados ter sido proibido, no Brasil, a partir de 1985, os resíduos dessas substâncias, usadas em larga escala e sem controle, estarão presentes, por muitos anos, contaminando o ecossistema (4).

O DDT 1,1,1-tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)etano, lipossolúvel libera ácido clorídrico em presença de substâncias alcalinas, transformando-se num produto não tóxico. Ele, também, não é absorvido pela epiderme nem apresenta efeitos tóxicos por inalação. A toxicidade aguda do DDT é estimada em 500mg/kg para o homem, sendo que, a partir de 2,8g/kg apresenta riscos para a saúde. O DDT, encontrado no comércio com os nomes de NEOCID, GERASOL, AGRITAN e GERAREX é extremamente tóxico por ingestão e mesmo por contato para os insetos. O DDE também apresenta pouca toxicidade por via oral.

O BHC apresenta toxidez por inalação e, apesar de não ser muito absorvido pela pele causa irritação local. Sua toxicidade aguda oral no homem é cerca de 400mg/kg. O LINDANE é absorvido pela pele, causando irritação também no nariz, olhos e garganta. É de 500mg/kg a dose de risco.

O manuseio do ALDRIN deve ser feito com cuidado, pois ele é altamente tóxico para o homem e animais, sendo absorvido tanto pela pele como por inalação. Sua toxidez aguda varia de 25 a 67mg/kg, dependendo da espécie animal. O DIELDRIN possui ação residual maior que a do Aldrin, sendo absorvido pela pele. A dose perigosa do Dieldrin é de 100mg/kg, enquanto que a do Endrin é de apenas 25mg/kg.

O CLORDANE é específico para as abelhas. É absorvido pela pele, causando irritação, ou por inalação. Sendo um produto químico estável, apresenta boa atividade residual no solo, mas ingerido na dose 100mg/kg pode causar a morte.

Pesquisas indicam que o HEPTACLORO é carcinogênico e que se concentra nos tecidos mamários das mulheres. É considerado de alta toxicidade aguda oral para o homem e outros mamíferos com o DL50 de 90mg/kg.

O MIREX apresenta baixa toxicidade para mamíferos, peixes e crustáceos.

O TOXAFENO é muito tóxico para os peixes. No homem ele não apresenta toxicidade por inalação, mas é absorvido pela pele. Seu fator agudo oral DL50 é de 69mg/kg, portanto bastante alta.

- **Organofosforado**

Os compostos químicos organofosforados possuem ligações Fósforo-Nitrogênio (P-N) e são fundamentais para a manutenção da vida, como, por exemplo, os ácidos nucléicos.

Na Segunda Guerra Mundial, cientistas da Inglaterra (Sunder) e da Alemanha (Schrader) procuraram sintetizar compostos venenosos/tóxicos à base do Fósforo, precursores dos pesticidas. O Paration foi descoberto, em 1944, por Schrader. Sunder sintetizou um produto tóxico para o sistema nervoso, contendo o diisopropil fosforidato.

O PARATION ETÍLICO é conhecido pelos nomes comerciais FOLIDOL, BLADAN, NIRAM e FOSFERNO. Seu nome químico oficial é 0,0-dietil,0-4-nitrofenil-fosforotioato. Sofre hidrólise básica, mas é relativamente estável em meio neutro ou ligeiramente ácido. Em altas temperaturas sofre isomerização rápida.

O PARATION METÍLICO, semelhante ao Paration Etílico, por suas propriedades, é conhecido por FOLIDOL M, METACIDO e BLADAN M.

MALATION ou CYTION, EMMATOS ou MALATOL é considerado o primeiro inseticida que apresenta alta toxicidade seletiva (GIANNOTTI, 1972).

DIAZINON, comercialmente conhecido por BASUDIM, DIAZITOL, NEOCIDOL e NUCIDOL é estável em meio alcalino por ser uma base fraca e instável em meio ácido.

DICLORVÓS ou NUVON, VAPONA e DDVP não é persistente no solo, sofrendo hidrólise lenta, em meio aquoso, e rápida, em meio alcalino.

MEVINFÓS, conhecido por PHOSDRIN, foi introduzido, comercialmente, pela Shell. Possui persistência razoável no solo, sendo estável em meio ácido e instável em meio básico. Não sofre reação química apreciável com cobre e alumínio, mas ataca o ferro, aço doce, bronze e alguns tipos de aço inoxidável.

METAMIDOFÓS ou TAMARON, introduzido em 1969, como inseticida e acaricida é um líquido amarelo viscoso, cristaliza-se a baixas temperaturas e se decompõe em meio ácido ou base. Reage com o aço doce, cobre e suas ligas.

(Em anexo, apresentamos o quadro 6 com as principais características dos defensivos Organofosforados. Fonte: Ribeiro, 1991, (3)).

- **Toxicologia dos Organofosforados**

O desenvolvimento dos Organofosforados trouxe um forte impacto para o controle químico dos insetos. Eles são efetivos contra uma larga faixa de insetos e não apresentam persistência no meio ambiente.

O risco dos Organofosforados é que alguns deles são extremamente tóxicos para os mamíferos. Os efeitos tóxicos agudos são basicamente devidos à desativação da acetilcolinesterase (AChE), localizada na sinapse do sistema nervoso.

Os Organofosforados são rapidamente absorvidos pela pele, pulmões e pelo trato gastrointestinal. Seus sintomas de envenenamento agudo são: sudorese, excesso de secreção bronquial, náuseas e vômitos, contrações musculares e dormência das extremidades. Os efeitos crônicos são, principalmente, neuropatia, mudanças psiquiátricas, necrose no músculo esquelético.

O PARATION ETÍLICO, tóxico por inalação, com toxicidade oral aguda elevada (6 a 15mg/kg) é absorvido pela pele e apresenta a dose perigosa da ordem de 50mg/kg. Não se acumula no organismo, de modo que é pouco tóxico sob o aspecto crônico.

O PARATION METÍLICO, além das propriedades tóxicas semelhantes ao Paration Etilico, transforma-se no organismo de animais superiores em Metil Paraoxon, inibidor enérgico da colinesterase.

O MALATION, possui alta seletividade toxicológica, devido aos grupos carboxiester. Reduz pouco a colinesterase. Praticamente não é cronicamente tóxico, sendo absorvido pela epiderme. Sua toxicidade oral aguda DL50 está entre 1200 e 1500mg/kg.

DIAZINON possui toxicidade relativamente baixa, sendo a dose aguda oral para ratos, DL50 entre 108 e 250mg/kg. Atua sobre insetos, por contato, ingestão e fumigação.

DICLORVÓS como o Diazinon é um inseticida de contato, ingestão e fumigação. Possui toxicidade por via oral elevada, com DL50 entre 50 e 80mg/kg para ratos. Apesar de tóxicos para as abelhas sofre hidrólise nos mamíferos, sendo pouco tóxico para eles.

MEVINFOS, muito tóxico para os mamíferos, oxida-se química e biologicamente, tornando-se forte inibidor da enzima colinesterase. DL50 oral para ratos é de 30mg/kg (Dados citados por Ribeiro, 1991, (3).

- **Carbamatos**

Segundo Khur, os Carbamatos, ésteres do ácido Carbâmico, que não é estável na forma livre, decompondo-se espontaneamente em amônia e gás carbônico têm ação equivalente à dos inseticidas forforados, inibidores da colinesterase(7).

As aplicações dos Carbamatos incluem anestésico veterinário, bactericida tópico e solubilizante para pesticidas fumegantes e cosméticos.

Ainda segundo Khur, alguns análogos do uretano são carcinogênicos, principalmente, para o pulmão.

Em geral, os Carbamatos sofrem hidrólise com certa facilidade, principalmente em temperaturas elevadas.

Dentre os Carbamatos é o Carbaril que possui maior efetividade de ação e menor toxicidade para os mamíferos, com meia vida de 10 dias em pH7 e 15 minutos a pH10(7,8).

ALDICARB, também conhecido por TEMIK, apresenta pequena persistência no meio ambiente, sofrendo hidrólise em meio alcalino e em presença de umidade. Decompõe-se em temperaturas acima de 100°C.

PROPOXUR ou ARPROCARB, BAYGON ou UNDEN, introduzido, em 1959, pela Bayer, é volátil e, também, possui pequena persistência no meio ambiente.

CARBARIL chamado também de SEVIN e DICARBAN é o 1-naftil-metilcarbamato. É instável em meio básico e estável em meio ligeiramente ácido. Com pequena persistência no meio ambiente é biodegradado por uma grande variedade de microrganismos.

MOBAM, comercializado pela Mobil como inseticida de contato e residual, degrada-se tanto em plantas como no solo.

CARBOFURAN, chamado também de FURADAN e CURATERR, com nome oficial pela IUPAC de 2,3-diidro-2,2-dimetil-benzofuranil-metilcarbamato possui um leve odor de fenol, é estável à luz, umidade e meio ligeiramente ácido. É instável em meio alcalino.

Quadro 5 - Propriedades Físico-Químicas de Pesticidas Organoclorados.

NOME COMERCIAL	CLASSE (1)	ESTADO FÍSICO (1)	ODOR (1,3)	SOLUBILIDADE MG/L (5)**	LUZ	ESTABILIDADE CALOR	UMIDADE	SOLUBILIDADE EM SOLVENTES ORGÂNICOS	CORROSIVO	PERSIST. NO MEIO AMBIENTE
Aldrin; Aldrex Hexadrin; A-200; A-250	Inseticida fitossanitário	Sólido	Resina de pinho	0,01	Estável em C.N.A.	Estável temp. amb.	Estável	Etanol 7% Benzeno 67%	Sim. Forma HC2. Qdo armazenado.	Longa
BHC Gammexame	Inseticida fitossanitário persistente	Sólido	Acentuado de mofo	7,0	Estável	Estável	Estável	Acetona; Benzeno	Não	Longa
Clordane; Octa-cloro; Vesicol; Produto 1068	Inseticida	Líquido xaroposo	Resina de cedro	Insolúvel	Estável	Estável	-	Solventes Orgânicos	-	-
Neocid; Gerasol; Gerasex; DDT; Agritan	Inseticida fitossanitário	Sólido cristalino	Característico	0,0012	-	Estável	Estável	Benzol; Cloroformio, Cicloxexana, Querosene	Corrosivo ao F A1	Longa
DDD - TDE	Inseticida	Sólido amorfo	Característico	Insolúvel	-	-	Estável	Semelhante ao DDT	Idem DDT	Longa
Dieldrin	Inseticida	Sólido	Quase sem cheiro	0,10	Estável	-	-	Solventes Orgânicos	-	Longa
Endrin	Inseticida fitossanitário	Sólido	Suave de prod. quim.	0,23	Estável em C.N.A.	Estável temp. amb.	Estável	Benzeno; Acetona (moderada)	Não	Longa
Heptacloro; Vesicol - 104	Inseticida fitossanitário	Sólido	Similar a cânfora	0,056	Estável	Estável	Estável	Etano 162,5g/l Xileno 1,41kg/l	Não	Longa
Lindane; Gama BHC; Gama HCH	Inseticida fito e zoossanitário	Sólido	Quase sem cheiro	7,0	Estável	Estável	Estável	Acetona, Benzeno etc.	Não	Média
Metoxicloro	Inseticida	Sólido	Cheiro de plantas	0,10	Estável	Estável	-	Solventes aromáticos	-	-
Mirex-Dodeca Cloro	Inseticida e formicida	Sólido	Inodoro	Pouco solúvel	Estável	Estável	Estável	Xilol; Benzeno; Tetracloreto de Carbono etc.	Não	Curta
Toxafeno	Inseticida	Sólido	Pinho	0,40	Estável	Estável	-	Benzeno; Querosene; Tetracloreto de Carbono	Não	-

Fonte: Maria Auxiliadora Machado Ribeiro - UnB, 1991.

(-) dados não disponíveis C.N.A. - Condições Normais de Armazenamento (1) Ref. 7 (2) Ref. 5 (3) Ref. 3 (4) Ref. 7 \*\* Solubilidade em água

- **Toxicologia dos Carbamatos**

De modo similar aos organofosforados, os Carbamatos atuam na desativação da acetilcolinesterase.

Sintomas de envenenamento agudo por Carbamato são: náuseas, vômitos, sudorese, visão turva, salivação excessiva, fraqueza muscular e convulsões. Os efeitos crônicos são equivalentes aos causados pelos Organofosforados, citados anteriormente.

O ALDICARB é metabolizado pelos animais e plantas, sendo tóxico não só por via oral como também pela absorção, através da pele e por inalação dos vapores. Sua toxicidade aguda oral é muito elevada, sendo de apenas 0,9mg/kg seu DL50 em ratos.

PROPOXUR possui baixa toxicidade por via oral, não sendo tóxico por inalação.

CARBARIL age por contato e inalação, sendo de baixa toxicidade: 540mg/kg sua dose média aguda oral. Inibe a colinesterase do sangue e não se acumula no organismo. Ele tem sido associado a efeitos teratogênicos.

MOBAM é de baixa toxicidade para os mamíferos (DL50 oral aguda, acima de 234mg/kg).

CARBOFURAN é altamente tóxico, apresentando DL50 oral para ratos de 8 a 14mg/kg. (Em anexo, quadro 7 com as características dos Carbamatos).

- **Alguns Defensivos Agrícolas mais Utilizados**

Os sistemas aquáticos são os mais diretamente afetados pelo uso de defensivos agrícolas.

A influência do clima é também significativa na contaminação dos sistemas aquáticos, principalmente pela maior ou menor precipitação pluviométrica, uma vez que a chuva afeta o carreamento dos pesticidas da atmosfera para os corpos d'água e depósito na mata ciliar.

Os sedimentos se transformam em depósitos ricos em pesticidas, frutos de processos biogeoquímicos e de prévia incorporação no material suspenso particulado.

No Estado do Pará, apesar de não haver grandes plantações, salvo palmeira (Dendê e Sococo), os produtos mais vendidos nas casas Agropecuárias, conforme dados fornecidos pelo Departamento do Meio Ambiente, da Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente são: Endosulfan, Malatol, Malathion, Endrin, Gramaxone, Klerat, Dipterex, Dursban 2E e 4E.

Na preservação da Madeira são geralmente usados os produtos:

Pentaclorofenato de Sódio (Isolin, Albapin, Permattox, Mendane) e Aldrin (TBP 40, PKR 90, PKR 85 e TBP 90).

No Mato Grosso do Sul, os defensivos agrícolas mais utilizados nas principais culturas, soja, trigo, arroz e milho são: Trifluaralina, Azodrin, Laço, Dithane, Manzate (Mancozeb), Nuvacron, Folidol, Herbiflan, Dual, Tordon, Thiodan, 2,4-D, Mirex, Furadan e Tamaron.

No Distrito Federal foram encontrados resíduos de inseticidas Organoclorados (Lindane, Dieldrin e DDT) em peixes do Lago Paranoá de Brasília(13) e na Bacia de São Bartolomeu(3).

Em Rondônia, o principal herbicida utilizado é o Tordon, que contamina os peixes.

Os valores limites (em ug/L) estipulados pela Resolução CONAMA nº 20, para agrotóxicos nos corpos d'água de classes 1 e 2 são os seguintes:

Quadro 6 - Propriedades Físico-Químicas de Pesticidas Organofosforados.

NOME COMERCIAL	CLASSE (1)	ESTADO FÍSICO (1)	ODOR (1,3)	SOLUBILIDADE MG/L (5)**	LUZ	ESTABILIDADE CALOR	UMIDADE	SOLUBILIDADE EM SOLVENTES ORGÂNICOS	CORROSIVO	PERSIST.NO MEIO AMBIENTE
Paration Etilico	Inseticida acaricida	Líquido	Característico	24,0	Estável	Isomerização	Estável	Acetona e Metanol	Não	Curta
Paration Metílico	Inseticida fitossanitário acaricida	Líquido	Característico	55 a 60	Estável	Isomerização	Instável	Acetona e Metanol	Não	Curta
Malation Carbofos Malatol	Inseticida fitossanitário acaricida	Líquido	Característico	145,00	Instável	Estável	Instável	Acetona e Clorofórmio	Fe, Pb, Cu Aço, Folha de Flandres	Curta
Diazinon Bazudin Neozidol Nucidol	Inseticida acaricida fito e zóossanitário	Líquido	Característico	40,00	Estável	Decompõe	Estável	Acetona e Etanol	Não	Curta
Diclorvos Nuvon DDVP	Inseticida fito e zóossanitário	Líquido	Característico	10(4)***	Estável	Estável	Estável	Acetona e Clorofórmio	Fe e Ag	Curta
Mevinfos Phosdrin	Inseticida acaricida	Líquido	Suave	Solúvel	Estável	Decompõe	Estável	Aceton e Etanol	Fe, Aço Doce, Cu	Média
Metamidofos Tamaron	Inseticida acaricida	Líquido	Característico	> 2x 10(6)***	Estável	Estável	Estável	Clorofórmio e Benzeno	Aço Doce, Cu e Liga	Curta

Fonte: Maria Auxiliadora Machado Ribeiro - UnB, 1991.

(-) dados não disponíveis C.N.A. - Condições Normais de Armazenamento \*\*\* Solubilidade em água \*\*\*\* Potência (1) Ref. 7 (2) Ref. 5 (3) Ref. 3 (4) Ref. 7

Aldrin: 0,01  
Clordano: 0,04  
DDT: 0,002  
Dieldrin: 0,005  
Endrin: 0,004  
Endossulfan: 0,056  
Epóxido de Heptacloro: 0,01  
Heptacloro: 0,01  
Lindane (gama BHC): 0,02  
Metoxicloro: 0,03  
Dodecacloro + Nonacloro: 0,001  
3Bifenilas Policloradas -  
PCBs: 0,001  
Toxafeno: 0,01  
Demeton: 0,1  
Gution: 0,005  
Malation: 0,1  
Paration: 0,04  
Carbaril: 0,02

Organofosforados e Carbamatos totais: 10,0 em Paration  
2,4-D: 4,0  
2,4,5-TP: 10,0  
2,4,5-T: 2,0

• **CONCLUSÕES:**

- 1 - Considerando-se a multiplicidade dos defensivos agrícolas que são utilizados como praguicidas, inseticidas, fungicidas e outros, de acordo com as necessidades e usos, recomendamos que sejam identificados, para cada região, os que são mais extensivamente utilizados.
- 2 - Procurar caracterizar nos biomas estudados, principalmente no Cerrado, as principais culturas (soja, trigo, arroz, milho) com as respectivas áreas ocupadas por cada uma e os defensivos agrícolas predominantemente empregados.
- 3 - Identificar, em cada Estado, as bacias hidrográficas mais atingidas pela utilização extensiva dos defensivos agrícolas.
- 4 - Elaborar um programa de monitoramento dos principais corpos d'água receptores dos rejeitos da agricultura, quanto aos resíduos de defensivos agrícolas identificados como mais utilizados na região, nos compartimentos bióticos e abióticos e populações críticas.
- 5 - Apoiar pesquisas em mutagênese com resíduos de defensivos agrícolas, a fim de avaliar as potencialidades de mutagenicidade e estudos de toxicidade em diferentes organismos com fungicidas, herbicidas e inseticidas comercializados no Brasil.

Quadro 7 - Propriedades Físico-Químicas de Carbomatos.

NOME COMERCIAL	CLASSE (1)	ESTADO FÍSICO (1)	ODOR (1;3)	SOLUBILIDADE MG/L (5)**	LUZ	ESTABILIDADE CALOR	UMIDADE	SOLUBILIDADE EM SOLVENTES ORGÂNICOS	CORROSIVO	PERSIST. NO MEIO AMBIENTE
Aldicarb Temik	Inseticida acaricida	Sólido	Marcapitanas	6 x 10 <sup>3</sup>	Estável	Decompõe	Hidrolisa	Solúvel na maioria	Não	Curta
Propoxur Baygon Aprocarb	Inseticida fito e zóossanitário	Pó cristalino branco	Característico	2 x 10 <sup>3</sup>	-	-	-	Solúvel na maioria	-	Curta
Carbaril Sevin Dicarban	Inseticida fito e zóossanitário	Sólido	Característico	120	Estável	Estável	Estável	Acetona, álcool e xileno	Não Aço, Folha de Flandres	Curta
Mobam Basudin Neosidol Nicudol	Inseticida fito e zóossanitário	Sólido branco	Característico	2 x 10 <sup>3</sup>	Estável	-	-	Acetona, Metanol e Etanol	-	-
Carbofuran Furadan DDPV	Inseticida nematocida sanitário	Sólido	Leve de Fenol	700	Estável	Decompõe	Estável	Etanol e Éter	Não	Curta

Fonte: Maria Auxiliadora Machado Ribeiro - UnB, 1991.

(-) dados não disponíveis C.N.A. - Condições Normais de Armazenamento \*\* Solubilidade em água (1) Ref. 7 (2) Ref. 5 (3) Ref. 3 (4) Ref. 7

Propomos, em caráter preliminar, as seguintes ações:

- a. Levantamento, nos três biomas, das principais áreas em que predomina a agricultura extensiva de soja, arroz, milho, etc. e atividades hortigranjeiras.
- b. Identificar os tipos de agrotóxicos mais utilizados nestas regiões.
- c. Identificar as bacias hidrográficas mais afetadas pelo uso de defensivos agrotóxicos.
- d. Incorporar os resultados obtidos pelos consultores do termo de referência 24, identificando a capacitação analítica de laboratórios, situados nos três biomas estudados, para determinação de resíduos de pesticidas.
- e. Apoiar a melhoria das condições analíticas dos laboratórios existentes e programar a montagem de outros, especializados, na Amazônia, Pantanal e Cerrado.
- f. Dar condições para treinamento de técnicos em laboratórios capacitados.
- g. Apresentar resultados da situação de contaminação atual por defensivos agrícolas nas bacias hidrográficas da região e em pessoas envolvidas com atividade agrícola.
- h. A partir dos dados obtidos, propor medidas práticas de aconselhamento dos defensivos agrícolas mais adequados para cada atividade agrícola, das proporções mais corretas a serem utilizadas e, ao mesmo tempo, implementar medidas de controle dos efluentes agrícolas para preservar o meio ambiente.

#### **4 REJEITOS INDUSTRIAIS**

Embora esta terceira forma de contaminação não seja predominante nos biomas estudados e, portanto não mereça, em caráter prioritário, medidas de emergência por parte dos órgãos ambientais, federais e estaduais, como no caso do Mercúrio e dos Defensivos Agrícolas, precisa também ter uma programação de medidas de diagnóstico e controle.

Numa tentativa de equacionar o tratamento do problema dos rejeitos industriais tóxicos propomos o seu agrupamento em três tipos:

- rejeitos líquidos contendo metais pesados;
- rejeitos líquidos contendo material orgânico;
- rejeitos gasosos e material particulados.

Para os riscos de contaminação por fontes gasosas lançadas na atmosfera é muito importante, numa primeira abordagem, considerar a localização das indústrias poluentes com respeito às áreas urbanas e o sentido predominante dos ventos. A preocupação, a curto prazo, deverá ser direcionada para os riscos de contaminação de um grande número de pessoas. O controle desta contaminação pelos gases tóxicos lançados pelas chaminés poderia, portanto, ser iniciado com a exigência de análise dos gases e material particulado provenientes das indústrias localizadas nos principais centros urbanos ou relativamente próximos. A

exigência de filtros nas chaminés deve ser prioritária. Numa segunda fase, deveriam ser estudados os danos potenciais para o solo, a fauna e flora e, evidentemente, para a qualidade do ar, mesmo em áreas mais afastadas dos centros urbanos.

Quanto aos rejeitos líquidos, contendo produtos tóxicos, orgânicos ou metais pesados, a preocupação com os danos potenciais ou medidas de controle/reversão devem ser uma só, independente da localização das fontes poluentes com relação aos centros urbanos, uma vez que o destino dos rejeitos são sempre os corpos d'água.

A primeira contribuição, fundamental, a ser prestada pelos órgãos estaduais do meio ambiente deve ser a listagem das principais indústrias localizadas em seus respectivos Estados, a sua localização com relação aos centros urbanos e bacias hidrográficas e, finalmente, os tipos de rejeitos, tratados ou não, lançados no meio ambiente.

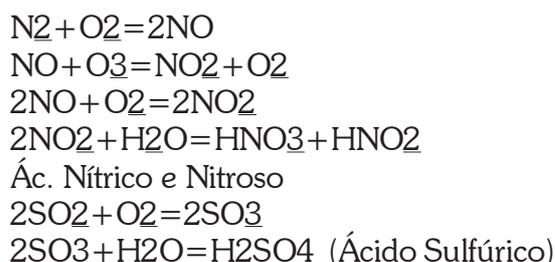
De posse, principalmente do tipo de indústria, capacidade de produção e de sua localização, os consultores poderão montar um quadro bastante confiável dos respectivos rejeitos tóxicos e os danos potenciais que se podem prever para a região.

#### 4.1 Fatores e Danos Potenciais de Rejeitos Industriais:

- **Gases e Material Particulado**

De maneira geral, os poluentes atmosféricos mais importantes, devido às atividades antrópicas são os óxidos voláteis de NITROGÊNIO (principalmente, o Monóxido de Nitrogênio-NO e Dióxido de Nitrogênio-NO<sub>2</sub>), de ENXÓFRE (principalmente, o Dióxido de Enxofre-SO<sub>2</sub>), de CARBONO (principalmente, o Monóxido de Carbono-CO), o MATERIAL PARTICULADO e os METAIS PESADOS. Numa escala maior, controlada por normas e acordos internacionais devem ser citados também: os Cloro-Flúor-Carbonos (CFCs) gerados em maior escala pelos vários tipos de sprays, os produtos radiativos devido aos testes com armas nucleares e usinas atômicas, os produtos de erupções vulcânicas e o excesso de gás carbônico produzido nas queimadas.

As principais reações químicas que participam os NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub> são:



As principais fontes poluidoras são os gases de escapamento de veículos (60%), os rejeitos voláteis das indústrias (20%), resíduos gasosos de usinas termoelétricas, localizadas principalmente na Europa (12%) e resíduos de aquecimentos urbanos em regiões frias (8%).

Os dois principais efeitos danosos devido aos gases atmosféricos são a CHUVA ÁCIDA e os OXIDANTES FOTOQUÍMICOS.

A chuva ácida, de conseqüências sérias para o homem e o ecossistema em geral, é provocada pela produção de ácidos, principalmente o Nítrico, Carbônico e o Sulfúrico. O ácido Sulfúrico, conhecido pelas suas propriedades altamente tóxicas e corrosivas, é formado pela reação química entre o Dióxido de Enxofre, eliminado nas chaminés das indústrias, que queimam óleo ou carvão e as partículas de água existentes na atmosfera.

Os oxidantes fotoquímicos, (NITRATO PEROXIACETÍLICO - PAN e o OZÔNIO - O<sub>3</sub>), também conhecidos por smog fotoquímico são formados, através da reação química entre os Óxidos de Nitrogênio e Hidrocarbonetos sob a ação da radiação ultravioleta. Os oxidantes fotoquímicos provocam um aumento na respiração das folhas com esgotamento do alimento armazenado.

Em pesquisa, realizada em 1992, nos laboratórios de Química Analítica Ambiental e de Geoquímica da Universidade de Brasília, com apoio da empresa de engenharia Ramos Sicsu, foram analisados os gases e material particulado de 13 indústrias de asfalto do Distrito Federal, sendo obtidos valores elevados para material particulado e SO<sub>2</sub>, com valores aceitos pela legislação para CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> e SO<sub>3</sub>.

Sob a responsabilidade do químico Geraldo Boaventura foram analisados os níveis de metais pesados em material particulado de sete destas usinas de asfalto, tendo sido detectados os seguintes metais: Cálcio, Magnésio, Ferro, Alumínio, Vanádio, Titânio, Níquel, Cobre, Cádmio, Chumbo, Zinco, Cromo, Manganês, Estrôncio, Cobalto e Ítrio. Detalhes sobre a toxicidade de metais pesados são dado mais adiante.

- **Substâncias Orgânicas**

Os efluentes com carga orgânica lançados nos corpos d'água são geralmente solventes ou subprodutos químicos de pólos petroquímicos ou de fábricas isoladas de compostos orgânicos, ou o vinhoto das destilarias de álcool ou finalmente oriundos de esgotos domésticos.

O principal efeito negativo provocado pela carga orgânica lançada na água é a redução do OXIGÊNIO dissolvido. Se a concentração de oxigênio é reduzida em níveis significativamente baixos, pelo desenvolvimento de substâncias heterotróficas, como as algas, favorecido pela matéria orgânica abundante, as conseqüências são imediatas para a fauna e flora aquáticas. Em casos extremos pode ocorrer uma situação anaeróbica provocando a mortandade dos peixes.

O fator de sensibilidade para se avaliar o nível de contaminação da água por matéria orgânica é o "OD" que mede o Oxigênio Dissolvido na água, que é da ordem de 7 miligramas por litro, em ambientes naturais.

Dois outros fatores de sensibilidade que podem também ser indicados são o "DBO" e o "DQO, respectivamente Demanda Bioquímica e Demanda Química de Oxigênio. O nível natural do DBO é de 2 miligramas por litro.

A Resolução CONAMA nº 20, determina, para as águas da classe 2, os valores máximos de 5 mg/l para DBO e que o OD seja igual ou superior a esta mesma concentração.

A decisão a ser tomada é a proibição, se necessário apoiada com pesadas multas, do lançamento de esgotos e rejeitos industriais, "in natura", nos corpos d'água, principalmente em lagos onde a reoxigenação da água é mais lenta.

Deve-se pedir a valiosa contribuição dos técnicos em meio ambiente dos Estados localizados nos três biomas, no sentido de fornecer dados relativos às fontes poluidoras das bacias hidrográficas, quanto a efluentes ricos em matéria orgânica, sem prévio tratamento.

- **Metais Pesados:**

Os metais pesados se encontram dissolvidos na água, geralmente sob a forma iônica e complexados, principalmente pelos ácidos fúlvicos e húmicos quando há muita matéria orgânica. Normalmente, os metais se concentram no sedimento, sob a forma metálica ou iônica, podendo alguns deles ser então organificados, como o Mercúrio, discutido anteriormente.

Seus efeitos são danosos, não só à fauna e flora, como também ao homem, através da ingestão direta da água ou através da cadeia alimentar pela ingestão principalmente de peixes contaminados.

Alguns metais são considerados essenciais e outros não essenciais. A deficiência de um elemento essencial, como sódio, potássio, magnésio, cálcio, zinco, ferro, cobre, níquel, estanho e vanádio, entre outros, provoca sintomas clínicos perceptíveis no organismo humano. O cobre, zinco, ferro e cobalto participam nos processos de compostos enzimáticos, fazendo parte do sistema doador de elétrons no organismo. No entanto, até os elementos metálicos essenciais desempenham atividades tóxicas quando sua incorporação no organismo é excessiva.

Os elementos não essenciais, como mercúrio, cádmio, chumbo e arsênio, não são necessários às funções biológicas e podem apresentar efeitos tóxicos, mesmo em baixas concentrações.

Dentre os metais pesados, os mais estudados são o cádmio, chumbo, zinco, cobre e mercúrio por serem mais facilmente incorporados ao ecossistema, devido aos efluentes industriais e garimpo.

### **Características e Toxicologia dos Metais:**

#### **CHUMBO:**

Maleável, pouco reativo ao ácido clorídrico, forma complexos estáveis com os íons sulfidril, carboxílicos e amina, nos sítios de coordenação característicos dos seres vivos.

Seus principais empregos são em baterias eletroquímicas e como aditivo antidetonante da gasolina (no Brasil, substituído pelo álcool), na indústria química e automobilística, em material de construção (hoje, substituído por plástico), em ligas metálicas, soldas e tratamento de fios metálicos, em louças de barro imprópriamente vidradas e em tintas.

O Chumbo, de origem profissional ou alimentar é absorvido particularmente pelos pulmões e trato gastro-intestinal, distribui-se por todos os tecidos, em especial o tecido ósseo, onde pode permanecer até 30 anos. Nos tecidos moles e no sangue fica de quatro a seis semanas.

A contaminação crônica por Chumbo, conhecida por Saturnismo, causa cólicas, náuseas, dores abdominais, fadiga, redução da síntese da hemoglobina, disfunção visual, anemia e encefalopatia.

A dose máxima de chumbo tolerada para um adulto é de 430 miligramas por dia, enquanto que para as crianças é de 150 miligramas/dia, uma vez que elas possuem maior poder de assimilação.

#### **CÁDMIO:**

O Cádmio, metal branco que se funde facilmente, se volatiliza a 500°C, é insolúvel em água e solúvel em ácidos minerais. Este metal é encontrado na natureza somente em sua forma inorgânica, uma vez que é instável em compostos orgânicos. É encontrado somente em baixas concentrações em águas naturais, ficando, predominantemente, no material particulado em suspensão e no sedimento.

O Cádmio é utilizado em ligas para cobertura de extintores automáticos e tampas de segurança de caldeiras, por apresentar ponto de fusão muito baixo.

É usado também nas baterias recarregáveis de Ni-Cd, como eletrodos dos acumuladores alcalinos, na fabricação de lâmpadas fluorescentes, em reatores nucleares, indústrias de automóveis e aviões, em cerâmica e fotografia.

Ausente do organismo humano no momento do nascimento, o Cádmio vai se acumulando até atingir o nível máximo de 20 a 30 mg, quando a pessoa atinge a idade de 50 anos. A concentração maior do Cádmio fica nos rins e no fígado, sendo muito pouco eliminado. O tempo de residência é estimado entre dezesseis e trinta anos.

A intoxicação por Cádmio provoca lesão pulmonar e renal. Em experiências com animais foi constatado que a absorção de Cádmio pode causar hipertensão e atrofia testicular. Há suspeitas também de maior ocorrência de câncer na próstata em pessoas expostas ocupacionalmente ao Cádmio. A ingestão máxima tolerada pelo organismo humano é de 72 microgramas de Cádmio por dia.

### **COBRE:**

O Cobre é essencial ao organismo, atuando na síntese da hemoglobina e de enzimas oxidantes.

Embora uma prolongada e importante exposição a este metal não resulte geralmente em problemas de saúde crônicos, observa-se uma incidência maior de câncer pulmonar em pessoas com excessiva e prolongada exposição ao Cobre. No entanto, por falta de correlação significativa em experimentos com animais, este metal não foi definitivamente classificado como carcinogênico. A ingestão máxima tolerada é de 500 microgramas por dia por quilo corpóreo.

### **ZINCO:**

O Zinco possui propriedades terapêuticas e está presente nas metaloenzimas.

Muito abundante no organismo humano, principalmente nos músculos, fígado, rins, pâncreas e no sistema reprodutivo masculino, o ZINCO possui uma faixa de tolerância grande. Há, no entanto, registros de intoxicação pelo consumo de alimentos ou bebidas contaminadas por este metal.

Não existem referências bibliográficas sobre contaminação crônica por inalação de compostos de Zinco.

A ingestão máxima tolerada do metal é de 22mg/dia.

## **4.2 Conclusões:**

Devido à expansão industrial mundial, a preocupação com os níveis de contaminação do ecossistema pelos metais pesados tóxicos, tem aumentado cada vez mais, despertando a atenção de médicos, químicos, biólogos, sanitaristas e ambientalistas em geral.

Esta preocupação é pelo fato dos metais se incorporarem na cadeia trófica, acumulando-se no homem em órgãos diversos, como fígado, rins e no sistema nervoso central provocando doenças e, em casos extremos, até a morte.

A ausência ou ineficácia de medidas de controle de metais em rejeitos industriais e efluentes domésticos é hoje responsável pelos altos níveis de contaminação dos sistemas aquáticos, principalmente próximo aos centros mais populosos do Brasil.

É necessário que os órgãos ambientais, após identificar as principais fontes poluidoras em seus estados, tomem as providências necessárias para evitar que os rejeitos continuem sendo lançados "in natura" nos corpos d'água, principalmente aqueles que comprovadamente se bioacumulam no organismo e são difíceis de serem eliminados.

Esta observação é importante porque, dependendo da toxicidade do metal, a sua presença na biota, mesmo em concentrações baixas causam riscos sérios para a saúde humana, quando magnificados, através da cadeia biológica.

Os níveis de metais em peixes são geralmente os melhores indicadores do estado de contaminação do ecossistema aquático.

## 5 BIBLIOGRAFIA

- Anais do Seminário Brasil-Canadá de Mineração e Meio Ambiente, Brasília, DNPM, 1991.
- ISMASON, R.L; JENSEN, K.- The Vulnerable Brain and Environmental Risks, Plenum Press, New York and London, v. 1 and 2, 1992.
- JARDIM, W.E, Contaminação por Mercúrio: Fatos e Fantasia, Ciência Hoje, 7-4, 78 (1988).
- CROSBY, N. T., The Analyst 102, 225 (1977).
- FAO/WHO -Food Additives Series, 4 (1972).
- BOECKS, R. L., Anal. Chem. 58, 274 A (1986).
- UNDERWOOD, E. J., Trace Elements in Human and Animal Nutrition, Academic Press Inc., New York (1971).
- CASARET, L. J.; DOULL'S, J. D., Toxicology -The Basic Science of Poisons, MacMillan Publ. Co., New York (1986).
- PFEIFFER, W. C.; LACERDA, L.D., Environ. Technol. Lett. 9,325 (1980). FENECH, M.; MORLEY, A. A., Mut. Res. 147,29 (1988).
- SAKAMOTO-HOJO, E. T.; TAKAHASHI, C. S.; FERRARI, I.; Motidome M., Mut. Res. 199, 11 (1988).
- GONÇALVES, A.; FERRARI, I. et alii; Rev. Bras. Saúde Ocup.39(10), 32 (1982).
- ALMEIDA-MELO, N.; FERRARI, I.; FIORILLO, A. M., Rev.Bras. Genet. V(3), 587 (1982).
- EAST, G, BARBOSA, A.C. e ORNELAS, R.B.; "Método modificado para determinação de Mercúrio por Espectrometria de Absorção Atômica", Resumos 13a Reunião da SBQ, Caxambu, MG, QA-24 (1990).
- CHAT, A; KATZ, S.A.; Hair Analysis -Applications in the Biomedical and Environmental Sciences, VCH Publishers, Inc., New York and Weinheim, 1988.
- PASQUINI, C., JARDIM, W.E & FARIA, L.C.; "Adaptation of a cold vapour mercury analyser to FIA", J.Autom. Chem., 10, 188 (1988).
- Natural Resources and Development, Vol.35, Institute for Scientific Cooperation, Tubingen, 1992.
- Riscos e Conseqüências do Uso do Mercúrio, Seminário Nacional, 12-15/09/1989, Brasília; Hacon, S. et alii.
- VIEIRA, L.M., Avaliação dos níveis de Mercúrio na cadeia trófica como indicador de sua biomagnificação em ambientes aquáticos do Brasil, Tese de Doutorado, U.E de São Carlos - PG ERN, 1991.
- CHANG, L.W.; Neurotoxic effects of mercury-a review Environ. Res. 14,329-373, 1977.
- MALLAS, j.; BENEDICTO, N; Mercury and golding in the Brazilian Amazon, Ambio, 15-4,248- 249 (1986).
- MAIM, O.; PFEIFFER, W.C.; SOUZA, M.M.; Mercury pollution due to gold mining in the Madeira river basin, Amazon/Brazil, Ambio, 19, 11-15 (1990).

- PFEIFFER, W.C.; LACERDA, L.D. de MAIM, O., SOUZA, M.M., SILVEIRA, E.G. da BASTOS, W.R.; Mercury concentrations in inland waters of goldmining areas in Rondonia, Brazil, *The Sc.of the Tot.Environ.* 87/88, 233-240 (1989).
- PFEIFFER, W.C., MAIM, O., SOUZA, C.M.M.; A ameaça do mercúrio nos garimpos, *Ciência Hoje*, 11-6, 10-12 (1990).
- MARTINEW, L.A.; FERREIRA, J.R.; FORSBURG, B.R.; VICTORIA, R.L.; Mercury contamination in the Amazon: a gold rush consequence, *Ambio*, 17-4, 252-254 (1988).
- MOOTTET, N.K; SHAW, C.M.; BURBACHER, T.M.; Health risks from increases in methylmercury exposure, *Environ. Health Persp.*, 64, 133-140 (1985).
- NISHIMURA, H.; KUMAGAI, M; Mercury pollution of fishes in Minamata bay and surrounding water: Analysis of pathway of mercury, *Water Air and Soil Pollut.*, 20,401-411 (1983).
- PORTELA, I; Repercussões ambientais em garimpo estável de ouro: um estudo de caso, CETEM/ CNPq, 1991.
- RUDD, J.W.M., FURUTANTI, A., TURNER, M.A.; Mercury methylation by fish intestinal contents. *Applied and Environm.Microbiology*, 40-4,777-782 (1980).
- SILVA, C.C.A. do, TOMMASI, L.R., BOLDRINI, C. V. et alii; Níveis de mercúrio na Baixada Santista. *Ciência e Cultura*, 35-6,771-773 (1983).
- BOISCHIO, A.A., BARBOSA, A.; Exposição ao Mercúrio Orgânico em Populações Ribeirinhas do Alto Madeira, Rondônia, 1991: Resultados Preliminares. *Cad. Saúde Pub.*, 9(2),1-6 (1993).
- SUZUKI, T.; IMURA, N.; CLARKSON, T. W.; *Advances in Mercury*; Plenum Press, NY and London, 1991.
- BATISTA, G.C. de; Curso de Defensivos Agrícolas, Inseticidas e Acaricidas, mod. 4, Brasília, NECIABEAS, 1988. ‘
- MACHADO-NETO, J.G., *Ecotoxicologia de Agrotóxico*, FCAV/UNESP; 1991
- RIBEIRO, M.A. Machado, *Influência do uso de Agrotóxico na Qualidade da Água do Rio São Bartolomeu*, Brasília-DF; *Dissertação de Mestrado, Química-UnB*, 1991.
- MATSUMURA, E et alii; *Environmental Toxicology of Pesticides*. N.Y. Academic Press, 1972.
- GIANNOTTI, O., ORLANDO, A.; *Noções Básicas sobre Praguicidas -Generalidades e Recomendações de Uso na Agricultura do Estado de São Paulo*, *O Biólogo*, 38,237, 1972.
- DUKE, T.W.; *Pesticides in Aquatic Environments; An Overview*, in *Pesticides in Aquatic Environments*, Plenum Press, N.Y, 1977.
- KHUR, R.J., DOROUGH, H.W.; *Carbamate Insecticides Chemistry, Biochemistry and Toxicology*, CRC Press, Boca Raton, 1977.
- MARICONI, EA.M.; *Inseticidas e seu Emprego no Combate às Pragas*, Livraria Nobel S.A., São Paulo, 1976.
- DREISBACH, R.H. and ROBERTSON, W.O.; *Handbook of Poisoning*, Prentice -Hall International, Inc., USA 12RD ED., 1987.

- CASARETT, L.J. and DOULL, J., Toxicology: The Basic Science of Poisons, Mcmillan Publishing Company, N.Y 3rd ed, 1986.
- OLSON, KR.; Poisoning & Drug Overdose, Appleton & Lange, Calif6mia, 1990.
- WILLIAMS, P:L. and BURSON, J.L.; Industrial Toxicology: Safety and Health Application in Wordplace, Van Nostrand Reinhold Company, N.Y., 1985.
- DIANESE et alii; Resíduos de Inseticidas Clorados. no Lago Paranoá de Brasília, O Bi6logo, 42(7 e 8),151,1976.
- FAO/WHO, Evaluation of Mercury, Lead, Cadmium and The Food Additives Amaranth, etc.; World Health Organization and Food Additives Series, n.4, 1972.
- UNDERWOOD, E.J.; Trace elements in human and animal nutrition, Academic Press, Inc. NY, 3rd edito 1971.
- CASARETT, L.J. and DOULL.: S, J.D.; Toxicology -The basic Science of Poisons, MacMillan Publishing Co, Inc. NY; 3rd ed. 1986.
- WHO: Trace elements in Human Nutrition, World Health Organization and Technical Report Series, n.505,1972.
- SOUZA, J.R. de; Tese de Mestrado: Efeito do Oz6nio na determina76o de Metais tra7os por ASV em 6guas poluídas, Una, 1989.
- ORNELAS, R.B.; Tese de Mestrado: Determina76o de Metais Pesados T6xicos em 6guas, sedimentos e peixes do Lago Paranoá, DF; Una, 1990.
- IMBROISI, D.; Tese de Mestrado: Determina76o de Metais em 6lcool e Cana-de-A7úcar, por Voltametria de Redissolu76o An6dica, Una, 1986.
- BARBOSA, A.C. EAST, G.P e ORNELAS R.B., Determina76o de metais em 6guas e sedimento do Lago Paranoá, DF; SBQ, 13ª reuni6o anual, QA-80, 1990.
- BARBOSA, A.C. e COMBES, R.; Piromineraliza76o de amostras com sais fundidos para determina76o polarogr6fica de metais tra7os, Química Nova, 8 (4), 281, 1984.

## **2.4 INTENSIDADE DE DANOS POTENCIAIS CAUSADOS POR USOS ANTRÓPICOS**

---

---

Antônio Carneiro Barbosa

## SUMÁRIO

### **2.5 INTENSIDADE DE DANOS POTENCIAIS CAUSADOS POR USOS ANTRÓPICOS**

#### 2.5.1 DANOS POTENCIAIS AO CLIMA/AR

- 1 Fontes de Poluição
  - 2 Escalas do Problema da Poluição do AR
  - 3 Efeitos dos Poluentes Atmosféricos sobre os Seres Humanos
  - 4 Efeitos dos Poluentes Atmosféricos sobre a Vegetação e sobre Animais
  - 5 Efeitos Poluentes Atmosféricos sobre os Materiais e sobre o Patrimônio Cultural
  - 6 Intensidade de Danos Potenciais para Diversos Usos Antrópicos
  - 7 Referências Bibliográficas
- 3.1 Introdução
  - 3.2 Principais Defensivos Agrícolas
  - 3.3 Conclusões

#### 2.5.2 DANOS POTENCIAIS ÀS À ÁGUAS SUPERFÍCIAIS

#### 2.5.3 DANOS POTENCIAIS AOS SOLOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

## 2.5 INTENSIDADE DE DANOS POTENCIAIS CAUSADOS POR USOS ANTRÓPICOS

### 2.5.1 DANOS POTENCIAIS AO CLIMA/AR

Márcio Villas Boas<sup>27</sup>

O critério para a determinação dos danos potenciais refere-se aos efeitos que a concentração de gases e partículas e a presença de energia exercem sobre a saúde, conforto e bem-estar do homem, sobre a fauna e a flora e sobre o patrimônio cultural da sociedade.

Esse critério subentende o conceito de que esses efeitos são resultados da ação simultânea de diversos componentes da atmosfera, incluindo tanto os naturais como aqueles resultantes das atividades antrópicas.

Assim, por exemplo, os componentes de matéria e energia existentes no ambiente atmosférico das cidades são resultados de uma série de emissões que passam por reações químicas complexas e que afetam e são percebidas pelo organismo humano de uma forma integrada, não sendo possível a distinção de cada componente individualmente.

Estudos de biometeorologia humana mostram também que esta avaliação integrada se dá em relação aos mecanismos homeostáticos de percepção térmica, acústica e luminosa, determinando as condições de conforto e bem-estar das pessoas.

A complexidade desses efeitos tem levado os estudos e investigações nesse campo de conhecimento a se concentrarem em apenas um, ou na combinação de apenas alguns dos componentes da atmosfera, muitas vezes, através de estudos de laboratórios, que nem de longe reproduzem as reações químicas que ali ocorrem.

Deve-se destacar, também, que a interação dos fatores naturais pode levar para os solos e recursos hídricos os efeitos da contaminação atmosférica, através da precipitação de componentes ali acumulados, como ocorre, por exemplo, com a chuva ácida, responsável pela contaminação de extensas regiões, muito além daquelas em que foram liberados os poluentes.

Os resultados de diversos estudos e pesquisas para determinar os efeitos dos contaminantes da atmosfera sobre a saúde humana, sobre a fauna e a flora e sobre os materiais serão discutidos na seqüência desse trabalho. Antes, porém, será feita uma análise das fontes e das principais reações de gases na atmosfera e, em seguida, uma discussão sobre as escalas do problema da poluição do ar, dada a sua importância, quando das formulações dos instrumentos de gestão ambiental.

Convém destacar, no entanto, que a importância relativa dos impactos dos diversos usos sobre a atmosfera varia de região para região, em função, de um lado, dos seus efeitos sobre o ambiente como um todo e, do outro, da quantidade de população afetada.

No primeiro caso, os desmatamentos e as queimadas têm sido responsáveis pelas transformações climáticas na Amazônia, Pantanal e Cerrado, como discutido por Carlos Nobre, Luiz Gylvan Meira Filho e colaboradores no estudo do tema "clima" e, no caso das queimadas, afetando a qualidade do ar de vastas regiões.

Quanto à quantidade de população afetada, o uso urbano-industrial tem sido responsável pela contaminação atmosférica e desconforto de grande número de pessoas que se concentram nas cidades.

<sup>27</sup> Doutor em Arquitetura (Rice University - Houston - Texas - 1979) Industrielle de Paris)  
SHIS QL 10 - Conj. 10 - casa 9 Universidade de Brasília - Departamento de Química  
71630-105 - BRASÍLIA-DF

• Com a colaboração de:  
Carlos Eduardo de Resende - Laboratório de Radioisótopos, UFRJ  
Edmur Flávio Pastorello - Faculdade de Saúde Pública, USP  
Roque Laraia - Departamento de Antropologia, UnB

## 1 Fontes de Poluição

A Tabela 01 mostra um sumário das principais fontes, concentrações e principais reações dos gases mais comumente encontrados na atmosfera. Essa Tabela foi adaptada de STEIN (1973), que no original apresenta também as emissões anuais estimadas, em toneladas de poluição e de gás natural, válidas para os Estados Unidos.

Dados mais completos sobre as fontes de poluição podem ser encontrados na compilação dos fatores de emissão de poluentes para as mais diferentes fontes, publicados, em março de 1975, pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1975 ou em publicações especializadas diversas.

## 2 Escalas do problema da poluição do ar

São as seguintes as escalas do problema da poluição do ar sugeridas por STEIN (1973):

Categoria	Escala Vertical	Escala temporal	Escala de organização requerida para resolução
Local	Altura das chaminés	horas	municipal
Urbana	Quilômetro entorno	dias	regional
Nacional	Troposfera	meses	estadual
Continental	Estratosfera	anos	nacional
Global	Atmosfera	décadas	internacional

Na escala local, a fonte de poluentes ou de perturbação e o receptor estão próximos podendo essas fontes serem mais facilmente identificadas e controladas, através muitas vezes, da ação direta da comunidade local.

Na escala urbana, os efeitos da poluição do ar se fazem sentir dependendo do diâmetro da área urbanizada e da espessura da troposfera que envolve a cidade, medida até 1km de altura, podendo ser mais baixa, dependendo da estabilidade da atmosfera. Em condições de inversão térmica, pode-se ter uma camada mais baixa e um potencial de concentração mais alto. Na escala urbana, as fontes são todas aquelas dentro da área e os receptores são todos aqueles que a habitam, podendo se estender para além das áreas urbanas e atingir outras regiões e mesmo cidades, conforme a pluma de poluentes, esta dependendo da estabilidade da atmosfera, da direção e velocidade dos ventos e das características geomorfológicas regionais.

Isto recai na escala nacional fazendo com que as áreas que não contribuem para a poluição do ar sejam por ela afetadas. Estão nessa escala as fontes de poluição resultantes das atividades rurais, principalmente quando se utilizam as queimadas nas práticas agrícolas. O ar contendo fumaça e partículas poderá afetar a qualidade do ar urbano, como acontece, por exemplo no período seco.

Na escala nacional as ações do poder público para controlar os problemas de poluição atmosférica devem se dar em nível federal ou interestadual, dependendo das áreas afetadas.

Na escala continental os problemas ultrapassam as fronteiras nacionais, podendo atingir mais de um País, referindo-se, pois, às fronteiras internacionais, quando a pluma de poluição de um País atinge outro, ou outros, cujo controle depende de acordos entre seus governos.

Na escala global o transporte de poluentes se dá em torno do globo, afetando-o como um todo, como, por exemplo, os resultados de testes com armas nucleares e os resíduos de erupções de vulcões. Está nessa escala, também, a liberação de CFC pelas atividades antrópicas de diversos países, afetando a camada de ozônio da Terra. Nessa escala o controle dos problemas se dá, através de acordos internacionais.

As estratégias de controle das fontes de poluição e de sua acumulação na atmosfera dependem da ação do poder público, nas suas esferas municipal, estadual ou federal, para o que podem contribuir os instrumentos de gestão ora em discussão.

### **3 Efeitos dos Poluentes Atmosféricos sobre os Seres Humanos**

A proteção da saúde humana deve ser o foco de atenção no estudo da poluição atmosférica e nos instrumentos públicos para o seu controle mesmo que, em relação a muitos poluentes não haja um conhecimento completo de seus efeitos; primeiro, porque muitos dos estudos são baseados em estudos epidemiológicos que não têm conseguido, principalmente no Brasil, definir a relação de causa-efeito dos danos à saúde e da mortalidade aos poluentes encontrados nos ambientes urbano-industriais; segundo, porque os estudos existentes em outros países, podem não se aplicar para outras localidades com diferentes condições de estabilidade e processos químicos.

Na falta de dados que expliquem a situação local, as informações que seguem servem apenas como referência. Uma lista etiológica dos estados de doença do homem devido a poluentes do ar, água e alimentos foi preparada por H.E. Stokinger (in STOKINGER, H.E., Amer. Ind. Hyg. Ass. J., 195-217, May-June 1969), citado por STERN (1973). A poluição do ar é considerada como contribuição direta do rápido envelhecimento, asma, beriliose e enfisema, contribuindo para a bronquite, câncer do trato GI e câncer do trato respiratório. Segundo o autor, os dados mostram que muitos poluentes agem de modo variado para induzir, produzir ou contribuir para uma multiplicidade de estados de doença. Das 12 doenças listadas, 4 têm um componente hereditário conhecido ou suspeito.

O Quadro I mostra os efeitos dos seguintes poluentes atmosféricos sobre a saúde humana: partículas não tóxicas, ozona, dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e oxidantes fotoquímicos (Fonte: GALVÃO FILHO, 1990).

Os estudos de climatologia urbana têm mostrado também uma relação direta entre ondas de calor e mortalidade de portadores de doenças do coração, agravada em estado de inversão que favorece maior intensidade da “ilha de calor” e, conseqüentemente, maiores temperaturas urbanas. Deve-se destacar que ambientes com essas características favorecem também a acumulação de poluentes aéreos, sugerindo que a poluição do ar pode também ter contribuído para o agravamento dos estados de doença da produção.

Deve-se considerar também que a população urbana está sujeita a uma série de outros estresses, de ordem social e econômica, que podem também contribuir para o agravamento de doenças e para o aumento das taxas de mortalidade, principalmente de cardíacos.

#### **4 Efeitos dos Poluentes Atmosféricos sobre a Vegetação e sobre Animais**

Os efeitos dos poluentes sobre a vegetação apresentados por STERN (1973) que, além de descrever as transformações por que passam os vegetais na presença de ar contaminado afetando a estrutura e a função das folhas e a sua própria fisiologia chama a atenção para as perdas econômicas representadas pela poluição.

Alguns dos efeitos dos poluentes sobre a vegetação, descritos por STERN, estão apresentados no Quadro II (Fonte: GALVÃO FILHO, 1990).

Os efeitos de poluentes em animais experimentais são bem conhecidos, uma vez que têm os mesmos sido utilizados para experimentos, procurando detectar danos fisiológicos, que possam ser úteis no estudo dos organismo humanos, apesar das controvérsias a respeito.

Quanto aos efeitos sobre a fauna, em geral, sobre animais utilizados para a comercialização, estes têm se manifestado mais, quando da incidência dos poluentes sobre os seus alimentos e sobre a água (através da chuva), podendo entrar na cadeia alimentar do homem (como a contaminação por mercúrio, por exemplo).

#### **5 Efeitos dos Poluentes Atmosféricos sobre os Materiais e sobre o Patrimônio Cultural**

Esses efeitos são descritos por GALVÃO FILHO (1990), podendo os poluentes do ar “...corroer e escurecer metais, quebrar borracha, sujar móveis, prédios, etc. Podem ainda erodir construções, monumentos etc, bem como descolorir vários tipos de materiais, enfraquecer o algodão, a lã, a fibra de seda e destruir o nylon”, principalmente devido aos gases reativos, tais como o ozônio e o dióxido de enxofre, assim como os ácidos nítrico e sulfúrico.

Segue, após os Quadros I e II, a análise da intensidade de danos potenciais para diversos usos e que está organizada em 5 tópicos, com base nas discussões precedentes:

- Uso antrópico
- Dano potencial
- Indicadores
- Possibilidade de controle/reversão
- Exigências legais

TABELA 01 - Sumário das fontes e principais reações de gases na atmosfera (Adaptado de STERN et al., 1973)

Contaminantes	Principais fontes de poluição	Fontes Naturais	Concentrações na atmosfera	Tempo calc. de permanência na atmosfera	Reações	Observações
SO <sub>2</sub>	combustão de óleo	vulcões	0,2ppb	4 dias	oxidação para sulfato pelo ozônio, ou após absorção pelos aerossóis ou líquidos	oxidação fotoquímica com NO <sub>2</sub> e HC pode ser o processo necessário para dar rápida transformação de SO <sub>2</sub> p/SO <sub>4</sub>
H <sub>2</sub> S	processos químicos, tratamento de esgotos	vulcões, ações biológicas em áreas de pântano	0,2ppb	2 dias	oxidação para SO <sub>2</sub>	apenas um conjunto de concentrações de fundo disponível
CO	exaustão de veículos e outras combustões	fogo em floresta	0,1ppm	menos de 3 anos	nenhuma conhecida,mas é necessária grande queda	provavelmente baixa uma contribuição dos oceanos como fonte natural
NO/ NO <sub>2</sub>	combustão	ação das bactérias no solo	NO: 0,2-2ppb NO <sub>2</sub> : 0,5-4ppb	5 dias	oxidação para nitrato após absorção pelos aerossóis sólidos líquidos, reações fotoquímicas com os hidrocarbonetos	pouco trabalho realizado sobre processos ou naturais
NH <sub>3</sub>	tratamento do lixo	degradação biológica	6 ppb a 20 ppb	7 dias	reação com SO <sub>2</sub> para formar (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , oxidação para nitrato	não há dados quantitativos sobre a taxa de oxidação de NH <sub>3</sub> para NO <sub>2</sub> , que parece ser o processo dominante na atmosfera
N <sub>2</sub> O	nenhuma	ação biológica no solo	0,25ppm	4 anos	fotodissociação na atmosfera, ação biológica no solo	não há informação sobre a absorção de N <sub>2</sub> O pela vegetação
HIDRO-CARBONETOS	Combustão de escapes, processos químicos	processos biológicos	CH <sub>4</sub> :1,5ppm não CH <sub>4</sub> :menos (CH <sub>4</sub> ) de 1ppb	16 anos	reação fotoquímica com NO/NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , grande queda necessária para CH <sub>4</sub>	emissões de hidrocarbonetos "reativos" a partir da poluição = 27x10 <sup>6</sup> ton por ano
CO <sub>2</sub>	combustão	degradação biológica, liberação p/oceanos	320ppm	2-4anos	absorção biológica e fotossíntese, absorção em oceanos	concentrações na atmosfera aumentando em torno de 0,7 ppm por ano

**Quadro 1 - Efeitos dos Poluentes Aéreos sobre a Saúde Humana.****A - PARTÍCULAS NÃO TÓXICAS**

CONCENTRAÇÕES DE PARTÍCULAS (em ug/m <sup>3</sup> )	EFEITOS
- 2000g/m <sup>3</sup> c/0,4ppm de SO <sub>2</sub> (média de 24 horas), vários dias de episódio	- Aumento de mortes devidas a bronquite
- 1000g/m <sup>3</sup> c/0,25ppm de SO <sub>x</sub> , durante episódios	- Aumento da mortalidade por doenças respiratórias e cardíacas
- 300g/m <sup>3</sup> c/o,21ppm SO <sub>x</sub> (média de 24 horas)	- Aumento na frequência e gravidade das doenças do trato respiratório
- 130g/m <sup>3</sup> c/SO <sub>x</sub> (média anual)	- Aumento de incidência de bronquites
- 100-200g/m <sup>3</sup> c/0,05 a 0,08ppm SO <sub>x</sub> (média dos níveis da estação)	- Aumento de incidência de bronquites.

**B - OZÔNIO**

CONCENTRAÇÕES DE OZÔNIO (em PPM)	EFEITOS
- 0,10 (1 hora)	- Dificuldade de respirar
- 0,30 (8 horas)	- Irritação no nariz, garganta e dores no peito
- 2,00 (2 horas)	- Tosse muito forte

**C - DIÓXIDO DE NITROGÊNIO**

CONCENTRAÇÕES DE NO <sub>x</sub> (em PPM)	EFEITOS
- 150ppm (5/8 minutos)	- Potencialmente fatal
- 50 a 100 ppm (1 hora)	- Pode causar broncopneumonia com provável recuperação
- 10 a 40 ppm (exposição intermitente)	- Pode causar fibrose crônica ou enfisema pulmonar
- 0,05 a 0,10 ppm (exposição crônica)	- Evidências de aumento de bronquite crônica
- 0,05 ppm (exposição longa)	- Evidências de aumento de doenças pulmonares e coração em geral

### D - DIÓXIDO DE ENXÔFRE

CONCENTRAÇÕES DE SO <sub>x</sub> (em ppm)	EFEITOS
- 0,52 com particulados (média de 24 horas)	- Aumento da mortalidade
- 0,25 com fumaça (3 a 4 dias, média de 24 horas)	- Aumento da mortalidade
- 0,25 com particulados (3 a 4 dias, média de 24 horas)	- Aumento de doenças nos idosos
- 0,19 c/baixa concentração de particulados	- Aumento da mortalidade
- 0,11 a 0,19 c/baixa concentração de particulados (vários episódios)	- Aumento de internações
- 0,037 a 0,092 c/fumaça (exp. crônica)	- Aumento de probl.respiratórios e doenças do pulmão

### E - MONÓXIDO DE CARBONO

CONCENTRAÇÃO (em ppm)	EFEITOS
- 0,10 (30 minutos)	- Irritação nos olhos
- 0,13 (24 horas)	- Agravamento das doenças respiratórias
- 0,03 a 0,30 (1 hora)	- Diminuição de performance física
- 0,09 (1 hora)	- Diminuição da capacidade respiratória

### F - OXIDANTES FOTOQUÍMICOS

CONCENTRAÇÕES DE CO(em ppm)	EFEITOS
- Concentrações maiores que 100 ppm (10 minutos)	- Stress fisiológico em pacientes com doenças do coração
- 100 ppm (intermitente)	- Diminuição de desempenho em teste psicomotor
- 50 ppm (para 90 minutos)	- Diminuição do intervalo de tempo de discriminação para não fumantes
- 30 ppm (acima de 12 horas)	- Carbono elevado nos níveis de hemoglobina com redução do transporte de oxigênio

(Fonte: GALVÃO FILHO, 1990).

**Quadro 2 - Efeitos da Poluição do Ar sobre a Vegetação**

POLUENTES	SINTOMAS CARACTERÍSTICOS	Mínima concentração p/dano		
		ppm(vol)	g/m <sup>3</sup>	tempo exp.
Dióxido de enxofre	Manchas esbranquiçadas, áreas descoloridas entre veias, clorose (amarel.)	0,3	785	8 horas
Ozônio	Manchas esbranquiçadas, pigmentação. As pontas das coníferas tornam-se amarronzadas e necróticas.	0,03	59	4 horas
Nitr. peroxiacetila	Espelhamento, prateamento ou bronzeamento na parte inferior das folhas	0,01	56	6 horas
Dióxido de nitrogênio	Lesões irregulares, brancas ou marrons, no tecido intercostal e próximo às margens das folhas.	2,5	4.700	4 horas
Fluoreto de hidrogênio	Queimaduras nas pontas e nas margens, diminuição do crescimento, abcesso na folha, faixa estreita vermelha.	0,1	0,08	5 sem.
Etileno	Necrose na parte do cálice em orquídeas, anormalidade nas folhas, queda de flores e falta de abertura das folhas: abcesso.	0,05	58	6 horas
Cloro	Branqueamento entre veias das folhas, queimadura nas pontas e margens, abcesso nas folhas, danos similares aos do ozônio.	0,10	296	2 horas
Amônia	Aparência verde forte, tornando-se marron ou verde comum ao secar. Pode ocorrer escurecimento geral em algumas espécies.	-20	-1400	4 horas
Ácido clorídrico	Necrose tipo ácida, queimadura de pontas de algumas espécies, necrose das margens das folhas de plantas tipo folhas largas.	-5-10	-11200	2 horas
Gás sulfídrico	Chamuscamento dosal e marginal.	20	2800	5 horas
Ácido sulfúrico	Pontos necróticos na superfície superior da folha, similar a lesões de compostos ácidos ou básicos.	-	-	-

(Fonte: GALVÃO FILHO, 1990)

## **6 Intensidade de Danos Potenciais para Diversos Usos Antrópicos**

### **USO ANTRÓPICO: Mineração**

#### **Dano Potencial**

A mineração implica na remoção da cobertura vegetal e escavações, que podem criar pequenas mudanças microclimáticas, provocar danos potenciais aos fatores naturais e, como consequência, danos à saúde, bem-estar e conforto das pessoas e a fauna e flora nas suas imediações.

As partículas de poeira, em suspensão, podem irritar o sistema respiratório dos trabalhadores e da população local.

A concentração de minério, ao longo das estradas e em outros locais, em torno das minas e dos locais de beneficiamento podem causar alterações no solo e na cobertura vegetal existente.

Os gases produzidos devido à circulação de veículos ( $\text{NO}$ ,  $\text{SO}_2$ ) e das detonações ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$  e  $\text{SO}_2$ ) podem também provocar danos à saúde das pessoas e ao meio em geral, dependendo de seu grau de concentração. Este em função da capacidade de diluição do entorno em que se situa a fonte poluidora.

No caso do garimpo de ouro, a queima do mercúrio produz um vapor de grande poder de dispersão na atmosfera, cuja precipitação pode atingir distâncias em torno de 500 metros e contaminar o solo, a água e os vegetais, entrando na cadeia alimentar da fauna aquática e terrestre e do homem. Mais diretamente, esse vapor é respirado pelos garimpeiros e entra também na sua cadeia alimentar devido ao contato com as mãos. Sendo altamente tóxico e cumulativo, o mercúrio acarreta graves problemas à saúde das pessoas.

#### **Indicadores**

- Poeiras resultantes das detonações, das escavações, dos solos expostos, do tráfego de veículos pesados nas estradas de terra, dos locais de beneficiamento, estocagem e carregamento de minério e da erosão eólica do minério e estéril durante o transporte.
- Gases oriundos da combustão de veículos automotores ( $\text{NO}$ ,  $\text{SO}_2$ ), de detonações ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$  e  $\text{SO}_2$ ) e de usinas termoelétricas.
- Fumaças e gases de combustão da madeira, se a mina empregar a queima de lenha ou de carvão vegetal como fonte energética ou para a secagem do minério.
- Vapor de mercúrio no caso do garimpo de ouro.

O comportamento dos ventos, na região, onde se situa a mina, a sua proximidade com as áreas urbanas ou outros tipos de concentração humana e o regime de chuvas podem influenciar no grau de impacto da poeira e do vapor de mercúrio.

#### **Possibilidade de Reversão/Controle**

O controle das poeiras pode ser feito, através de aspersão de água nas estradas, áreas decapadas, pilhas de estéril e produto e cava da mina, podendo, também, ser utilizada cobertura vegetal nessas áreas, bem como através do controle das detonações.

Em minerações próximas de assentamentos humanos e/ou de áreas de relevante interesse econômico-ecológico poderão ser adotados cinturões verdes, com arbustos e árvores de porte, para a redução da quantidade de gases e poeira sobre os ambientes considerados.

A reversão dos danos existentes é possível com a interrupção das atividades de mineração, a recuperação dos solos e o tratamento paisagístico da área degradada.

O controle das fumaças e gases pode se dar através de mudanças do energético ou através da utilização de equipamentos despoluidores de ar (filtros, ciclones, precipitadores, lavadores, separadores, incineradores, etc.), bem como da melhoria tecnológica dos processos de produção.

O controle do vapor de mercúrio pode ser conseguido, através de tecnologias adequadas de manuseio dentro de retortas, com reaproveitamento do vapor de mercúrio em torno de 90-95%, com perda localizada da ordem de 5-10%, segundo informações do Professor Antonio C.Barbosa, da Universidade de Brasília.

A reversão dos danos existentes não cessa com a interrupção da prática de manuseio atualmente em uso, dada a permanência do mercúrio na cadeia alimentar do homem.

### **Exigências Legais**

A Constituição Brasileira de 1988, no seu artigo 225, Parágrafo Segundo, estabelece a obrigatoriedade de recuperação da área degradada quando da exploração dos recursos minerais. Essa obrigatoriedade já constava da Lei nº 6.938, de 31/08/81, regulamentada pelo Decreto nº 97.632, de 10/04/89 (alterada pela Lei nº 7.804, de 20/07/89; Decreto nº 97.507, de 13/02/89 e Resolução CONAMA nº 001), no que se refere à recuperação de áreas degradadas pela atividade minerária.

Com relação a emissão de gases e partículas, a Portaria nº 0231, de 27 de abril de 1976, estabelece os padrões de qualidade do ar para partículas em suspensão, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e oxidantes fotoquímicos.

### **USO ANTRÓPICO: Ocupação Urbana**

Habitação, comércio, serviços, equipamentos sociais, veículos, atividades industriais.

### **Dano Potencial**

As atividades urbanas, em geral, liberam em seu território uma série de fumaças, gases e material particulado, além de energia que, dependendo de sua concentração, podem prejudicar a saúde, segurança, conforto e bem-estar da população, criando condições adversas às atividades sociais e econômicas e ocasionando danos relevantes à fauna, à flora e ao próprio patrimônio cultural que representa a cidade.

Esses poluentes aéreos encontram-se distribuídos por toda a extensão da cidade, originários de emissões diversas, inclusive de veículos automotores e de uma série de atividades industriais e de serviços localizados em diversos pontos do território. São os seguintes os poluentes mais comumente encontrados nas cidades, cujos padrões de qualidade são definidos pela Portaria MINTER nº 231, de 27/04/76 e pela Resolução CONAMA nº 003, de 28/06/90:

- Partículas totais em suspensão
- Fumaça
- Partículas inaláveis
- Dióxido de enxofre
- Monóxido de carbono
- Oxidantes fotoquímicos (ozônio)
- Dióxido de nitrogênio

A pavimentação das vias de circulação de veículos e pessoas, a concentração de edifícios, a compactação e a impermeabilização do solo e uma série de outras transformações da paisagem natural levam à redução da ventilação nas cidades, à absorção e acumulação da radiação solar e ao aumento da temperatura urbana (ilha de calor urbana) que, de um lado, dificultam a dispersão dos poluentes aéreos e, do outro, deterioram as condições de conforto térmico e acústico da população.

O aumento da temperatura urbana afeta negativamente a maioria das áreas ocupadas da Amazônia, Pantanal e Cerrado, por apresentarem tipicamente um clima quente, exceto nas suas regiões situadas em altitudes acima de 1500m que representam uma pequena parcela desses biomas. Mesmo em regiões frias, no entanto, a “ilha de calor urbana” contribui para a acumulação de poluentes nas cidades, devido à circulação típica do vento “periferia-centro”.

### **Indicadores**

Os indicadores da intensidade de danos potenciais são representados pela quantidade, concentração e tempo de incidência/permanência dos poluentes e da energia gerada pelas atividades antrópicas, os quais têm relação com a distribuição dessas atividades nas cidades, com a densidade de ocupação e com o tipo de energético predominantemente em uso.

Tratando-se de fontes não concentradas de poluentes, dispersa, portanto, em todo o território urbano, a dificuldade de avaliação de cada fonte, em particular, faz com que se torne mais operativo a escolha da densidade de ocupação (habitantes por hectare), do diâmetro da área urbana, da área e distribuição dos espaços abertos no interior do território urbano e do tipo de energético em uso como indicadores da intensidade de danos potenciais.

A densidade de ocupação explica em grande parte a distribuição das atividades nas cidades, uma vez que nas áreas mais concentradas é maior a quantidade de matéria e energia liberada pelos diversos usos antrópicos.

O diâmetro da área urbana mostra a extensão em que as diversas emissões ocorrem indicando a superfície de transformação da paisagem natural e de mudança microclimática.

A área e distribuição dos espaços abertos, no interior do território urbano, indica o grau de descontinuidade dos estresses térmicos e acústicos das cidades, bem como da quantidade de poluentes liberados para a atmosfera. Os espaços abertos indicam, também, quando mantidos em seu estado natural e/ou quando tratados paisagisticamente com árvores de porte e arbustos, a capacidade de filtragem ou de absorção de certos poluentes aéreos, principalmente, as partículas.

O tipo de energético em uso explica o grau de toxidez de energético, em função também de sua distribuição no espaço urbano.

### **Possibilidade de Reversão Controle**

Ilha de calor urbana - A ilha de calor irá se formar mesmo em pequenas localidades independentemente das ações de controle que venham a ser implementadas. Sua intensidade poderá ser reduzida (menor diferença de temperatura entre a área edificada e a área rural/área com paisagem natural em torno das cidades) se adotadas as seguintes medidas:

- criação de áreas verdes arborizadas e convenientemente dispersas no interior do tecido urbano (as áreas verdes serviriam também como filtros de poluentes aéreos, principalmente material particulado);
- sombreamento das vias de circulação e das áreas de estacionamento, tomando-se o cuidado, no entanto, para não impedir a dissipação de poluentes aéreos debaixo das copas das árvores;
- definição de morfologias urbanas que favoreçam a ventilação nos espaços exteriores.

**Quantidade e concentração de poluentes atmosféricos:** Os danos potenciais podem ser revertidos com a interrupção do lançamento de poluentes na atmosfera ou com o seu adequado controle, via melhoria tecnológica dos processos de produção de matéria e energia, de forma a reduzir a carga de fumaças, gases e partículas no ambiente. No caso de veículos automotores, isso tem sido conseguido com a melhoria do combustível e com a adoção de catalizadores na exaustão ou de injeção eletrônica nos motores, para reduzir o seu potencial de poluição do ar e com o uso de abafadores de som para minimizar o ruído urbano.

### **Exigências Legais**

- Portaria MINTER nº 0231, de 27/04/76, que estabelece os padrões de qualidade do ar para partículas em suspensão, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e dos oxidantes fotoquímicos.
- Portaria MINTER nº 053, de 01/03/79, que estabelece normas aos projetos específicos de tratamento e disposição final de resíduos sólidos, bem como a fiscalização de sua implantação, operação e manutenção.
- Lei nº 6.803/80, que dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição.
- Portaria MINTER nº 92, de 19/06/80, que dispõe sobre a emissão de sons e ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais e recreativas, inclusive as de propaganda.
- Portaria MINTER n. 100, de 14/07/80, que dispõe sobre a emissão de fumaças por veículos movidos a óleo diesel.
- Resolução CONAMA 003, de 15/06/89, que estabelece níveis de emissão de aldeído no Gás e escapamento de veículos automotores.
- Resolução CONAMA 005, de 15/06/89, que institui o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar.
- Resolução CONAMA 003, de 28/06/90, que estabelece padrões de qualidade do ar, previstos pelo Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar-PRONAR.
- Resolução CONAMA 008, de 06/12/90, que estabelece limites máximos de emissão de poluentes do ar previstos no PRONAR.

## **USO ANTRÓPICO: Indústria**

### **Danos Potenciais**

São diversas as atividades industriais existentes na Amazônia, Pantanal e Cerrado, cujos danos potenciais sobre a saúde das pessoas, sobre a fauna e a flora e sobre o patrimônio cultural são muito variados, dependendo de uma série de fatores, dentre os quais o tipo de energético em uso, as matérias-primas a serem transformadas e as tecnologias de controle das emissões.

Aplicam-se para as atividades industriais os mesmos conceitos e critérios discutidos para as áreas urbanas, mesmo porque foram elas incorporadas na análise precedente. Dado que muitas atividades industriais se localizam fora de áreas urbanas, ou estão, com frequência, localizadas em setores próprios das cidades, faz-se aqui uma referência específica da indústria, dando-se alguns exemplos de dados importantes a serem identificados nas atividades industriais para a identificação de seus danos potenciais.

Os exemplos que seguem servem para identificar os gases, fumaças e partículas, bem como ruídos e fontes de calor encontrados nas indústrias de papel e celulose e na metalurgia:

- Papel e celulose: compostos de enxôfre reduzido, material particulado; ruídos dos equipamentos.

- Metalurgia: para ferro guza, a composição química de poeiras coletadas no topo de um alto-forno é de Fe(56%, C(31%), SO<sub>2</sub>(6%), CaO(6,4%) e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, além de outros com menos de 1%; para ferro ligas é de CO(45%-70%), CO<sub>2</sub> (50-25%) e H<sub>2</sub>(3%), respectivamente para a composição Fe-Mn-AC e Fe-Si-Mn: o maior problema para os que trabalham na metalurgia é a liberação de calor no interior do ambiente de trabalho, sendo maior nos fornos abertos e menor nos fornos fechados.

### **Indicadores**

Os mesmos definidos para uso urbano, podendo variar dependendo da particularidade das emissões.

### **Possibilidade de Reversão/Controle**

Depende do tipo de poluente liberado pelas atividades industriais.

### **Exigências Legais**

Devem ser considerados, além dos instrumentos legais listados sumariamente em Uso Urbano, aqueles que tratam da saúde ocupacional do trabalhador na indústria.

## **USOS ANTRÓPICOS: Agricultura/Pecuária**

### **Danos Potenciais:**

Essas atividades podem contribuir para a contaminação atmosférica mediante a liberação de poeiras e fumaças, originárias de práticas agrícolas no preparo de terra e de queimadas, bem como de componentes químicos tóxicos originários do processo de pulverização das culturas (agrotóxicos).

São os seguintes os danos potenciais resultantes dessas atividades:

- Mudança no microclima, resultante da eliminação e/ou da substituição da vegetação rasteira (pastagem), influenciando/transformando as características do solo-paisagem e dos recursos hídricos, bem como modificando as potencialidades de seu uso econômico.

Essa mudança parece ser potencialmente mais acentuada, na Amazônia, do que no Cerrado e no Pantanal, em função do porte de sua cobertura vegetal, podendo afetar a sua biodiversidade.

- Danos à saúde humana, devido a presença de agrotóxicos (pulverizações) e de fumaças e partículas em suspensão (queimadas). Os agrotóxicos têm seu efeito local, praticamente limitado sobre as pessoas presentes nas proximidades das áreas pulverizadas e representam um importante fator de saúde do trabalhador a ser considerado nas práticas agrícolas.

As fumaças e partículas resultantes das queimadas têm um efeito regional, podendo afetar outras áreas agrícolas e os assentamentos urbanos localizados na sua pluma de dispersão, principalmente quando encontra condições de estabilidade da atmosfera que dificultam essa dispersão.

Exemplo típico dessa situação é a bruma seca que se forma sobre o Distrito Federal e sobre a região do Planalto fora da estação das chuvas, principalmente quando a estabilidade da atmosfera e os episódios de inversão térmica levam ao acúmulo de fumaças e partículas provenientes das queimadas na região.

### **Indicadores**

Para as queimadas:

- Áreas das queimadas.
- Volume estimado da vegetação queimada.

Para as pulverizações de agrotóxicos:

- Área pulverizada.
- Tempo residual do material a ser pulverizado.

Podem ser definidos também, em termos genéricos, os seguintes níveis crescentes de danos potenciais devido ao uso agrícola/pecuário:

1. Com práticas agrícolas sem a utilização de queimadas e com cuidados na operação das pulverizações.
2. Com práticas agrícolas sem cuidados na operação das pulverizações.
3. Com práticas agrícolas com a utilização de queimadas.

### **Possibilidade de Reversão/Controle**

- Evitar queimadas.
- Controlar o uso da pulverização com agrotóxicos.

Segue o Quadro III, que apresenta um sumário dos danos potenciais ao clima/ar devido aos usos antrópicos, até então discutidos.

**Quadro 3 - Danos Potenciais ao Clima/Ar para Diversos Usos Antrópicos (Sumário)**

USO ANTRÓPICO	DANOS POTENCIAIS	INDICADORES	CONTR./REV.
Indústria	Danos à saúde humana, à flora e a fauna e ao meio ambiente em geral, devido à concentração de gases, fumaças e partículas.	Concentração e tempo de permanência do poluente na atmosfera.	Controle das emissões via filtros e melhoria tecnológica dos processos industriais.
Mineração	Remoção da cobertura vegetal; pequenas mudanças no clima; irritação do sistema respiratório das pessoas (poeiras); alterações no solo; contaminação devido aos gases das detonações e ao vapor de mercúrio (garimpo de ouro).	Poeiras (detonações, escavações, solos expostos, traf. veículos). Gases de combustão de veículos e de detonações, vapor de mercúrio (garimpo de ouro).	Aspersão de água, recuperação do solo e tratamento paisagístico, uso de retortas.
Ocupação Urbana	Danos à saúde humana, à fauna, à flora e aos materiais, devido à concentração de gases, fumaças e partículas, ilha de calor urbana.	Densidade de ocupação, diâmetro da área urbana. Espaços abertos, Tipo de energéticos.	Ilha de calor urbana: áreas verdes, sombreamento de vias e áreas de estacionamento def.de morfologias urbanas c/ventilação dos espaços exteriores, poluentes aéreos: controle da emissão, via filtros e melhoria tecnológica.
Agricultura	Mudanças no microclima (desmatamento e queimadas). Danos à saúde humana e ao meio ambiente em geral (presença de gases, fumaça, de gases, fumaças e partículas e de agrotóxicos de pulverizações).	Áreas das queimadas. Volume estimado de vegetação queimada. Área pulverizada. Tempo residual do produto das pulverizações	Evitar queimadas. Controlar o uso de pulverização

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS/SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E TURISMO DO MARANHÃO. Diagnóstico dos principais problemas ambientais do Estado do Maranhão, São Luis, Maranhão, 1991.
- BRASIL - Projeto BRA/87/021, Capacitação em Formulação de Projetos na Região Amazônica. Acordo SUDAM/PNUD. Projetos de Mineração.
- GALVÃO FILHO, J.B. Poluição do ar. in Meio ambiente - aspectos técnicos e econômicos, Sérgio Margulis, ed. Rio de Janeiro, IPEA: Brasília, IPEA/PNUD, 1990, pp.35-55.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. COMISSÃO TÉCNICA DE MEIO AMBIENTE. Mineração e Meio Ambiente: impactos possíveis e formas de controle. 2 ed. rev. Belo Horizonte, 1987.
- \_\_\_\_\_. Mineração e meio ambiente/IBRAM. Brasília, 1992.
- MARGULIS, S. ed. Meio Ambiente: aspectos técnicos e econômicos. Rio de Janeiro, IPEA: Brasília, IPEA/PNUD, 1990.
- MINTER - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação/IBAMA-Brasília: IBAMA, 1990.
- ROWE, P.G. et alii. Principles for Local Environmental Management. Cambridge, USA: Ballinger Publ. Co., 1978.
- STERN, C.S. et alii. Fundamentals of Air Pollution. New York: Academic Press, 1973.
- U.S.ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Compilation of air pollutant emission factors, second edition. Research Triangle Park. North Carolina, Março, 1975.

## 2.5.2 INTENSIDADE DE DANOS POTENCIAIS ÀS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Márcio Villas Boas  
Klaus Dieter Neder<sup>28</sup>

Para a avaliação dos danos potenciais às águas interiores (águas superficiais) foi levada em conta a Portaria GM n° 0013, de 15/01/76, que estabelece a classificação das águas interiores do território nacional e a Resolução CONAMA n° 020, que estabeleceu os volumes limites de cada poluente que devem ser respeitados no corpo d'água, de acordo com sua classificação/enquadramento.

Essa classificação/enquadramento considera os usos d'água e vai desde a classe especial (água destinada ao abastecimento doméstico sem tratamento prévio), até a classe 4 (água destinada à navegação e/ou harmonia paisagística ou destinada ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado).

No Quadro IV, foram listados e descritos os fatores prejudiciais à qualidade das águas apresentados os seus danos potenciais e os indicadores de sua presença na água e discutidas as possibilidades de controle e reversão dos danos, seja em relação às fontes, seja em relação ao tratamento do corpo receptor.

No Quadro V, foram listados e discutidos os primeiros usos antrópicos que ocorreram na Amazônia, Pantanal e Cerrado; apresentados os seus danos potenciais sobre as águas, a partir do Quadro IV e discutidos os agentes e as possibilidades de controle e reversão de danos.

Os fatores considerados (carga orgânica, sólidos em suspensão, contaminantes patogênicos, nutrientes, produtos tóxicos, alteração no regime hidráulico, alterações físicas nas margens e nos leitos dos corpos d'água) e os seus danos potenciais ocorrem de maneira generalizada nos biomas, podendo, no entanto, sua importância relativa variar de região para região, em função, de um lado, dos seus efeitos sobre o ambiente como um todo e, do outro, da quantidade da população afetada.

No primeiro caso, assumem importância especial as atividades de mineração e as queimadas/retirada de madeira, seguidas ou não de exploração agrícola dos solos, responsáveis por grandes transformações do solo/paisagens e do regime hídrico de vastas regiões.

Quanto à quantidade da população afetada, a ocupação urbano-industrial se destaca, devido à prática ausente ou inadequação do saneamento básico na maioria das cidades da Amazônia, Pantanal e Cerrado, com efeitos sobre a saúde das pessoas e contribuindo especialmente para a incidência de doenças de veiculação hídrica, como é o caso recente do cólera.

No Quadro VI, apresenta-se a interrelação dos diversos usos antrópicos e dos fatores prejudiciais à qualidade das águas.

---

<sup>28</sup> Engenheiro Civil-Sanitarista da CAESB - Companhia de Água e Esgotos de Brasília

**QUADRO 4 - FATORES PREJUDICIAIS À QUALIDADE NATURAL DAS ÁGUAS.**

FATOR	DANO POTENCIAL	INDICADORES	CONTROLE/REVERSÃO
<p>1. Carga Orgânica.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lançamento de forma pontual ou difusa em corpos d'água de superfície, de cargas orgânicas oriundas dos diversos usos antópicos.</li> <li>• Lançamento pode ser sob forma particulada e solúvel (dissolvida).</li> <li>• Geralmente, é originária de efluentes sanitários, efluentes industriais ou usinas de beneficiamento de álcool.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento da quantidade de matéria orgânica nos sedimentos sob a forma particulada e dissolvida no meio líquido, provocando um deplecionamento no teor de oxigênio dissolvido, com consqüências imediatas sobre a flora e fauna existentes, bem como sobre a possibilidade do uso da água para consumo humano.</li> <li>• O dano é proporcional à relação entre carga de matéria orgânica lançada e a capacidade de diluição/autodepuração do corpo receptor.</li> <li>• O lançamento de matéria orgânica possibilita o crescimento dos organismos heterotróficos existentes no meio aquático, causando o aumento do consumo de oxigênio com seu conseqüente depleciamento. Caso a demanda de oxigênio se torne maior que a capacidade de reoxigenação do corpo d'água instala-se em uma condição anaeróbica, com morte de alguns organismos que dependem do oxigênio (peixes, crustáceos etc.).</li> </ul>	<p>DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio no corpo receptor. Mede o teor de matéria orgânica existente na água. Em ambientes naturais assume valores em torno de 2 mg/l.</p> <p>OD - Oxigênio Dissolvido no corpo receptor. Mede o teor de oxigênio dissolvido na água. Em ambientes naturais assume valores próximos à saturação, cerca de 7 mg/l.</p> <p>Para as águas classe 2 é estipulado na resolução 020 do CONAMA um DBO máximo de 5mg/l no corpo d'água, bem como OD? 5mg/l.</p>	<p>O controle deve ser efetuado sobre as fontes de carga orgânica, de forma que o lançamento seja restrito a cargas assimiláveis pelo corpo receptor. A carga assimilável depende das características naturais do corpo receptor, principalmente da capacidade de auto-depuração e volume, associada ao tempo de residência na massa d'água.</p> <p>As fontes de cargas orgânicas devem ser tratadas de forma a se remover a matéria orgânica, impedindo seu lançamento direto nos corpos d'água.</p> <p>Uma vez que se deixa de lançar a matéria orgânica no corpo d'água, existe uma natural reversão do quadro, com recuperação da qualidade original da água.</p> <p>A recuperação é mais rápida em cursos d'água e mais lenta nos lagos.</p> <p>O tratamento/remoção de matéria orgânica se dá normalmente por via biológica, através de estações de tratamento de efluentes. Exemplos de processos são as lagoas de estabilização, reatores anaeróbicos ou processos de lodo ativado.</p>

Continuação - Folha 02 - Qaudrado 4

FATOR	DANO POTENCIAL	INDICADORES	CONTROLE/REVERSÃO
<p>2. Sólidos em Suspensão (matéria orgânica).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lançamento de forma pontual ou difusa em corpos d'água de superfície, de sólidos oriundos dos diversos usos antrópicos.</li> <li>• Geralmente, porveinientes de processos erosivos, os sólidos são associados ao escoamento superficial proveniente dos diferentes usos do solo e transportados pela água pluvial. Também são encontrados em efluentes sanitários, industriais ou atividades de mineração.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento na turbidez e nos depósitos de sedimentos na calha dos cursos d'água e fundo dos lagos.</li> <li>• O aumento da turbidez tem conseqüências diretas no ecossistema aquático, provocando alterações na fauna e flora existentes. A menor penetração da luz solar diminui a produção de oxigênio pelas algas, provocando a redução do teor de oxigênio dissolvido, com efeito negativo na fauna. A falta de luz provoca a morte de determinada parcela da flora aquática.</li> <li>• o depósito de sedimentos nas calhas dos cursos d'água provoca o surgimento de enchentes, já que o volume ocupado pelos sedimentos pode roenar a seção de escoamento insuficiente por ocasião das cheias dos rios. Os danos sobre as atividades humanas podem ser significativos.</li> <li>• O assoreamento de lagos provoca profundas alterações no equilíbrio ecológico, com redução do tempo de detenção, redução do volume, com conseqüências sobre a fauna e flora existentes com possibilidade de alteração no grau trófico do lago.</li> </ul>	<p>SS - Teor de sólidos em suspensão. Mede a quantidade de sólidos no meio líquido, indicando a massa de sólidos que é transportada e que tem potencial de sedimentação.</p> <p>Profundidade. Permite verificar alterações provocadas na seção de escoamento, devido ao depósito de sedimentos.</p> <p>Deve ser observado que o teor de SS natural de um curso d'água pode variar muito em função das próprias características geológicas da sua bacia de drenagem, associadas aos diferentes usos do solo.</p> <p>Na resolução 020 do CONAMA é estabelecido um limite de 100 UNT's de turbidez, unidade que está relaiconada com a quantidade de sólidos em suspensão.</p>	<p>O controle deve ser efetuado sobre as fontes de sólidos, de forma a se minimizar a quantidade lançada nos corpos d'água.</p> <p>Nos casos mais graves pode ser utilizada a dragagem como forma de se remover sedimentos de fundo.</p> <p>O tratamento/reversão dos sólidos pode ser feito por decantação, através do uso de tanques de decantação ou bacias de decantação no próprio treeno. No caso de atividades de mineração são construídas lagoas de decantação.</p>

Continuação - Folha 03 - Qaudrado 4

FATOR	DANO POTENCIAL	INDICADORES	CONTROLE/REVERSÃO
<p>3. Contaminates patogênicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lançamento de microorganismos causadores de doenças de veiculação hídrica, de forma pontual ou difusa.</li> <li>• São associados principalmente a efluentes sanitários, encontrando-se em grande quantidade em esgotos domésticos e, em alguns casos, em esgotos hospitalares.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento do teor de contaminantes patogênicos na massa líquida provoca a proliferação de doenças de veiculação hídrica, com queda na qualidade de vida da população e o aumento de doenças infecto-contagiosas.</li> </ul>	<p>Coliformes fecais. O número de coliformes fecais presentes na massa líquida é indicativo da qualidade da água, já que sua presença indica o lançamento de fezes na mesma e conseqüente presença de organismos patogênicos. Segundo a resolução 020 do CONAMA, para a água ser considerada de classe II, o número mais provável de coliformes totais não deve exceder a 500/120 ml e o NMP de coliformes fecais a 1000/100 ml.</p>	<p>O controle deve ser efetuado junto às fontes de lançamento, de forma a reduzir a quantidade de coliformes a valores aceitáveis no corpo receptor.</p> <p>Uma vez cessado o lançamento de patogênicos existe uma natural reversão do problema e a recuperação da qualidade natural da água quanto a este item.</p> <p>Seu tratamento é feito pelos processos de tratamento de efluentes sanitários, que, geralmente, promovem a remoção em alto grau dos patogênicos presentes nos esgotos. As lagoas de estabilização são excelentes processos para a eliminação de patogênicos.</p>

Continuação - Folha 04 - Qaudrado 4

FATOR	DANO POTENCIAL	INDICADORES	CONTROLE/REVERSÃO
<p>4. Nutrientes.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lançamento de forma pontual ou difusa de nutrientes, Fósforo e Nitrogênio em corpos d'água de superfície, oriundos dos diversos usos antrópicos.</li> <li>• Os nutrientes estão presentes nos esgotos domésticos, em efluentes industriais e dissolvidos suspensos na água proveniente de processos de lixiviação (escoamento superficial e/ou infiltração) em solos de áreas agrícolas, após a aplicação de fertilizantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento do teor de nutrientes no corpo d'água, acarretando a possibilidade de eutrofização do mesmo. A eutrofização, com crescimento massivo de algas, provoca alterações profundas na qualidade natural das águas, alterando significativamente a flora e a fauna existentes, podendo tornar impróprios o uso da água, não só para os seres humanos como também para os animais.</li> <li>• O crescimento maciço de algas pode provocar a total depleção do teor de oxigênio das águas com conseqüente morte de peixes, crustáceos, plâncton etc., tornando a água fétida e repugnante.</li> <li>• A eutrofização surge como problema especialmente em corpos d'água onde o tempo de retenção é elevado (lagos ou rios de águas com baixa velocidade de escoamento).</li> </ul>	<p>São indicadores de teor de nutrientes na água os teores de:</p> <p>PT - Fósforo total  PO4 - Fósforo solúvel  NT - Nitrogênio total  NH3 - Amônia  NO3 - Nitrato</p> <p>Os teores natruais dos nutrientes são usualmente baixos, mas podem variar de região, em função das características das bacias de drenagem do sistema hídrico. Contudo, estes níveis vêm sofrendo modificações substanciais, devido à ocupação humana desordenada.</p> <p>Os lagos são classificados, segundo o grau trófico, em oligotróficos, onde a concentração de nutrientes é baixa; mesotróficos, onde se verificam nutrientes em quantidade que já permite um certo desenvolvimento de algas; e eutróficos, onde o crescimento de algas é significativo.</p> <p>Na resolução 020 do CONAMA são estabelecidos os seguintes limites para a classe II:</p> <p>Fósforo Total ≤ 0,025 mg/l  Amônia ≤ 0,02 mg/l  Nitrato ≤ 10 mg/l  Nitrito ≤ 1,0 mg/l</p>	<p>O controle deve ser feito sobre a fonte de nutrientes de forma a reduzir o lançamento dos mesmos nos corpos d'água.</p> <p>Após cessdo o lançamento, existe uma reversão da eutrofização. O processo é lento em lagos, podendo levar alguns anos e mais rápidos nos cursos d'água, onde a própria renovação da água tende a reverter o quadro.</p> <p>A remoção dos nutrientes pode ser efetuada, através de processos biológicos ou químicos, em estações de tratamento. O controle no campo é associado à correta aplicação de fertilizantes e à própria técnica agrícola, com controle da erosão e escoamento superficial.</p>

Continuação - Folha 05 - Qaudrado 4

FATOR	DANO POTENCIAL	INDICADORES	CONTROLE/REVERSAO																																				
<p>5. Produtos Tóxicos.</p> <p>5.1. Metais Pesados.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lançamento, de forma pontual ou difusa, de metais pesados oriundos dos diversos usos antrópicos.</li> <li>• Os metais pesados estão associados a efluentes industriais, estando presentes em pequena quantidade em águas pluviais de áreas urbanas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A presença de metais pesados na água, em sua forma livre ou complexada provoca efeitos danosos à flora e fauna existentes e traz conseqüências prejudiciais ao homem, seja pela ingestão direta da água contaminada, seja pela cadeia alimentar. Muitos metais pesados apresentam altos níveis de toxicidade, tanto para a fauna quanto para a flora. Mesmo em baixas concentrações, certos metais pesados proporcionam toxicidade crônica em vários organismos, provocando desordens cromossômicas, efeitos teratogênicos, vem como perturbações de comportamento.</li> </ul> <p>Os metais pesados podem se incorporar à cadeia trófica prejudicando toda um série de organismos.</p>	<p>A concentração de metais pesados deve ser determinada, através de análises laboratoriais e os valores obtidos devem ser confrontados com os limites previstos na legislação.</p> <p>Os principais metais pesados a serem considerados dependem de suas possíveis fontes, já que existe uma íntima relação entre o uso antrópico e o metal pesado que potencialmente é produzido pelo mesmo. A resolução 020 do CONAMA prevê para os metais pesados mais comuns os seguintes limites de concentração nos corpos d'água classe II:</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td>  Mercúrio</td><td>≤</td><td>0,0002</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>  Cobre</td><td>≤</td><td>0,02</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>  Zinco</td><td>≤</td><td>0,18</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>  Cádmio</td><td>≤</td><td>0,001</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>  Níquel</td><td>≤</td><td>0.025</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>  Alumínio</td><td>≤</td><td>0,1</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>  Cromo Hex</td><td>≤</td><td>0,05</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>  Mangânes</td><td>≤</td><td>0,1</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>  Prata</td><td>≤</td><td>0,01</td><td>mg/l</td></tr> </table> <p>Cada metal pesado tem efeito próprio no meio aquático, devendo-se efetuar um estudo dirigido para avaliar determinada situação.</p>	Mercúrio	≤	0,0002	mg/l	Cobre	≤	0,02	mg/l	Zinco	≤	0,18	mg/l	Cádmio	≤	0,001	mg/l	Níquel	≤	0.025	mg/l	Alumínio	≤	0,1	mg/l	Cromo Hex	≤	0,05	mg/l	Mangânes	≤	0,1	mg/l	Prata	≤	0,01	mg/l	<p>O controle do lançamento de metais pesados deve ser feito nas suas fontes de produção de forma a impedir que os mesmos cheguem ao corpo d'água.</p> <p>A reversão de uma situação instalada é bastante difícil, notadamente quando existe a presença do metal pesado nos sedimentos.</p> <p>O tratamento dos metais pesados geralmente se dá por processos físico-químicos em estações de tratamento construídas para tal fim. A destinação final deve ser bem estudada para que não haja retorno ao meio ambiente. Quando possível, deve ser dada preferência à reciclagem.</p>
Mercúrio	≤	0,0002	mg/l																																				
Cobre	≤	0,02	mg/l																																				
Zinco	≤	0,18	mg/l																																				
Cádmio	≤	0,001	mg/l																																				
Níquel	≤	0.025	mg/l																																				
Alumínio	≤	0,1	mg/l																																				
Cromo Hex	≤	0,05	mg/l																																				
Mangânes	≤	0,1	mg/l																																				
Prata	≤	0,01	mg/l																																				

Continuação - Folha 06 - Qaudrado 4

FATOR	DANO POTENCIAL	INDICADORES	CONTROLE/REVERSÃO
<p>PRINCIPAIS METAIS PESADOS</p> <p>Mercúrio</p> <p>Chumbo</p> <p>Cobre</p> <p>Cádmio</p> <p>Zinco</p>	<p>Entra na cadeia alimentar causando teratogênese, Carcinogênese e perturbações neurológicas, podendo levar à morte.</p> <p>Intoxicação, saturnismo. Pode levar à morte.</p> <p>Tóxico para diversos organismos aquáticos, inclusive algas.</p> <p>No homem, causa doenças diversas como gastrites, osteoporoses, efisema pulmonar, danos ao fígado etc.</p> <p>Traz problemas nos corpos d'água, provoca morte de peixes.</p>	<p>Presença de mercúrio em sedimentos e em organismos aquáticos como, por exemplo, peixes.</p> <p>Presença de chumbo nos sedimentos e na água.</p> <p>Presença de cobre nos sedimentos e na água.</p> <p>Presença de cádmio nos sedimentos e na água.</p> <p>Presença de zinco nos sedimentos e na água.</p>	<p>Controlar o uso de mercúrio. Impedir o lançamento por efluentes industriais.</p> <p>Controlar o uso do chumbo de forma a impedir seu lançamento.</p> <p>Controlar o uso de cobre de forma a impedir seu lançamento.</p> <p>Controlar o uso do cádmio de forma a impedir seu lançamento.</p> <p>Controlar o uso do zinco de forma a impedir seu lançamento.</p>

Continuação - Folha 07 - Qaudrado 4

FATOR	DANO POTENCIAL	INDICADORES	CONTROLE/REVERSÃO																																																																																				
<p>5.2. Agrotóxicos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A atividade agrícola que faz uso de insumos químicos, tais como inseticidas e fungicidas para controle de pragas, ou ainda, de herbicidas, para o controle das chamadas “ervas daninhas”, pode ocasionar a contaminação de lençóis freáticos e/ou corpos hídricos por essas substâncias, seus produtos de degradação e/ou metabólitos.</li> <li>• A contaminação de corpos hídricos pode ocorrer de forma direta ou indireta: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Direta: <ul style="list-style-type: none"> <li>- pela aplicação de agrotóxicos próxima a corpos hídricos que, por deriva, atingem esses ecossistemas.</li> <li>- pela aplicação de agrotóxicos em culturas que utilizam irrigação do tipo “inundação”.</li> <li>- pela lavagem de tanques e equipamentos de aplicação/pulverização em corpos hídricos.</li> <li>- pela lavagem ou abandono de embalagens usadas de agrotóxicos às margens de corpos hídricos.</li> </ul> </li> <li>• Indireta: <ul style="list-style-type: none"> <li>- pelo transporte horizontal (escoamento superficial) ou vertical (lixiviação), através do solo.</li> <li>- pelo transporte, através do compartimento aéreo, como é o caso de substâncias voláteis.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agrotóxicos são geralmente substâncias químicas com alta toxicidade aguda e/ou crônica para um ou mais organismos de diferentes níveis tróficos, como microorganismos aquáticos, algas, crustáceos, peixes etc.</li> <li>• Muitos agrotóxicos possuem alto potencial de bioacumulação em determinados organismos, podendo desencadear um processo de biomagnificação, afetando organismos de níveis tróficos distintos, levando ao comprometimento de toda uma rede trófica.</li> </ul>	<p>Presença de resíduos de agrotóxicos na água (superficial e lençol freático) e em peixes, por exemplo.</p> <p>A resolução 020 do CONAMA prevê os seguintes valores limites para agrotóxicos nos corpos d'água da classe II:</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td>Aldrin</td><td>≤</td><td>0,01</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>Clordano</td><td>≤</td><td>0,04</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>DDT</td><td>≤</td><td>0,002</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>Dieldrin</td><td>≤</td><td>0,005</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>Endrin</td><td>≤</td><td>0,004</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>Endossulfan</td><td>≤</td><td>0,056</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>Epóxido de</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>  Heptacloro</td><td>≤</td><td>0,01</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>  Heptacloro</td><td>≤</td><td>0,01</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>  Lindano</td><td>≤</td><td>0,02</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>  Metoxicloro</td><td>≤</td><td>0,03</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>  Dodecacloro</td><td>≤</td><td>0,001</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>  Toxafeno</td><td>≤</td><td>0,01</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>  Duncton</td><td>≤</td><td>0,1</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>  Gution</td><td>≤</td><td>0,005</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>  Malation</td><td>≤</td><td>0,1</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>  Paration</td><td>≤</td><td>0,04</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>  Carbaril</td><td>≤</td><td>0,02</td><td>mg/l</td></tr> </table> <p>Compostos fosforados carbonatados totais &lt; 10,0 mg/l em Paration</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td>2,4 - D</td><td>≤</td><td>4,0</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>2,4,5 - TP</td><td>≤</td><td>10,0</td><td>mg/l</td></tr> <tr><td>2,4,5 - T</td><td>≤</td><td>2,0</td><td>mg/l</td></tr> </table>	Aldrin	≤	0,01	mg/l	Clordano	≤	0,04	mg/l	DDT	≤	0,002	mg/l	Dieldrin	≤	0,005	mg/l	Endrin	≤	0,004	mg/l	Endossulfan	≤	0,056	mg/l	Epóxido de				Heptacloro	≤	0,01	mg/l	Heptacloro	≤	0,01	mg/l	Lindano	≤	0,02	mg/l	Metoxicloro	≤	0,03	mg/l	Dodecacloro	≤	0,001	mg/l	Toxafeno	≤	0,01	mg/l	Duncton	≤	0,1	mg/l	Gution	≤	0,005	mg/l	Malation	≤	0,1	mg/l	Paration	≤	0,04	mg/l	Carbaril	≤	0,02	mg/l	2,4 - D	≤	4,0	mg/l	2,4,5 - TP	≤	10,0	mg/l	2,4,5 - T	≤	2,0	mg/l	<p>o controle depende de uma maior conscientização da comunidade agrícola, quanto aos riscos advinhos dos usos de agrotóxicos.</p> <p>Evitar lavagem de equipamentos de aplicação/pulverização diretamente nos corpos hídricos.</p> <p>Promover a destinação adequada de embalagens usadas de agrotóxicos.</p> <p>Não fazer pulverização aérea, por meio de aeronaves, próxima a corpos hídricos.</p>
Aldrin	≤	0,01	mg/l																																																																																				
Clordano	≤	0,04	mg/l																																																																																				
DDT	≤	0,002	mg/l																																																																																				
Dieldrin	≤	0,005	mg/l																																																																																				
Endrin	≤	0,004	mg/l																																																																																				
Endossulfan	≤	0,056	mg/l																																																																																				
Epóxido de																																																																																							
Heptacloro	≤	0,01	mg/l																																																																																				
Heptacloro	≤	0,01	mg/l																																																																																				
Lindano	≤	0,02	mg/l																																																																																				
Metoxicloro	≤	0,03	mg/l																																																																																				
Dodecacloro	≤	0,001	mg/l																																																																																				
Toxafeno	≤	0,01	mg/l																																																																																				
Duncton	≤	0,1	mg/l																																																																																				
Gution	≤	0,005	mg/l																																																																																				
Malation	≤	0,1	mg/l																																																																																				
Paration	≤	0,04	mg/l																																																																																				
Carbaril	≤	0,02	mg/l																																																																																				
2,4 - D	≤	4,0	mg/l																																																																																				
2,4,5 - TP	≤	10,0	mg/l																																																																																				
2,4,5 - T	≤	2,0	mg/l																																																																																				

Continuação - Folha 08 - Qaudrado 4

FATOR	DANO POTENCIAL	INDICADORES	CONTROLE/REVERSÃO
<p>5.3. Derivados do Petróleo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lançamento de forma pontual ou difusa nos corpos d'água de produtos derivados de petróleo utilizados nas atividades antrópicas.</li> <li>• O lançamento é associado a acidentes com transporte, beneficiamento ou uso dos derivados do petróleo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os derivados de petróleo quando lançados em um corpo d'água provocam efeitos negativos na flora e fauna, tanto pelas suas características de toxicidade a determinados organismos, como, principalmente, pelas suas características físico-químicas, que devido à sua baixa densidade, alta viscosidade e alta tensão superficial, além de baixa solubilidade na água, tendem a formar filmes que impedem a normal interação entre os organismos e o seu meio, causando morte por asfixia, inanição, imobilização etc.</li> </ul>	<p>A presença de óleos no corpo d'água pode ser detectada por simples inspeção visual, pela formação de filmes na superfície ou através de análises laboratoriais.</p> <p>A presença de hidrocarbonetos está associada ao tipo de uso antrópico que lhe dá origem, devendo-se averiguar o produto a ser avaliado de acordo com a sua fonte. Do ponto de vista do recurso hídrico, são importantes todos os derivados do petróleo, já que sua presença na água é de todo indesejável.</p> <p>Na resolução 020 do CONAMA são estabelecidos os seguintes limites para alguns derivados do petróleo - água classe II:</p> <p>Óleos e graxas - virtualmente ausentes          Benzeno ≤ 0,01 mg/l          Benzo-a-pireno ≤ 0,00001 mg/l</p>	<p>O controle de lançamento de derivados do petróleo em corpos d'água deve se dar principalmente na sua origem, de forma a impedir totalmente seu lançamento.</p> <p>No caso de lançamento devido a acidentes, o controle da situação é difícil, implicando em prolongados danos ao meio aquático.</p>

Continuação - Folha 09 - Qaudrado 4

FATOR	DANO POTENCIAL	INDICADORES	CONTROLE/REVERSÃO																																												
<p>5.4. Demais Produtos Tóxicos/Poluentes.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lançamentos de forma pontual ou difusa de produtos tóxicos diversos nos corpos d'água, tais como PCB's, ácidos, bases, fenol, cianeto etc.</li> <li>• São associados a efluentes industriais e são definidos pelo próprio processo industrial adotado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geralmente relacionados a atividades industriais, vários produtos são potencialmente prejudiciais à qualidade natural da água/flora/fauna com efeitos distintos sobre cada componente do meio aquático.</li> <li>• PCB's - BIFENAIIS POLICLORADOS - São substâncias altamente persistentes no ambiente e bioacumuláveis. Possuem potencial carcinogênico.</li> <li>• Ácidos e bases alteram o pH do corpo líquido provocando mudanças no equilíbrio ecológico aquático. Em valores extremos podem provocar a morte de organismos.</li> <li>• Fenóis são venenosos para organismos aquáticos e plantas.</li> <li>• Na resolução 020 do CONAMA estão relacionados todos os produtos que sob o ponto de vista da qualidade da água devem ser controlados, com as concentrações máximas admissíveis no meio líquido.</li> </ul>	<p>Como indicadores devem ser verificadas as concentrações dos diversos produtos avaliados na água. De acordo com cada caso, deve haver uma pesquisa direcionada ao produto que, de acordo com o uso antrópico é o provável causador de degradação ambiental.</p> <p>PCB's podem ser detectados em peixes ou outros organismos aquáticos.</p> <p>A resolução 020 do CONAMA estabelece os valores limites para uma série de produtos tóxicos na água. Para as águas classe II existem os seguintes limites:</p> <table border="0" data-bbox="1131 766 1579 1125"> <tr> <td>Cianetos</td> <td>≤</td> <td>0,01</td> <td>mg/l</td> </tr> <tr> <td>Cloretos</td> <td>≤</td> <td>250</td> <td>mg/l</td> </tr> <tr> <td>1,2 dicloroetano</td> <td>≤</td> <td>0,0003</td> <td>mg/l</td> </tr> <tr> <td>1,2 dicloroetano</td> <td>≤</td> <td>0,01</td> <td>mg/l</td> </tr> <tr> <td>Índice de fenóis</td> <td>≤</td> <td>0,001</td> <td>mg/l</td> </tr> <tr> <td>Tensonativos</td> <td>≤</td> <td>0,5</td> <td>mg/l</td> </tr> <tr> <td>Tetracloroetano</td> <td>≤</td> <td>0,01</td> <td>mg/l</td> </tr> <tr> <td>Tricloroetano</td> <td>≤</td> <td>0,03</td> <td>mg/l</td> </tr> <tr> <td>Tetracloroeto de C</td> <td>≤</td> <td>0,003</td> <td>mg/l</td> </tr> <tr> <td>2,4,6 Triclorofenol</td> <td>≤</td> <td>0,01</td> <td>mg/l</td> </tr> <tr> <td>PCB's</td> <td>≤</td> <td>0,001</td> <td>mg/l</td> </tr> </table>	Cianetos	≤	0,01	mg/l	Cloretos	≤	250	mg/l	1,2 dicloroetano	≤	0,0003	mg/l	1,2 dicloroetano	≤	0,01	mg/l	Índice de fenóis	≤	0,001	mg/l	Tensonativos	≤	0,5	mg/l	Tetracloroetano	≤	0,01	mg/l	Tricloroetano	≤	0,03	mg/l	Tetracloroeto de C	≤	0,003	mg/l	2,4,6 Triclorofenol	≤	0,01	mg/l	PCB's	≤	0,001	mg/l	<p>Os produtos tóxicos devem ser controlados na sua fonte, de forma a impedir seu lançamento no corpo d'água.</p> <p>Os tratamentos são específicos ao produto, utilizando-se unidades de estabilização biológica, neutralização, precipitação, absorção etc.</p>
Cianetos	≤	0,01	mg/l																																												
Cloretos	≤	250	mg/l																																												
1,2 dicloroetano	≤	0,0003	mg/l																																												
1,2 dicloroetano	≤	0,01	mg/l																																												
Índice de fenóis	≤	0,001	mg/l																																												
Tensonativos	≤	0,5	mg/l																																												
Tetracloroetano	≤	0,01	mg/l																																												
Tricloroetano	≤	0,03	mg/l																																												
Tetracloroeto de C	≤	0,003	mg/l																																												
2,4,6 Triclorofenol	≤	0,01	mg/l																																												
PCB's	≤	0,001	mg/l																																												

Continuação - Folha 10 - Qaudrado 4

FATOR	DANO POTENCIAL	INDICADORES	CONTROLE/REVERSÃO
<p>6. Alteração no Regime Hidráulico.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento do escoamento superficial, captação, derivação ou barramento de cursos d'água, causando alterações em seu regime hidráulico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento do escoamento superficial.</li> <li>• O aumento da vazão em épocas de chuva e redução nas épocas das secas é conseqüência do desmatamento, urbanização ou uso agrícola extensivo de grandes áreas. Juntamente com o transporte de sedimentos, o aumento do vazão pode causar enchentes que normalmente não ocorreriam, bem como o aumento da capacidade erosiva das águas. As conseqüências são extremamente prejudiciais às atividades humanas.</li> <li>• A redução de vazão nas épocas das secas, além dos prejuízos sensíveis à flora e a fauna aquática, traz as conseqüências danosas às atividades humanas, notadamente em regiões com carência de água.</li> <li>• O barramento de cursos d'água altera totalmente as condições de equilíbrio ecológico do mesmo, provocando profundas alterações na flora e fauna aquáticas, bem como na própria qualidade da água.</li> <li>• A captação de água, notadamente para a irrigação, pode, em certos casos diminuir tão drasticamente o volume de água em um curso d'água que a sobrevivência de espécies da fauna aquática fica ameaçada.</li> </ul>	<p>São indicadores as séries históricas de vazões dos cursos d'água, bem como os dados de qualidade de água do curso d'água antes do seu barramento/captação.</p>	<p>Os danos causados pela impermeabilização dos solos são de difícil reversão, já que muitas vezes dependem de uma atuação em nível regional.</p> <p>Nos casos de captação de água, como para irrigação, a reversão é possível com a utilização racional dos recursos, captando apenas a vazão que não prejudique a manutenção da flora e fauna existentes.</p>

Continuação - Folha 11 - Qaudrado 4

FATOR	DANO POTENCIAL	INDICADORES	CONTROLE/REVERSÃO
<p>7. Alterações físicas nas margens e leito do corpo d'água(calha do rio).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Canalizações, dragagens, retificações, pavimentações etc, de cursos d'água, causando modificações na sua calha natural e na zona de transição água/solo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A alteração da calha natural, principalmente margens e áreas ribeirinhas provoca grandes prejuízos à flora e a fauna existentes, tanto no corpo d'água como nas áreas de transição (margens e áreas de inundação).</li> <li>• Para a fauna e flora aquáticas, a eliminação das margens e áreas de inundação provoca o desaparecimento de uma importante área de obtenção de alimentos e reprodução, causando uma redução na biodiversidade do corpo d'água com conseqüente redução na sua capacidade de autodepuração (reoxigenação).</li> <li>• A retificação/canalização do curso d'água provoca, através da eliminação das áreas naturais de inundação, que funcionam como atenuadores de picos de vazão, a propagação de picos de cheia para juzante da área canalizada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A quantidade de espécies de flora e fauna ribeirinhas em ambiente natural pode ser tomada como um ponto de referência na avaliação do dano provocado sobre o ambiente, no caso de sua eliminação.</li> <li>• A biodiversidade serve como indicador das alterações introduzidas no meio.</li> <li>• É importante ressaltar que as regiões ribeirinhas têm importância significativa tanto para o ambiente aquático como para o ambiente terrestre, já que trata-se de um refúgio para várias espécies, que ali encontram condições adequadas de alimentação, abrigo e reprodução.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As canalizações, retificações etc, devem ser introduzidas com técnicas que permitam a manutenção da fauna e flora locais. Isto pode ser obtido, através do uso de materiais que simulam as condições naturais ou de projetos de engenharia em harmonia com as características originais de relevo e vegetação, minimizando o prejuízo das modificações no corpo d'água.</li> </ul>

**QUADRO 4 - FATORES PREJUDICIAIS À QUALIDADE NATURAL DAS ÁGUAS.**

USO ANTRÓPICO	DANO POTENCIAL	AGENTE	POSSIBILIDADE DE CONTROLE/REVERSÃO
<p>1 - Ocupação Urbana.</p> <p>1.1 - Área de favelas.</p> <p>São consideradas favelas as áreas urbanas desprovidas de infra-estrutura básica, água, esgoto, coleta de lixo, drenagem pluvial. Urbanismo errático sem considerar topografia ou condição do solo.</p> <p>1.2 - Área Urbana</p> <p>São as áreas urbanas dotadas, pelo menos em parte, de urbanismo implantado com certa parcela de infra-estrutura já executada. Caracteriza-se pelo uso misto, com presença de habitações, comércio e pequenas indústrias.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carga orgânica (item 1, Quadro IV).</li> <li>• Contaminantes Patogênicos (item 3, Quadro IV).</li> <li>• Nutrientes (item 4, Quadro IV).</li> <li>• Sólidos em suspensão (item 2, Quadro IV).</li> <li>• Carga orgânica.</li> <li>• Contaminantes patogênicos.</li> <li>• Nutrientes (itens 1,3,4, Quadro IV).</li> </ul>	<p>Deposição inadequada dos esgotos sanitários e lixo urbano. A deposição é efetuada diretamente no solo, havendo transporte de esgotos sanitários e lixo por escoamento superficial, notadamente por ocasião das chuvas.</p> <p>A falta de urbanização ou coleta de lixo provoca um significativo transporte de materiais para o corpo d'água, por ocasião das chuvas, através do escoamento superficial da água de chuva.</p> <p>Sistema de esgotamento inexistente ou incompleto. Tratamento inadequado ou inexistente. Coleta de lixo parcial e destinação inadequada.</p>	<p>Esgotos Sanitários - Controle pode ser efetuado, através da construção de redes de coleta dos esgotos seguida de unidade de tratamento. Tratamento pode ser feito por lagoas de estabilização por seu baixo custo.</p> <p>Lixo - Controle é feito pela coleta, tratamento e disposição final adequada. Coleta seletiva e reciclagem dos materiais pode ser feita a baixo custo, utilizando a mão-de-obra local.</p> <p>O controle deve ser feito, através da urbanização da área, bem como coleta adequada do lixo.</p> <p>A construção de sistema de coleta de águas pluviais se torna necessária. A execução de bacias de decantação é aconselhável na saída das galerias.</p> <p>Esgotos Sanitários - Controle pode ser efetuado, através da construção de redes de coleta dos esgotos seguida de unidade de tratamento. Tratamento pode ser feito por lagoas de estabilização por seu baixo custo.</p> <p>Lixo - Controle é feito pela coleta, tratamento e disposição final adequada. Coleta seletiva e reciclagem dos materiais pode ser feita a baixo custo, utilizando a mão-de-obra local.</p> <p>Unidades de tratamento podem ser mecanizadas utilizando-se menos área e obtendo-se mais eficiência. Ex: Estação de tratamento de efluentes por lodo ativado.</p>

Continuação - Folha 02 - Quadro 5

USO ANTROPICO	DANO POTENCIAL	AGENTE	POSSIBILIDADE DE CONTROLE/REVERSÃO
<p>1.3 - Área Industrial</p> <p>São áreas voltadas para as atividades industriais, com indústria de médio e grande porte.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sólidos em suspensão</li> <li>• Derivados de petróleo (item 5.3, quadro IV).</li> <li>• Carga orgânica</li> <li>• Nutriente</li> <li>• Produtos Tóxicos</li> <li>• Sólidos em suspensão (itens 1, 2, 4, 5.1, 5.4, Quadro IV).</li> <li>• Derivados de petróleo (item 5.3, Quadro IV).</li> </ul>	<p>Sistema de coleta de lixo inadequado. Coleta e águas pluviais inadequadas.</p> <p>Presença de postos de gasolina, pequena industria, equipamentos mecânicos geram risco de lançamento de derivados de petróleo.</p> <p>Presença das industrias promove a produção, transporte, utilização de produtos que podem causar dano às águas de superfície.</p> <p>Presença de postos de gasolina, pequenas industrias, equipamentos mecânicos geram risco de lançamento de derivados de petróleo.</p>	<p>O controle deve ser feito, através da urbanização da área, bem como coleta adequada do lixo.</p> <p>A construção de sistema de coleta de águas pluviais se torna necessária. A execução de bacias de decantação é aconselhável na saída das galerias.</p> <p>Tornar obrigatória a caixa separadora de óleo de todas as instalações que utilizam derivados de petróleo. Regular o tráfego de veículos que transportem derivados de petróleo. Manter esquema de emergência para o caso de acidentes.</p> <p>Deve ser utilizada uma política de controle de efluentes que obrigue cada estabelecimento industrial a promover o tratamento de seus resíduos de forma a não comprometer a qualidade das águas. Cada indústria implantará o processo de tratamento de acordo com os poluentes que produz.</p> <p>Tornar obrigatória a caixa separadora de óleo de todas as instalações que utilizam derivados de petróleo. Regular o tráfego de veículos que transportem derivados de petróleo. Manter esquema de emergência para o caso de acidentes.</p>

Continuação - Folha 03 - Quadro 5

USO ANTROPICO	DANO POTENCIAL	AGENTE	POSSIBILIDADE DE CONTROLE/REVERSÃO
<p>2 - Agropecuária</p> <p>2.1 - Agricultura Extensiva</p> <p>Grandes áreas de monocultura de cana, soja ou arroz. Implicam o total desmatamento da área utilizada, uso intensivo de mecanização e aplicação de agrotóxicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carga Orgânica (item 1, Quadro IV)</li>   <li>• Sólidos (item 2, Quadro IV)</li>   <li>• Nutrientes (item 4, Quadro IV)</li>   <li>• Agrotóxicos (item 5.2, Quadro IV)</li>   <li>Regime hidráulico (item 6, Quadro IV)</li> </ul>	<p>O beneficiamento de produtos agrícolas tende a produzir efluentes de elevadas concentrações de matéria orgânica. O vinhoto, no caso da produção de álcool, é exemplo típico.</p> <p>A retirada da cobertura vegetal e o manuseio inadequado da terra provocam o surgimento de erosões com grande transporte de sólidos.</p> <p>A fertilização do solo com a utilização de adubos químicos pode acarretar no transporte dos nutrientes junto com a água de "run-off".</p> <p>A aplicação inadequada e em excesso de agrotóxicos, manejo inadequado das embalagens provoca seu transporte até os corpos d'água.</p> <p>As grandes áreas desmatadas provocam alterações no regime das águas em função da maior exposição do solo, maior compactação e maior esgotamento superficial.</p>	<p>Controle deve ser feito, através da implantação de unidades de tratamento dos efluentes. O tratamento por digestores anaeróbicos é bastante adequado para efluentes de altas concentrações de matéria orgânica. A disposição final pode ser feita pela própria área agrícola.</p> <p>Controle é obtido através do manejo adequado do solo, trabalhando sempre em curvas de nível, mantendo faixas arborizadas para quebra do escoamento das águas, bem como através da preservação da vegetação ribeirinha.</p> <p>A aplicação do fertilizante em quantidade correta, o manejo adequado do solo, o controle dos processos erosivos, conforme item acima, permitem a redução do risco do lançamento de nutrientes.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação restrita à quantidade necessária.</li> <li>• Manejo adequado das embalagens.</li> <li>• Manutenção de distância mínima do corpo-d'água, quando da aplicação.</li> <li>• Manutenção de áreas arborizadas.</li> <li>• Mesmas recomendações do item sólido, notadamente o combate às erosões e proteção da mata/vegetação ciliar.</li> </ul>

Continuação - Folha 04 - Qaudrado 5

USO ANTROPICO	DANO POTENCIAL	AGENTE	POSSIBILIDADE DE CONTROLE/REVERSÃO
<p>2.2 - De várzea</p> <p>Áreas de várzea são ocupadas por agricultura. Verificam-se desmatamentos das matas ciliares, drenagens de brejos, ressecamento do solo, perda de nutrientes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sólidos</li> <li>• Nutrientes</li> <li>• Agrotóxicos</li> <li>• Regime Hidráulico (itens 2,3,4 e 6 do Quadro IV)</li> </ul>	<p>Proximidade do curso d'água faz com que as conseqüências sejam diretas e imediatas. Desmatamento das matas ciliares com graves danos à flora e fauna locais.</p> <p>A drenagem prejudica sensivelmente a flora e fauna existentes nas áreas alagadas. Também verificam-se alterações no regime hídrico dos cursos d'água, com perda de vazão ao longo dos anos.</p>	<p>Processo deve ser questionado, áreas de várzea deveriam ser consideradas como áreas de interesse ecológico. Quando necessário, utilizar as mesmas recomendações de 2.2.</p>
<p>2.3 - Pecuária Extensiva</p> <p>Criação de gado de forma extensiva com retirada da cobertura vegetal natural e substituição por pastagens.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sólidos</li> <li>• Nutrientes</li> <li>• Regime Hidráulico</li> <li>• Patogênicos (itens 2,3,4 e 6, Quadro IV)</li> </ul>	<p>A retirada da cobertura vegetal natural aliada ao pisoteio constante dos animais, tende a provocar a compactação do solo, bem como sua lixivação. As conseqüências nos cursos d'água são o aumento da turbidez em função de processos erosivos, lançamento de nutrientes devido à lavagem dos solos, alteração no regime e presença de patogênicos em função das fezes dos animais.</p>	<p>A criação de gado confinado deve ser incentivada. As patragens devem ser manejadas da mesma forma do exposto no item 2.1, visando controlar o aporte de poluentes no curso d'água.</p>
<p>2.4 - Madereiras</p> <p>Retirada de madeira em grandes áreas de florestas, geralmente seguidas de criação de pastagens.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sólidos</li> <li>• Regime Hidráulico (itens 2 e 6, Quadro IV)</li> </ul>	<p>A retirada da cobertura vegetal favorece a perda de capacidade de infiltração do solo, aumentando a parcela de escoamento superficial. Provoca o surgimento de erosões e aumenta a quantidade de sólidos lançados no curso d'água, aumentando sua turbidez. Regime hídrico é alterado com maiores vazões na época de chuvas e menores nas secas.</p>	<p>O desmatamento deve ser seletivo, com permanência das espécies que não têm valor comercial. A Substituição da floresta por pastagens deve ser evitada, já que o valor econômico/produção dos pastos para criação extensiva é muito baixo.</p>
<p>2.5 - Queimadas</p> <p>Queimada em campos e florestas com objetivo de rebrota de pastagens ou preparo para desmatamento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sólidos</li> <li>• Nutrientes</li> <li>• Regime Hidráulico (itens 2,4 e 6, Quadro IV)</li> </ul>	<p>A queimada provoca uma significativa redução na cobertura vegetal do solo, aumentando sua exposição às intempéries. Esta situação diminui sua capacidade de retenção da água, favorecendo o escoamento superficial, com o aumento de processos erosivos, transportando sólidos para os cursos d'água. Juntamente com os sólidos são carregados nutrientes presentes nas cinzas da matéria orgânica, provocando o aumento da concentração dos mesmos no corpo receptor</p> <p>Simultaneamente, verifica-se uma alteração no regime hidráulico do curso d'água em decorrência do aumento do escoamento superficial ("run-off").</p>	<p>As queimadas devem ser evitadas como regra geral, pois trata-se de uma atividade danosa ao meio ambiente.</p>

Continuação - Folha 05 - Qaudrado 5

USO ANTROPICO	DANO POTENCIAL	AGENTE	POSSIBILIDADE DE CONTROLE/REVERSÃO
<p>3 - Mineração</p> <p>3.1 - Garimpo</p> <p>Garimpo de ouro geralmente por desmonte de barrancos de rios ou por dragagem de fundo de rios.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sólidos (item 2, Quadro IV)</li> <li>• Produtos Tóxicos (item 5.1, Quadro IV)</li> <li>• Metais Pesados</li>   <li>• Derivados de Petróleo (item 5.3, Quadro IV)</li> </ul>	<p>O desmonte dos barrancos, através de jateamento com água, provoca um grande lançamento de sólidos no curso d'água. Verifica-se um grande aumento de turbidez e o assoreamento dos cursos d'água.</p> <p>Também a flora e a fauna ribeirinhas são grandemente afetadas.</p> <p>Nos garimpos brasileiros grande quantidade de mercúrio metálico é utilizada para a extração do ouro. o sistema é totalmente sem controle, acarretando grande perda de mercúrio por ATM e corpo d'água.</p> <p>A utilização de bombas centrífugas movidas a motores a óleo diesel é muito comum nos garimpos. Geralmente, os equipamentos carecem de manutenção e com grande perda de óleo, seja dos motores, seja dos improvisados tanques de estocagem. O óleo perdido fatalmente chega ao curso d'água local.</p>	<p>A atividade de garimpo deve ser melhor fiscalizada de forma a que os rejeitos sejam pré-tratados antes do seu lançamento no corpo receptor, através de bacias de sedimentação. A recuperação das áreas degradadas também deve ser exigida. Áreas de interesse ecológico devem ter proibição de garimpo.</p> <p>Maior controle das atividades de garimpo. Utilização de equipamentos tipo sistema fechado (retorta) para recuperação do mercúrio.</p> <p>Maior rigor na importação/comercialização de mercúrio, só sendo efetuadas as vendas para lavras que sejam fiscalizadas.</p> <p>Maior controle das atividades de garimpo, exigindo-se equipamentos adequados, tanques de captação/separação de óleos.</p>
<p>3.2 - Extração a céu aberto</p> <p>3.2.1 - Cascalheiras</p> <p>É comum nas áreas vizinhas aos núcleos urbanos a abertura de grandes jazidas de cascalho, para utilização nas estradas das cidades. Geralmente, são pouco profundas e atingem grandes áreas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sólidos (item 2, Quadro IV)</li> </ul>	<p>As cascalheiras são abertas geralmente sem nenhum controle, acarretando o surgimento de processos erosivos e lançamento de sólidos nos cursos d'água.</p>	<p>Controle deve ser feito, através da fiscalização. Pontos de saída das águas de escoamento superficial deveriam prever a construção de tanques de sedimentação para a redução dos sólidos lançados no corpo receptor.</p> <p>Atividade deve ser precedida de RIMA.</p>

			mecanizada e adoção de políticas de educação ambiental.
Extrativismo Vegetal	Não há danos.	Preservação da biodiversidade com a manutenção de flora e fauna nativas.	Fortalecimento das entidades representativas de classe de explorador (seringalista, etc.).
Obras Civas (construção de estradas, ferrovias e linhas de transmissão de energia energia).	Abertura de corredores interrompendo a continuidade de feições fitoecológicas, o fluxo migratório de fauna e facilitando a penetração com vistas à ocupação de áreas.	Os danos potenciais são medidos por comprimento e largura de vias e linhas de transmissão	
Uso urbano	Perda de cobertura vegetal nativa protetora contra agentes erosivos; impermeabilização do solo; contaminação de aquíferos e drenos; processos erosivos devido ao escoamento de águas pluviais.	Os danos potenciais medidos por: área de cobertura vegetal removida; área de impermeabilização de solo, carga poluentes urbanos; graus de concentração de efluentes fluviais	Planos e projetos de ocupação que minimizem a retirada de cobertura vegetal e impermeabilização dos solos, incentivos à construção de áreas verdes, disseminadas no território urbano; implantação de sanamento básico, drenagem pluvial incorporada na concepção urbanística das cidades.

Continuação - Folha 07 - Qaudrado 5

USO ANTROPICO	DANO POTENCIAL	AGENTE	POSSIBILIDADE DE CONTROLE/REVERSÃO
<p>5 - Barramentos nos cursos d'água (construção de barragens para a acumulação de água para usos diversos)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteração no regime hidráulico (item 6, Quadro IV)</li> </ul>	<p>Com o barramento do curso d'água, altera-se totalmente a flora e fauna aquáticas. Em um reservatório as condições ambientais são diferentes das em um curso d'água onde existe o movimento da água.</p> <p>A qualidade da água do reservatório pode se tornar inadequada caso ocorram problemas de assoreamento ou eutrofização.</p>	<p>A construção de barragens deve prever meio para preservar o trânsito de espécies aquáticas, como a utilização de escadas para peixes, por exemplo.</p> <p>Evitar a eutrofização e assoreamento de um lago é tarefa complexa e exige toda uma política de preservação da qualidade dos recursos hídricos em toda a bacia de captação.</p>
<p>6 - Captações</p> <p>Captação para abastecimento ou irrigação</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteração no regime hidráulico (item 6, Quadro IV)</li> </ul>	<p>A capatação da água pode reduzir significativamente a vazão do curso d'água, impossibilitando a sobrevivência de espécies de flora e fauna aquáticas. A redução da vazão diminui a capacidade de autodepuração do curso d'água.</p>	<p>Deve-se limitar a captação à vazão que pode ser assimilada pelo curso d'água, mantendo o volume m'nimo necessário para sua preservação e manutenção da flora e fauna existentes.</p>
<p>7 - Obras nos cursos d'água</p> <p>Retificação, canalização, derivação de cursos d'água, visando controle de enchentes, navegabilidade etc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sólidos</li> <li>• Alteração no regime hidráulico</li> <li>• Alteração física nas margens e região ribeirinha. (itens 2,7 e 8, Quadro IV)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sólidos. A alteração do regime hídrico provocada por obras de retificação ou canalização dos cursos d'água pode acarretar no aumento do poder erosivo das águas, seja na área retificada, seja a jusante da mesma.</li> <li>• Regime hidráulico. As obras de canalização geralmente alteram o regime hidráulico do curso d'água, provocando alterações nas vazões médias, mínimas e máximas.</li> <li>• Pavimentações/revestimentos das margens geralmente associadas às obras de canalização provocam sensíveis prejuízos à flora e fauna ribeirinhas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obras de retificação devem ser baseadas em detalhados estudos hidrológicos e hidráulicos, de forma a não surgirem efeitos não previstos no projeto original.</li> <li>• A utilização de projetos de engenharia que simulem as condições naturais permitem uma menor agressão à flora e fauna locais.</li> </ul>

Continuação - Folha 08 - Qaudrado 5

USO ANTROPICO	DANO POTENCIAL	AGENTE	POSSIBILIDADE DE CONTROLE/REVERSÃO
<p>8 - Portos</p> <p>Construção de portos para atracamento de navios.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carga orgânica</li> <li>• Patogênicos</li> <li>• Metais pesados</li> <li>• Derivados de petróleo</li> <li>• Produtos tóxicos</li> <li>• Alterações físicas nas margens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A construção de portos envolve a movimentação de cargas que podem ser prejudiciais à qualidade da água.</li> <li>• Derivados de petróleo, produtos tóxicos e outros poluentes são cargas usuais que ao serem movimentadas proporcionam o risco de contaminação, principalmente em casos de acidentes.</li> <li>• A própria população verificada nos portos produz efluentes sanitários que devem ser destinados adequadamente.</li> <li>• As águas pluviais que lavam os pátios também são fontes de contaminação, já que transportam os resíduos presentes no solo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nos portos deve ser dada especial importância às medidas de prevenção e controle de acidentes.</li> <li>• Os pátios devem ser dotados de sistemas de águas pluviais que possam reter as águas em caso de acidentes, devendo possuir sistemas de remoção de óleos e graxas, bem como de resíduos grosseiros.</li> <li>• Os efluentes sanitários devem ser devidamente tratados.</li> <li>• Deve ser dada preferência à localização dos portos.</li> </ul>
<p>9 - Navegação</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metais pesados</li> <li>• Derivados de petróleo</li> <li>• Produtos tóxicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A navegação em cursos d'água com o transporte de cargas que podem ser prejudiciais ao corpo d'água representa um risco potencial quanto ao lançamento de produtos tóxicos, metais pesados etc.</li> <li>• A utilização de navios movidos a motores de combustão interna sempre traz a possibilidade de lançamento de derivados de petróleo nas águas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A prevenção deve ser feita através da regulamentação do transporte de produtos poluentes, bem como na utilização de técnicas de controle de acidentes com cargas tóxicas.</li> <li>• o controle do lançamento de derivados de petróleo deve ser feito na fiscalização direta sobre os navios que navegam na área.</li> </ul>

QUADRO 6 - INTER-RELAÇÃO ENTRE OS FATORES PREJUDICIAIS E OS USOS ANTRÓPICOS - DANO POTENCIAL

USO ANTRÓPICO	OCUPAÇÃO URBANA			AGROPECUÁRIA				MINERAÇÃO			ESTRADAS	BARRAMENTOS	CAPTAÇÕES	OBRAS NOS CURSOS D'ÁGUA	PORTOS	NAVEGAÇÃO
	FAVELAS	ÁREA URBANA	ÁREA INDUSTRIAL	AGRICULTURA EXTENSIVA	DE VÁRZEA	PECUÁRIA	QUEIMADAS	MADEIREIRAS	GARIMPO	CÉU ABERTO						
FATOR PREJUDICIAL																
CARGA ORGÂNICA	■	■	■	■	■											■
SÓLIDOS EM SUSPENSÃO	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■		■
PATOGÊNICOS	■	■				■										■
NUTRIENTES	■	■	■	■	■	■	■									
METAIS PESADOS		■	■						■	■		■				■
AGROTÓXICOS				■	■			■								
DERIVADOS DE PETRÓLEO		■	■					■	■	■		■				■
DEMAIS PRODUTOS TÓXICOS			■								■					■
ALTERAÇÃO HIDROLÓGICA		■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
ALTERAÇÃO FÍSICA	■	■	■						■	■				■		■

### 2.5.3 INTENSIDADE DE DANOS POTENCIAIS AOS SOLOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Márcio Villas Boas

Paulo Jorge Rosa Carneiro<sup>29</sup>

- **As Transformações Antrópicas das Regiões dos Cerrados, Amazônia e Pantanal Matogrossense**

Em termos de evolução geológica a Amazônia, Cerrado e Pantanal apresentam inúmeras relações comuns, posto que sempre estiveram submetidos aos mesmos fenômenos continentais de transformação da paisagem.

Estes importantes exossistemas se desenvolvem sobre uma das mais antigas unidades geológicas do planeta, ou seja o embasamento cristalino, ou crosta continental arqueana, constituída de uma imensa diversidade litológica que passa por rochas de alto grau metamórfico, originadas durante expressivos ciclos orogênicos, pontilhadas de intrusões graníticas e derrames de rochas básicas e cinturões de rochas sedimentares, deformadas e dobradas, semi-encobertas por sedimentos arenosos não deformados.

Durante a evolução desta região muitos processos erosivos se verificaram, esculpindo as feições que hoje predominam, sendo que somente no passado recente, a partir do último evento glacial que a terra sofreu é que se verifica o desenvolvimento das feições ecossistêmicas que deram origem aos ambientes sobre os quais se instalaram os biomas de cerrado e floresta úmida.

Não existem, portanto, condicionantes outras entre estas feições se não àquela relativa ao regime climático. Os Cerrados (aí também inclui-se o Pantanal) apresentam um regime climático caracterizado por precipitações entre 300 e 1500 mm anuais distribuídos em duas estações: uma chuvosa, entre outubro e março, e outra seca, entre abril e setembro. A Floresta Amazônica tem como característica climática uma precipitação média anual maior que 2000 mm, também distribuída em duas estações, sendo que a estação seca é menor que três meses.

Tanto em substrato, quanto em termos de solos há, sim, mais semelhanças do que diferenças. Ocorrem predomínios de feições edáficas que poderiam ser utilizadas como parâmetro de zoneamento, mas não são suficientemente distintas para definir as relações que deram origem aos atuais domínios de cada ecossistema.

No que concerne a solos vê-se, na Amazônia, solos do tipo podzólicos predominando sobre os do tipo latossólicos e hidromortizados, enquanto que nos Cerrados os solos do tipo latossólicos são mais comuns. No Pantanal predominam os processos de hidromorfização numa feição tipicamente de Cerrados.

Estas diferenças, portanto, ocorrem principalmente em função das características climáticas que predominam hoje sobre cada um destes biomas, sendo que nas questões da fragilidade, toxidez, baixos teores de nutrientes, distrofismo etc. são solos semelhantes, posto que estiveram sobre os mesmos processos de desenvolvimento e guardam como traço comum o fato de serem solos maduros, extremamente lixiviados, nos últimos estágios evolutivos.

As distinções são realmente marcantes, entretanto, no palco das unidades geomorfológicas postos que um mesmo agente transformador da paisagem apresenta diferentes resultados quando atua sobre a diversidade litológica. Desta forma, temos os Cerrados predominando nos altos planaltos do Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste, tendo as cercanias de Brasília com sua área core, enquanto que a Floresta Amazônica predomina nos planaltos rebaixados e planícies da região Norte.

O Pantanal tinha, até o advento dos Andes, a mesma configuração das áreas onde hoje predominam os Cerrados, mas como reflexo dos processos tectônicos que culminaram com a elevação e deformação dos maciços andinos, tem-se uma zona de

subsidiência regional, transformando a área numa imensa bacia de acumulação de sedimento de origem continental, hoje em franco desenvolvimento.

Diversos vestígios das relações entre Cerrados e Floresta Úmida são facilmente identificados atualmente. As chamadas “Zonas de Tensão Ecológica” onde se verifica o contato dendrítico entre estas duas feições ocorrem desde os estados do Amapá e Roraima, no Norte e percorre parte dos Estados do Maranhão, Pará, Mato Grosso e Rondônia, com diversos testemunhos isolados no Sudoeste do estado do Amazonas e Norte do estado do Pará. Além disso, inúmeras espécies características de Floresta Amazônica são também características de Cerrados.

Nas relações entre Cerrados e Pantanal o mesmo se verifica, sendo que os processos evolutivos atuais por que passam, isoladamente cada bioma produz, hoje, maiores especificidades.

- **Amazônia, Cerrados e Pantanal como Cenários da Ocupação e do Desenvolvimento**

A ocupação agrícola dos Cerrados é um dos reflexos do esgotamento dos processos de ocupação verificados no sul do País, considerando, inclusive, o alto custo da terra nesta última região.

Os solos dos Cerrados, antes tidos como impróprios para a agricultura e alvo apenas da exploração mineral tornaram-se aptos a práticas agrícolas em função da aplicação de tecnologia. O desenvolvimento de processos corretivos de solos e a natural aptidão para mecanização juntamente com recursos hídricos suficientes e um clima favorável ao desenvolvimento de práticas de irrigação transformaram os Cerrados na mais importante fronteira agrícola do País, atraindo vultuosos investimentos para a região, agregando-se à terra valor que antes não dispunha.

Na esteira da expansão agrícola dos Cerrados a ocupação de áreas de floresta amazônica passou a ser priorizada por incentivos governamentais e aliado a isto a necessidade de abastecimento energético do País deslocou investimentos para o aproveitamento do grande potencial hidroenergético que ambos os Cerrados e a Amazônia possuem.

Com a expansão da fronteira agrícola e a penetração das terras de Cerrados e Amazônicas vieram as descobertas de importantes jazidas minerais, principalmente ouro, ferro e cassiterita que atraíram grandes levas de trabalhadores, que deixando suas localidades partiram na busca de alternativas de sobrevivência, criando no interior desses biomas núcleos que rapidamente se transformaram em cidades.

Tanto o Centro-Oeste quanto a região Norte se caracterizaram por um processo anterior de ocupação, ao longo dos grandes rios, que sempre foram as principais vias de locomoção. As civilizações que se instalaram nestas regiões tiveram com os grandes rios como o Amazonas/Solimões, Madeira, Tapajós, Xingú, Tocantins e Araguaia uma importante relação de sobrevivência que vem perdendo importância, todavia, em certas regiões, devido ao advento das rodovias.

No Pantanal a relação com os rios tem sido a mesma, sendo que devido a sazonalidade das águas da região, com as cheias influenciando e condicionando diretamente todo o processo de desenvolvimento da vida, afetando não apenas os ribeirinhos, mas também os interioranos, as pressões pela ocupação das terras ocorrem de forma distinta das verificadas nos outros dois biomas.

Nos solos do Pantanal não há ocorrências minerais importantes e a dimensão das cheias dos rios pantaneiros não permite o desenvolvimento de agricultura tecnificada aos moldes dos Cerrados. Apenas a pecuária se desenvolve como processo de ocupação digna de menção, muito embora ocorra em processo prioritariamente extensivo.

Tem-se, portanto, que os mais importantes vetores de penetração e ocupação dos três biomas descritos são: as atividades agropastoris; a exploração de recursos naturais (mineral, vegetal e hidroenergéticos); e a abertura de estradas, que permitiram a interiorização,

ou seja a ocupação dos imensos interflúvios dos rios Cerradinos, Pantaneiros e Amazônicos, transformando as características naturais de grandes extensões de terras, principalmente dos Cerrados e da Floresta Amazônica.

O surgimento e desenvolvimento de núcleos urbanos é uma conseqüência lógica da atuação destes vetores, principalmente nos estados de Rondônia e Mato Grosso onde os vetores agropecuária e exploração madeireira e mineral foram mais expressivos que nas demais regiões.

- **Os Danos Potenciais Causados pelo Uso Antrópico aos Solos e Águas Subterrâneas do Cerrado, Amazônia e Pantanal**

Os solos e as águas subterrâneas são dois fatores ambientais importantes na manutenção da vida e estão intimamente ligados, tanto no que concerne à gênese e evolução dos solos, quanto no que concerne aos processos de uso.

Os solos não existem em estabilidade. Pode-se dizer que são elementos vivos, constituídos de diversos outros elementos que também têm vida própria. Estes são formados da interação atmosfera, litosfera e biosfera. A decomposição da rocha diante de agentes físicos e químicos da natureza e a transformação por processos bioquímicos, através de seres vivos, da origem aos solos, todavia, pode ser destruído pelos mesmos agentes que, quando atuando no sentido contrário assumem as características de agentes erosivos.

Os processos erosivos podem, entretanto, ter intensidades diferentes. Os processos naturais podem acontecer dentro de centenas ou milhares de anos, enquanto que induzidos pelo homem, através do uso inadequado dos solos podem acontecer em meses.

O desaparecimento de solos implica também o comprometimento dos processos subterrâneos de manutenção e renovação de aquíferos. A água das chuvas precisa penetrar, através da permeabilidade dos solos para formar aquíferos livres e atingir as vias de penetração profunda das rochas mantenedoras de aquíferos confinados. Sem os solos e a sua proteção superficial as águas das chuvas escoam diretamente para os drenos.

Ao longo de um processo natural de evolução, ao mesmo tempo em que ocorrem os fenômenos erosivos à superfície acontece a decomposição da rocha mãe, em subsuperfície e a conseqüente geração de novos horizontes de formação de solos.

A ação destes agentes é diretamente ligada às condições climáticas regionais. Em regiões de clima tropical, devido ao regime de chuvas, além da formação ocorrem processos muito rápidos de amadurecimento dos solos, com lixiviação de nutrientes liberados das rochas geradoras e o desenvolvimento de processos de lateritização. Em regiões de clima temperado ocorre a formação de solos com a permanência maior de elementos nutrientes em seus horizontes e em regiões de clima glacial não ocorrem formação de solos.

O contínuo desenvolvimento do Planeta e a conseqüente evolução do homem induziu à utilização cada vez maior de solos para a produção de alimentos e extração de outros produtos necessários à vida. Quando o homem começou a dominar a terra usava as várzeas dos rios, naturalmente férteis, para o plantio de suas culturas. Com a evolução da humanidade tornaram-se maiores as pressões por áreas além das várzeas, mas também de boa fertilidade natural. Mais tarde, através do desenvolvimento da tecnologia as áreas de baixa fertilidade também passaram a ter seu valor.

Este fenômeno se verifica no Brasil. A partir do esgotamento das áreas passíveis de ocupação existentes no sul e ao longo do litoral brasileiro verifica-se o fenômeno da ocupação agrícola dos Cerrados e a ilusão da fertilidade que a exuberância amazônica produzia atraiu o interesse pela ocupação, também, daquele bioma.

O processo acontecido desde seu início com o amparo do conhecimento contribuiu, expressivamente, para a degradação dos nossos solos. Considerando as formas de uso a que foram submetidos, principalmente com práticas importadas de outras regiões, diversos tipos de danos podem ser hoje contabilizados.

No início da ocupação dos Cerrados o garimpo e a pecuária extensiva conviviam mais harmonicamente com o bioma, mas o avanço da fronteira agrícola, introduzindo a agricultura de grãos trouxe o desmatamento de grandes áreas contínuas desencadeando um perigoso processo de degradação.

Grandes áreas foram desmatadas e sua madeira, intensivamente utilizada na siderurgia ajudou na redução dos custos de investimentos para apropriação dos solos de Cerrado. A facilidade de acesso e a proximidade e abundância de jazidas de calcário, principalmente produto corretivo para os problemas de acidez dos solos foram também fatores decisivos no processo de penetração e ocupação.

A ocupação amazônica teve um processo indutor diferente. Foi totalmente incentivada pela política de desenvolvimento do governo. A penetração nas terras interioranas foi induzida pelo processo de construção de rodovias (Transamazônica, Cuiabá-Santarém, Porto Velho-Manaus, Manaus-Caracará, etc.).

Antes, a ocupação era verificada ao longo dos grandes rios, uma vez que todo o processo de sobrevivência era baseado no extrativismo (Cacau, Borracha, Guaraná, Palmito, Castanha, Caça, Pesca, etc).

A abertura de estradas permitiu o rasgamento da floresta, atingindo-se regiões intransponíveis nas condições naturais e é o principal fator relacionado à descoberta de importantes jazimentos minerais de ouro e cassiterita.

Primeiramente, os assentamentos atraíam os colonos sem terra e sem trabalho em seus locais de origem. Depois, as dificuldades de apropriação da terra, o abandono institucional e a descoberta de ouro e cassiterita se transformaram no combustível que manteve os movimentos migratórios.

Grandes desmatamentos incentivados pelo sistema deram origem aos desastrosos processos de degradação de um solo naturalmente pobre em nutrientes, acidez elevada e extremamente sensível às forças da natureza. O desestímulo com a terra levou o colono para os garimpos e estes, utilizando-se de práticas pouco comuns ao garimpeiro do passado tem contribuído desastrosamente para a manutenção da vida nas matas, rios e igarapés daquele bioma.

O solo amazônico exposto aos fatores climáticos naturais da região perde sua capacidade de sustentação da vida rapidamente e os altos custos de recuperação inviabilizam as tentativas de inversão deste processo. Quase que imediatamente após sua ocupação as áreas de florestas se transformam em pastagens. O desaparecimento da fauna ocasiona o desequilíbrio ambiental com a rápida proliferação de vetores de doenças como a malária, leishmaniose etc. alimentados pela introdução do gado em número muitas vezes maior que a fauna original.

No que concerne às águas de subsuperfície o bioma Cerrado tem importância capital. Todas as grandes bacias que drenam para a região amazônica, para o Pantanal e para a bacia do rio Grande nascem na região dos Cerrados.

O principal mantenedor dos aquíferos que alimentam estes rios são as formações areníticas Cretácicas que cobrem grande parte da região Centro-Oeste, principalmente o norte do estado do Mato Grosso, onde tem origem as bacias do rio Xingu e Tapajós, que drenam para o rio Amazonas e o rio Paraguai, que drena para o sul, cortando todo o bioma Pantanal.

Além destes, os rios que nascem na região do Planalto Central como o Tocantins, que também drena para o Amazonas e o rio Grande que drena para o rio Paraná têm origem em aquíferos de condições genéticas semelhantes aos do Mato Grosso e as pressões pela ocupação de áreas para agricultura e pecuária no Centro-Oeste têm implicação direta sobre estes aquíferos.

A recarga dos aquíferos depende da quantidade de água, proveniente da precipitação que infiltra, através dos solos e encontra as condições subsuperficiais ideais para o armazenamento. A ocupação agrícola destas áreas com o desmatamento, a compactação de solos pelos tratamentos inadequados e os processos erosivos acelerados pode

comprometer este processo, provocando tanto uma redução na recarga e, portanto na descarga destes aquíferos, como um acelerado processo de assoreamento dos drenos constituintes das diversas bacias hidrográficas relacionadas.

O Quadro 7, a seguir, mostra de maneira sintética os processos antrópicos atuantes sobre cada um dos biomas descritos considerando os parâmetros ambientais: **solos e águas subterrâneas**.

### Quadro 7 - Dano Potencial aos SOLOS e ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

USOS ANTRÓPICOS	DANO POTENCIAL	INDICADORES	CONTROLE/ REVERSÃO
Agricultura e pecuária	Perda da cobertura vegetal nativa, protetora contra agentes erosivos;	Desaparecimento acelerado de grandes áreas contínuas de vegetação nativa.	Adoção de políticas de educação ambiental; planos de manejo adequados inclusive quanto à aplicação de insumos e defensivos; e fiscalização permanente com política orientadora e de estímulo à preservação, não apenas punitiva.
	Desencadeamento de processos erosivos com perda de solos agricultáveis.	Feições típicas relativas a processos inadequados de uso como a degradação de pastos pela compactação devida ao uso intensivo.	
	Impermeabilização dos solos por uso inadequado de técnicas de manejo e processos agropastoris, com danos diretos nos solos e recarga de aquíferos;	Feições erosivas, tais como ravinas e vossorocas e processos de assoreamento de rios.	
	Contaminação de aquíferos e drenos.	Diminuição de vazões médias de bacias de drenagem com aumento expressivo de vazões de cheia.	
		Os danos potenciais podem ser medidos por: área de cobertura vegetal removida; volume e grau de toxidez dos insumos agrícolas (águas subterrâneas); vazões média de bacias ocupadas pelo uso agrícola	Evitar queimadas. Controlar o uso de pulverização

(continuação)

USOS ANTRÓPICOS	DANO POTENCIAL	INDICADORES	CONTROLE/ REVERSÃO
Extrativismo Mineral	Remoção e perda de vegetação e solos agrícolas, poluição de rios com metais pesados, rejeitos e assoreamento; geração de problemas sociais e de saúde de populações	Intensos e acelerados processos de degradação de áreas, medidos por: área de matéria-prima, de rejeitos e de poluentes hídricos (águas subterrâneas).	Aplicação da legislação, com o enquadramento dos métodos exploratórios (recomposição de solos e da vegetação), eliminando-se processo de garimpagem mecanizada e adoção de políticas de educação ambiental.
Extrativismo Vegetal	Não há danos.	Preservação da biodiversidade com a manutenção de flora e fauna nativas.	Fortalecimento das entidades representativas de classe de explorador (seringalista, etc.).
Obras Civas (construção de estradas, ferrovias e linhas de transmissão de energia energia).	Abertura de corredores interrompendo a continuidade de feições fitoecológicas, o fluxo migratório de fauna e facilitando a penetração com vistas à ocupação de áreas.	Os danos potenciais são medidos por comprimento e largura de vias e linhas de transmissão	
Uso urbano	Perda de cobertura vegetal nativa protetora contra agentes erosivos; impermeabilização do solo; contaminação de aquíferos e drenos; processos erosivos devido ao escoamento de águas pluviais.	Os danos potenciais medidos por: área de cobertura vegetal removida; área de impermeabilização de solo, carga poluentes urbanos; graus de concentração de efluentes fluviais	Planos e projetos de ocupação que minimizem a retirada de cobertura vegetal e impermeabilização dos solos, icentivos à construção de áreas verdes, disseminadas no território urbano; implantação de saneamento básico, drenagem pluvial incorporada na concepção urbanística das cidades.